

مجله علوم و صنایع غذایی ایران

صاحب امتیاز	انجمن متخصصان علوم و صنایع غذایی ایران
ناشر	دانشگاه تربیت مدرس
مدیر مسئول	دکتر ایرج شریفی آل آقا
سر دبیر	دکتر محمدحسین عزیزی

هیات تحریریه (به ترتیب الفبا)

سید محمد حسینی (استادیار گروه مهندسی شیمی صنایع غذایی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر)
زهره حمیدی اصفهانی (دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تربیت مدرس)
محمدعلی سحری (استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تربیت مدرس)
محمد حسین عزیزی (استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تربیت مدرس)
محمد امین محمدی فر استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه داممارک)
حسن احمدی گاولیقی (استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تربیت مدرس)
سلیمان عباسی (دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تربیت مدرس)
منوچهر وثوقی (استاد گروه مهندسی شیمی صنایع غذایی، دانشگاه صنعتی شریف)
علی رشیدنژاد (پژوهشگر موسسه تحقیقاتی ریدت)

کارشناس اجرایی:	ندا عزیزی
ویراستار ادبی - فنی فارسی:	محمد علی سحری
ویراستار ادبی - فنی لاتین:	محمد حسین عزیزی
حروفچینی و صفحه آرایی:	ندا عزیزی
لیتوگرافی و چاپ:	مرکز نشر دانشگاهی

نشانی دفتر مجله:	تهران: گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی ۴۸۲۹۲۲۰۰-۴۸۲۹۲۳۰۰، دورنگار: ۴۴۱۸۰۵۳۹ - ۴۸۲۹۲۴۷۵، تلفن: ۳۳۶-۱۴۱۱۵
	پست الکترونیک: fsct@modares.ac.ir یا food86@gmail.com
	وب سایت: www.fsct.ir

* مقاله ها بیانگر آرا و نظریات نویسندگان بوده، صرفا سر مقاله مبین نظر هیات تحریریه است

به موجب قانون مطبوعات، وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، پروانه انتشار این فصلنامه را به شماره ۱۲۴/۱۲۰۸۸ در تاریخ ۷۸/۹/۲ صادر کرده است.

دارای مجوز علمی - پژوهشی به شماره ۳/۲۹۱۰/۱۲۱۸ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می باشد.

از مولفان گرامی تقاضا می شود در ارسال مقالات به نکات زیر توجه فرمایند:

- ۱- زبان رسمی مجله فارسی است.
- ۲- مقالات باید پژوهشی و حاصل تحقیق نویسنده یا نویسندگان بوده و در مجله دیگر یا مجموعه مقالات سمینارها و مجامع علمی بصورت مقاله کامل به چاپ نرسیده یا همزمان برای سایر مجلات ارسال نشده باشد.
- ۳- مقالات قابل چاپ در مجله به دو دسته تقسیم می شوند:
(الف) مقالات کامل پژوهشی : با حداقل حجم ۳۵۰۰ کلمه و یا بیشتر از آن
(ب) یادداشتهای کوتاه پژوهشی : با حداکثر حجم ۳۵۰۰ کلمه و یا کمتر از آن
تبصره ۱: مقالات مروری از نویسندگان مجرب و صاحب مقالات پژوهشی در زمینه مورد بحث به شرطی پذیرفتنی است که منابع متناهی مستند تحقیق باشد.
تبصره ۲: مقالات ترجمه اصولاً پذیرفته نمی شود.
- ۴- مقالات ارسال شده باید دارای بخشهای زیر باشند:
(الف) صفحه اول : عنوان کامل مقاله به فارسی و انگلیسی، نام نویسنده یا نویسندگان فارسی و انگلیسی (نام نویسنده عهده دار مکاتبات با ستاره مشخص شود)، آخرین مدرک تحصیلی، رتبه علمی و نام موسسه متناظر هر یک از نویسندگان به فارسی و انگلیسی، نشانی کامل پستی، شماره تلفن، شماره دورنگار و نشانی پست الکترونیکی به فارسی و انگلیسی
(ب) صفحه دوم : عنوان کامل مقاله به فارسی، چکیده فارسی (حداکثر ۳۰۰ کلمه)، کلید واژگان فارسی (حداکثر پنج واژه)، عنوان کامل مقاله به زبان انگلیسی(حداکثر ۳۰۰ کلمه)، کلید واژگان (حداکثر پنج واژه)
(ج) صفحات بعدی : شامل مقدمه، بدنه مقاله (شامل شرح مساله، روش تحقیق، تفسیر، تحلیل، نتایج)، نتیجه گیری، سپاسگزاری، فهرست واژگان لاتین، فهرست مراجع، نسخه اصلی شکلها و جداول (در صفحات جداگانه)
تبصره ۱: اصطلاحات خارجی با معادلهای دقیق و رسا در زبان فارسی و نام کامل واژه و عبارات اختصاری بکار رفته در متن به صورت زیر نویس ارجاع شود.
تبصره ۲: محل ارجاع عکسها، جداول، شکلها و نمودارها به طور دقیق ضمن رعایت ترتیب آنها در متن معین شود. ارسال اصل تصاویر، جداول به صورت سیاه و سفید با چاپگر لیزری و با کیفیت مطلوب ضروری است.
تبصره ۳: شماره و جهت عکسها، جداول، شکلها و نمودارها با مداد نرم در پشت آنها ذکر شده و زیر نویس آنها در صفحه ای به صورت جداگانه آورده شود.
تبصره ۴: تعیین محل دقیق مراجع در متن و فهرست نمودن مراجع به ترتیب ظهور در متن مقاله ضروری است. از تکرار یک منبع در فهرست مراجع خودداری شود. (تذکر: در قسمت فهرست منابع، مراجع فارسی به زبان انگلیسی برگردان شوند.)
۵- شیوه نگارش مشخصات مراجع به شرح زیر است:
(الف) کتاب : نام خانوادگی، نام نویسنده(نویسندگان)، تاریخ انتشار، نام کتاب، نام مترجم، محل نشر، نام ناشر، شماره صفحات.
(ب) مقاله : نام خانوادگی، نام نویسنده (نویسندگان)، تاریخ انتشار، عنوان مقاله، نام نشریه، دوره (جلد)، شماره صفحات.
۶- مقالات باید در چهار نسخه (یک نسخه اصل همراه با سه نسخه تصویر) بر روی یک کاغذ A4 (۲۱×۲۹ cm) با حاشیه ۲/۵ سانتیمتر در هر طرف و رعایت دو فاصله میان سطور، ترجیحاً با قلم لوتوس نازک ۱۲ (در مقالات لاتین با تایمز ۱۰) باشد و با برنامه word 2003 حروفچینی و همراه با صرفا سی دی مقاله به دفتر مجله ارسال شود.
۷- حداکثر حجم مقاله شامل جدولها، منحنی ها و تصاویر ۲۰ صفحه است.
۸- مقالات برگرفته از رساله دانشجویان دکتری با نام استاد راهنما، مشاوران و دانشجو به صورت توأم منتشر می شود، لذا استاد راهنما و مشاوران باید مسوولیت آن را تقبل فرمایند.
۹- مسوولیت صحت و سقم مطالب بر عهده نویسنده مسئول است.
۱۰- فصلنامه حق رد یا قبول مقالات را برای خود محفوظ می دارد و از بازگرداندن مقالات دریافتی معذور است.
۱۱- پس از چاپ فصلنامه، سه نسخه از مقاله به هر یک از نویسندگان اهدا خواهد شد.
۱۲- اصل مقالات پذیرفته شده، یکماه پس از انتشار فصلنامه از مجموعه خارج خواهد شد.
۱۳- در صورتیکه مقاله ارائه شده چهارچوب مورد قبول بر اساس بندهای ۱ الی ۱۰ را بر طبق نظر هیات تحریریه داشته باشد پس از صدور گواهی رسید مقاله با توجه به مصوبه هیات تحریریه و در جهت تامین بخشی از هزینه های آماده سازی و چاپ مقاله، لازم است نویسندگان در ابتدا مبلغ ۵۰ هزار تومان برای جبران بخشی از هزینه های داوری، مکاتبات، پست و... و در صورتیکه مقاله برای چاپ پذیرفته شود به ازای هر صفحه چاپی مبلغ ۱۵ هزار تومان به حساب جاری شماره ۴۳۳۷۶۸۹۳۵ در بانک تجارت شعبه دانشگاه تربیت مدرس واریز نمایند.
این نشریه در پایگاه اطاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) به آدرس www.sid.ir، پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC) به آدرس www.ricest.ac.ir، اسکوپوس و سایر نمایه های موجود در صفحه اصلی سایت نمایه می شود. وب سایت مجله www.fscf.ir
آدرس: تهران، پل گیشا، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی، صندوق پستی ۳۳۶-۱۴۱۱۵ تلفن: ۸۲۹۲۴۷۵-۰۲۱-۴۴۱۸۰۵۳۹، دورنگار: ۸۲۹۲۳۰۰-۰۲۱-۴۸۲۹۲۲۰۰ پست الکترونیک: fscf@modares.ac.ir یا food86@gmail.com

فهرست مقالات

- ۱- بررسی اثرات محلول‌پاشی نانو کلات آهن بر میزان متابولیت‌ها و ارزش ۱
- ۲- شبیه‌سازی محتوای رطوبت و جذب روغن در فرآیند ۱۶
- ۳- خواص فیزیکوشیمیایی و عملکردی پلی ساکاریدهای ۳۱
- ۴- مقایسه ترکیبات زیست فعال مستخرج از پوست کدو حلوائی ۵۲
- ۵- فرمولاسیون نوشیدنی ورزشی سین بیوتیک فراسودمند بر ۶۵
- ۶- بررسی تاثیر مکمل فیبری بافت داده شده (تفاله سیب - سیوس جو دوسر) ۷۸
- ۷- ارزیابی فعالیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی پوشش ژلاتین-کیتوزان ۹۰
- ۸- چالش‌های تولید، کیفیت تغذیه‌ای و چشم‌انداز بازار مصرف ۱۰۴
- ۹- اثر ضد میکروبی پوشش خوراکی آلژینات- ژلاتین حاوی امولسیون ۱۲۱
- ۱۰- بررسی اثر مهاری عصاره پولک (*Stachys schtschegleevii*) ۱۳۸
- ۱۱- بررسی خصوصیات فیزیکی نشاسته استخراجی پیاز زعفران ۱۵۱
- ۱۲- ارزیابی اثر اسانس میخک هندی بر کاهش تعداد کلنی های ۱۷۳
- ۱۳- تأثیر آب مغناطیسی شده بر رشد جودوسر و سیتتیک خشک شدن ۱۹۱
- ۱۴- اثر افزودن نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع در ۲۰۲
- ۱۵- بسته‌بندی پنیر فراپالایش با فیلم نانوکامپوزیت بر پایه موسیلاژ دانه ۲۱۶
- ۱۶- شناسایی ترکیبات شیمیایی، پتانسیل آنتی اکسیدانی، فنل و فلاونوئید ۲۳۱
- ۱۷- بررسی امکان افزایش ماندگاری دونات تخمیری ۲۶۲
- ۱۸- اثر افزودن ال - کارنتین در جیره بر کیفیت گوشت ۲۵۷
- ۱۹- بررسی تاثیر آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌میکروبی عصاره آزاد و نانوریزپوشانی ۲۷۰
- ۲۰- بررسی تأثیر فرآیند پلاسمای سرد بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ۲۸۸



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثرات محلول پاشی نانو کلات آهن بر میزان متابولیت ها و ارزش غذایی گیاه کاهو (*Lactuca sativa* Linn.)

رقيه حيدري^۱، الهام محجل کاظمي^{۲،۳}، هوشنگ نصرتي^۴، مریم کلاهی^۵، علی موافقي^۶

۱-دانشجوی دکتری گروه علوم گیاهی، زیست سلولی و مولکولی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲-دانشیار گروه علوم گیاهی، زیست سلولی و مولکولی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳-پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کرج، ایران

۴-استاد گروه علوم گیاهی، زیست سلولی و مولکولی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۵-دانشیار گروه زیست، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

۶-استاد گروه علوم گیاهی، زیست سلولی و مولکولی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۱

کلمات کلیدی:

سیستم تغذیه‌ای،

کاهو (*Lactuca sativa* Linn.)،

عناصر ریزمغذی،

نانو کلات آهن

DOI: 10.22034/FSCT.22.163.1.

* مسئول مکاتبات:

m.kolahi@scu.ac.ir

در سال‌های اخیر بسیاری از پژوهش‌ها در پی یافتن راهکارهای مناسبی جهت بهبود ارزش غذایی گیاهان و افزایش تولید محصولات بودند. به منظور افزایش عملکرد گیاهان و کاهش مصرف منابع غذایی حیوانی نیاز به استفاده از تکنیک‌های نوین زراعی است. یکی از مهم‌ترین تکنیک‌ها جهت بهبود سیستم تغذیه‌ای گیاهان و کاهش کاربرد کودهای شیمیایی استفاده از کودهای سنتتیک با بنیان آلی مانند نانو کلات آهن است. کودهای نانو به راحتی توسط گیاه جذب می‌شوند و کارایی بیشتری نسبت به کودهای شیمیایی معمولی دارند. بر همین اساس، این پژوهش به منظور ارزیابی تأثیر نانو کلات آهن بر ارزش غذایی و میزان جذب عناصر ریزمغذی توسط گیاه کاهو انجام شد. این پژوهش به صورت طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در آزمایشگاه سیتوشیمی دانشگاه تبریز در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ صورت گرفت. جهت بررسی اثرات نانوکلات آهن بر میزان پتانسیل گیاه کاهو به منظور جذب عناصر ریزمغذی از ۳ سطح نانو کلات آهن (۰، ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر) استفاده شد. در حضور نانو کلات آهن محتوای متابولیت‌های ثانویه از جمله فنل کل، فلاونوئید و به علاوه ظرفیت آنتی-اکسیدانی کاهو نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش معنی داری داشت. همچنین با توجه به نتایج، با افزایش غلظت نانو کلات آهن در میزان متابولیت‌های اولیه مانند پروتئین کل، قند محلول، آمینواسیدهای آزاد گیاه کاهو نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش مشاهده شد. با افزایش اعمال نانو کلات آهن به گیاه کاهو تجمع عناصر ریزمغذی از جمله آهن، کلسیم، روی، پتاسیم و فسفر در ریشه و اندام هوایی سیر صعودی نشان داد که این افزایش در تیمارهای نانو کلات آهن با غلظت بالاتر بیشتر بود. نتایج به دست آمده از این پژوهش گویای آن بود که نانو کلات آهن علاوه بر افزایش تولید متابولیت‌های اولیه و ثانویه گیاهان می‌تواند به عنوان کود مطمئنی جهت تأمین آهن و عناصر ریزمغذی برای آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

۱- مقدمه

سبزیجات برگ‌ی به جهت دارا بودن کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و عناصر معدنی یکی از مهمترین اجزای رژیم غذایی سالم برای مصرف‌کنندگان به‌شمار می‌آیند. مطالعات پژوهشگران نشان از آن دارد که استفاده از سبزی سالم و بهداشتی می‌تواند، از بروز بیماری‌های قلبی و برخی از انواع سرطان‌ها به خصوص سرطان گوارش جلوگیری کند. کاهو (*Lactuca sativa* Linn.) گیاهی یکساله از خانواده Asteraceae است که حاوی ویتامین‌های A, B, K و مواد معدنی ضروری مانند کلسیم، فسفر، آهن، پتاسیم، سدیم و همچنین مقدار کمی منیزیم و گوگرد است [۱]. وجود متابولیت‌های ثانویه مانند ترپنوئیدها و فلاونوئیدها نشاندهنده خواص دارویی کاهو است. براساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) تولید انواع کاهو طی دو دهه گذشته در جهان رشد ۱۱۸ درصدی داشته است و به این ترتیب این محصول از نظر افزایش سطح زیر کشت پس از ذرت، برنج، سیب زمینی و گوجه فرنگی در رتبه پنجم جهان قرار گرفته است [۲].

امروزه کاربرد فناوری نانو در همه عرصه‌ها از جمله صنایع غذایی و کشاورزی در حال گسترش بوده و به مرور زمان در حال گذار از مرحله آزمایشگاهی به مرحله عملیاتی است و همین امر موجب حضور محسوس‌تر این فناوری در بخش صنایع غذایی خواهد شد [۳]. آهن به‌عنوان یکی از عناصر ضروری و کم‌مصرف در بسیاری از فرایندهای گیاهی از قبیل فتوسنتز، تنفس، آسمیلاسیون نیتروژن، تولید و پاکسازی انواع اکسیژن فعال و حفاظت اسمزی و همچنین به‌عنوان کوفاکتور در ساختار بسیاری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی دخالت دارد [۴]. کاربرد نانو کودهای آهن به‌منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصر غذایی می‌تواند گامی مؤثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط‌زیست باشد.

نانو کود کلاته آهن دارای بنیان یا کمپلکسی پایدار و قوی بوده و این نانوکمپلکس دارای ۹ درصد آهن محلول است

که در بازه pH بین ۳ تا ۱۱ می‌تواند آهن را به‌صورت محلول در آب در اختیار گیاهان قرار دهد. جهت بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی و فائق آمدن بر مشکلات موجود، نانو کودهای آهن می‌توانند یکی از گزینه‌های مناسب به‌شمار آیند. استفاده از نانو کودها به‌عنوان یک روش کارآمد و اقتصادی می‌تواند جایگزین کودهای مرسوم شده و منجر به آزادشدن عناصر غذایی کود به‌تدریج و به‌صورت کنترل‌شده در خاک شود. به‌علاوه، جذب کودهایی با این ابعاد برای گیاهان راحت‌تر بوده و نسبت به کودهای رایج تأثیر زیادی دارند [۵]. عمل کلاته کردن عناصر غذایی در سیستم بیولوژیک (حیاتی) گیاه، از طریق پیوند با مواد مغذی فلزی و جلوگیری از هدررفتن مواد معدنی در خاک نقش تغذیه‌ای مهمی را ایفا می‌کنند. همچنین آن‌ها می‌توانند همانند حاملین فلزات مؤثر و مواد جدا شده به مواد مغذی اجازه حرکت آزادانه را داخل گیاه دهند [۶]. در همین راستا شرف‌الدین شیرازی در پژوهشی [۷] اثر نانو کلات آهن را بر محتوای کلروفیل کاروتنوئیدها، عملکرد بیوماس، عملکرد ماده خشک، میزان جذب عناصر (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن) توسط برگ‌های گیاه دارویی آویشن دناپی را مورد بررسی قرارداد، نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نانو کود کلات آهن بر صفات محتوای کلروفیل، کاروتنوئیدها، عملکرد بیوماس، عملکرد ماده خشک، میزان جذب نیتروژن، آهن، شاخص سطح برگ و میزان جذب پتاسیم در سطح ۵ درصد اثر معنی‌دار افزایشی داشت. همچنین، در آزمایشی توسط نصیری و همکاران [۸] اثر محلول‌پاشی کود آهن و روی بر غلظت عناصر غذایی در بخش هوایی بابونه آلمانی مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج حاصل از تحقیق نشان داد اثر محلول‌پاشی بر غلظت فسفر، منیزیم، کلسیم، مس، روی و آهن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

در سال‌های اخیر با توجه به افزایش آگاهی مردم از ارزش غذایی بالای سبزیجات برگ‌ی، در بین جوامع شهری استفاده

بصورت محلول پاشی برگ تیماردهی شدند. پس از انجام ۵ مرحله تیماردهی و ۲۸ روز پس از کشت، از برگ سوم گیاهان جهت مطالعات مورد نظر استفاده شد. به طوری که، جهت مطالعات بیوشیمیایی از نمونه های تازه استفاده شد و برای سنجش عناصر معدنی مغذی نمونه های ریشه و برگ به آون جهت خشک شدن انتقال داده شدند.

۲-۲ سنجش محتوای متابولیت های ثانویه (فنل، فلاونوئید) و ظرفیت آنتی اکسیدانی به روش DPPH

از معرف فولین سیوکالچو جهت سنجش محتوای فنل کل عصاره ها استفاده شد [۹]. مقدار ۰/۱ گرم از بافت برگ در ۲ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد ساییده شد و بعد در لوله های آزمایش مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره های گیاهی ریخته شد. به هر کدام از لوله ها به ترتیب مقادیر ۲/۸ میلی لیتر آب دیونیزه، ۲ میلی لیتر کربنات سدیم ۲ درصد و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین - سیوکالچو افزوده شد. مخلوط به دست آمده ورتکس شده و در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شد و جذب محلول ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۲۰ نانومتر نسبت به نمونه ی شاهد قرائت شد. در انتها، داده ها بر اساس معادل میلی گرم گالیک اسید بر گرم وزن تر گیاه بیان شدند.

از روش رنگ سنجی آلومینیوم کلراید، همراه با تغییراتی جهت سنجش فلاونوئید کل استفاده شد [۱۰]. مقدار ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره های گیاهی در لوله های آزمایش حاوی متانول ۸۰ درصد ریخته شد و سپس به هر یک از لوله ها به ترتیب، مقادیر ۱/۵ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد، ۱۰۰ میکرولیتر آلومینیوم کلراید ۱۰ درصد، ۱۰۰ میکرولیتر استات پتاسیم ۱ مولار و ۲/۸ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. مخلوط حاصل ورتکس شده و در دمای اتاق به مدت ۴۰ دقیقه قرار گرفت. جذب محلول ها با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۵ نانومتر نسبت به نمونه ی شاهد اندازه گیری شد. در انتها، مقدار فلاونوئید کل عصاره ها بر اساس معادل میلی گرم کوئرستین بر گرم وزن تر گیاه بیان شد.

از سبزیجات رو به افزایش است. سبزیجاتی مانند کاهو از یک سو مهم ترین سبزی پهن برگ و پرمصرف، با داشتن انواع ویتامین ها، مواد معدنی، پروتئین، سلولز، آهن و کلسیم، بیشترین مصرف کنندگان را به خود اختصاص داده اند و جز محصولات پراهمیت و اساسی در سلامتی انسان نقش بسزایی ایفا می کنند. از سویی دیگر محلول پاشی نانو کلات آهن با توجه به داشتن سطح ویژه بالا که منجر به تراکم بیشتر مکان های جذبی و ظرفیت بالای حذف عوامل تنش زا می شود، برای اهداف احیایی از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. به همین منظور، این پژوهش در راستای ارزیابی نقش نانو کلات آهن بر بهبود سیستم تغذیه ای در گیاه کاهو به عنوان گیاهی که بخش رویشی آن مورد استفاده قرار می گیرد و همچنین بررسی برخی ویژگی های بیوشیمیایی این گیاه صورت پذیرفت.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- کشت و تیماردهی

این پژوهش به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه سیتوشیمی دانشگاه تبریز در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ انجام گردید. بذر گیاهچه کاهو (*Lactuca sativa* Linn.) در دانشگاه تبریز تهیه شده سپس عمل استریل بذرهای گیاه کاهو انجام شد. بذر ها به تعداد ۱۰ عدد در گلدان های (قطر ۱۲ و ارتفاع ۱۵ سانتی متر) حاوی پرلیت و کوکوپیت (با نسبت ۲ به ۱) اتوکلاو شده، کشت داده شدند. در ادامه، گلدان ها تحت شرایط گلخانه ای 25 ± 1 (دمای روز) و 20 ± 1 (دمای شب) و شرایط نوری روشنایی/تاریکی ۸/۱۶ قرار داده شدند. پس از جوانه زنی بذر ها، دانه رست ها با استفاده از محلول هوگلند ۲۵ درصد ($pH=5.8-6$) و سپس محلول هوگلند ۵۰ درصد و در انتها با هوگلند کامل، هفته ای دو مرتبه آبیاری شدند. حدود سه هفته پس از رسیدن گیاهان به مرحله سه برگه، گیاهچه ها با استفاده از نانوکلات آهن خریداری شده از شرکت صدور احرار شرق (خضرا) در ۳ تکرار و ۳ غلظت (۰، ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر) هر ۳ روز یکبار

میکرولیتر آب مقطر به میکروتیوب جدید انتقال داده شد در ادامه، به تیوب‌ها ۱ میلی لیتر معرف برادفورد اضافه شد و پس از عمل ورتکس، به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شدند و در انتها جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۹۵ نانومتر اندازه‌گیری گردید. واحد پروتئین بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر ($\text{mg g}^{-1} \text{FW}$) گزارش گردید.

اندازه‌گیری آمینواسیدهای آزاد با استفاده از معرف نین‌هیدرین انجام شد [۱۳]. جهت آماده‌سازی معرف نین‌هیدرین مقدار ۰/۵۵ گرم نین‌هیدرین در ۱۰۰ میلی لیتر اتانول مخلوط و حل شد و نسبت ۱ به ۵ از عصاره و معرف نین‌هیدرین به عنوان محلول سنجش مورد ارزیابی قرار گرفت. محلول حاصل در بن‌ماری با دمای ۷۰-۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷-۴ دقیقه قرار داده شد. پس از سرد شدن لوله‌های آزمایش، جذب محلول‌ها در طول موج ۵۷۰ نانومتر اندازه‌گیری گردید. جهت تهیه منحنی استاندارد از غلظت‌های ۰ تا ۱ میلی مولار گلايسين استفاده شد.

۲-۴- سنجش عناصر غذایی

به پودر نمونه‌های خشک شده (۰/۵ گرم) اسید نیتریک (۱۰ میلی لیتر، ۶۵ درصد) جهت هضم اسیدی اضافه شد و نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در زیر هود بخار قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند. پس از سرد شدن، به نمونه‌های هضم شده H_2O_2 (۱ میلی لیتر، ۳۰ درصد) اضافه و حرارت داده شد. سپس با استفاده از آب مقطر حجم نهایی نمونه‌ها به ۲۵ میلی لیتر رسانده شد. غلظت عناصر معدنی نمونه‌ها با استفاده از طیف سنجی جذب اتمی مدل (Shimadzu AA630) اندازه‌گیری شد و به صورت میلی گرم در گرم وزن خشک بیان گردید [۱۴].

تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل تمام داده‌ها با استفاده از

به منظور سنجش DPPH مقدار ۰/۱ گرم بافت برگ در ۵ میلی لیتر متانول مخلوط شد و در دور $\text{g } 10000$ به مدت ۵ دقیقه سانتیفریوژ گردید. سپس، ۱۰۰۰ میکرولیتر از سوپرناتانت با استفاده از متانول به حجم ۲ میلی لیتر رسانده شده و در ادامه ۲ میلی لیتر محلول متانولی ۰/۰۰۴ $\text{DPPH\%}$ به آن افزوده شد. مخلوط بدست آمده به خوبی ورتکس شد و پس از گذشت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی، در طول موج ۵۱۷ نانومتر نسبت به شاهد جذب نمونه‌ها خوانده شد. در انتها درصد مهار رادیکال آزاد براساس فرمول زیر محاسبه شد [۱۱].

$$\%I = (A \text{ control} - A \text{ sample}) / A \text{ control} \times 100$$

A control: جذب محلول کنترل در طول موج ۵۱۷ نانومتر

A Sample: جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر

۲-۳- سنجش محتوای متابولیت‌های اولیه (قند محلول، پروتئین کل و آمینواسیدهای آزاد)

از روش فنل - اسیدسولفوریک جهت اندازه‌گیری قندهای محلول استفاده شد [۴]. به این ترتیب که، ۰/۰۵ گرم از پودر بافت خشک شده گیاهی را در لوله آزمایش ریخته و سپس ۵ میلی لیتر الکل اتانول ۷۰ درصد اضافه گردید و به مدت یک هفته در یخچال نگهداری شد. پس از گذشت زمان مورد نیاز، نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی، صاف شدند و عمل جداسازی بخش‌های محلول و رسوب از هم انجام پذیرفت. بخش محلول، برای اندازه‌گیری قند محلول مورد استفاده قرار گرفت. به منظور سنجش قند محلول، ۵۰۰ میکرولیتر از محلول با استفاده از ۲ میلی لیتر آب مقطر و ۵ میلی لیتر اسیدسولفوریک غلیظ و ۱ میلی لیتر فنل ۵ درصد مخلوط گردید و پس از گذشت ۳۰ دقیقه جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۸۵ نانومتر بررسی شد.

جهت انجام محاسبات نهایی آنزیم‌ها، سنجش مقدار کمی پروتئین‌ها ضروری است. برای این عمل از روش برادفورد [۱۲] استفاده شد. ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره به همراه ۱۰۰

آهن نسبت به نمونه‌ی شاهد میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاهو افزایش معنی‌داری نشان داد. میزان ظرفیت آنتی-اکسیدانی در تیمار ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن ۱۳/۵۸ درصد و در تیمار ۰/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن ۸/۶۱ درصد نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش مشاهده شد. بیشترین و کمترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب متعلق به تیمارهای ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۶۵/۷۳۴ درصد) و نمونه‌ی شاهد (۵۷/۸۷۲ درصد) بود (شکل ۱ c) ($p < 0.05$). سبزی‌های برگی به جهت دارابودن انرژی کم و به دلیل تناسب صحیح مواد غذایی جزء تغذیه مدرن امروزی محسوب می‌شوند. از آنجایی‌که، وجود مواد معدنی در بدن برای سلامتی انسان‌ها حیاتی است در صورت برهم خوردن تعادل این مواد معدنی در بدن، سلامت فرد به خطر می‌افتد. آهن از جمله مواد معدنی و الکترولیت‌هایی است که به جهت اهمیت فیزیولوژیکی و متابولیکی برای بدن بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در طول دوره‌ی رشد گیاهان، با توجه به اینکه آهن کوفاکتور یا جز ساختاری بسیاری از آنزیم-های دخیل در متابولیسم سلولی است مصرف آهن می‌تواند باعث افزایش چشمگیر میزان فعالیت آنزیم PAL و تولید و تجمع متابولیت‌هایی نظیر فلاونوئیدها و فنل‌ها شود [۱۵]. براساس مطالعات مختلف کاربرد کلات آهن به صورت اسپری برگی موجب افزایش میزان فنل و فلاونوئید در میوه‌های توت‌فرنگی و پرتقال نسبت به شاهد شد [۱۶]. به‌کارگیری عناصر ریزمغذی از طریق یکپارچگی غشای سلول‌ها، افزایش پروتئین‌های متالوتیونین و محافظت از مولکول‌های ساختاری دارای اثرات مثبتی بر پتانسیل آنتی-اکسیدانی هستند [۱۷]. مطالعات اسکفیر و همکاران [۱۸] نشان دادند که کاربرد عناصر ریزمغذی از طریق تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های مسیر بیوسنتزی کربوهیدرات‌ها موجب افزایش کربوهیدرات‌ها شده و این امر به نوبه‌ی خود می‌تواند بر افزایش سنتز ترکیبات فنولی تأثیر داشته باشد.

بسیاری از پژوهش‌ها افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه توت‌فرنگی را با افزایش میزان ویتامین ث، فلاونوئیدها و

آنالیز واریانس داده‌ها و بسته نرم‌افزاری SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) انجام شد. میانگین $\pm$ انحراف معیار برای ارائه تمام داده‌های تجربی بکار گرفته شد و برای تمامی آزمون‌ها از $p < 0.05$ به‌عنوان سطح معنی‌داری استفاده شد. رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Microsoft Excel 2013 انجام گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی محتوای متابولیت‌های ثانویه (فنل، فلاونوئید) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه کاهو تحت تأثیر نانو کلات آهن

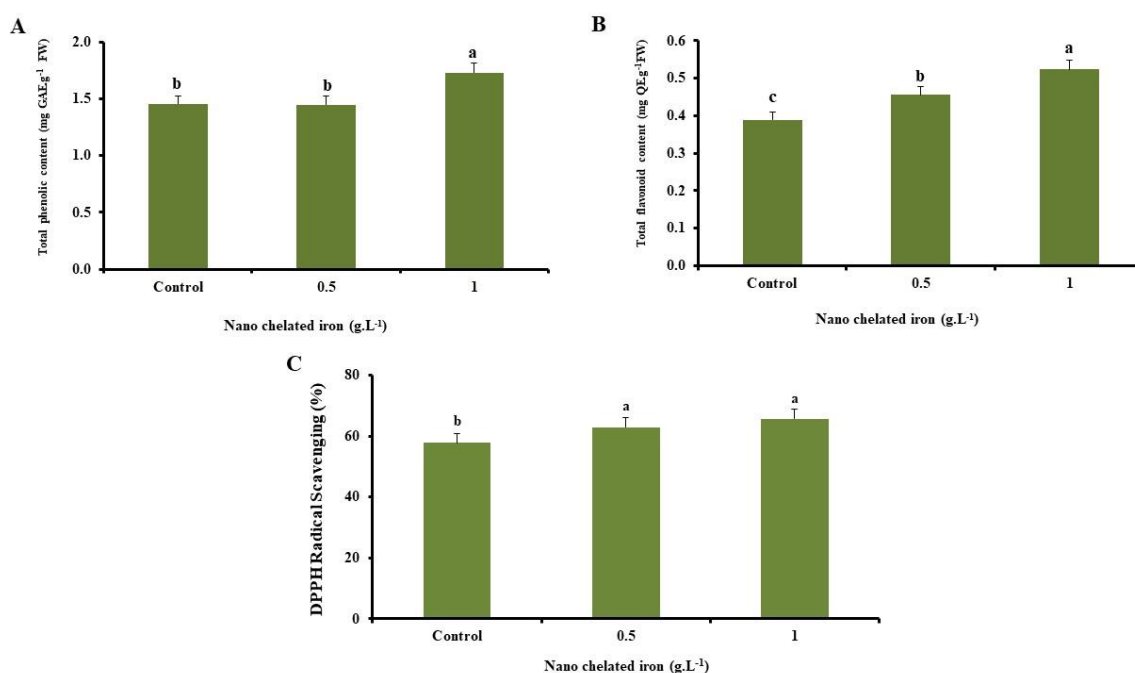
نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بین تیمارهای مختلف نسبت به نمونه‌ی شاهد از لحاظ میزان فنل و فلاونوئید تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در گیاهان تحت تأثیر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن نسبت به نمونه‌ی شاهد میزان فنل و فلاونوئید به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، هرچند که محتوای فنل بین نمونه‌ی شاهد و تیمار ۰/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. میزان فنل و فلاونوئید در تیمار ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن ۱۸/۹۱ و ۴۱/۹۰ درصد نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش داشت. به ترتیب بیشترین میزان فنل و فلاونوئید در تیمار ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن با مقدار 1 mg GAE. g^{-1} (۱۷۲۹ FW و $0.552 \text{ mg QE. g}^{-1}$ FW) مشاهده شد، درحالی‌که، کمترین میزان فنل را تیمار ۰/۵ گرم در لیتر با مقدار 1 mg GAE. g^{-1} FW (۱/۴۴۷ و کمترین مقدار فلاونوئید در نمونه‌ی شاهد با مقدار 1 mg QE. g^{-1} FW) 0.389 به خود اختصاص دادند (شکل ۱ a-b) ($p < 0.05$).

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود ظرفیت آنتی-اکسیدانی گیاه کاهو تحت تأثیر غلظت‌های مختلف نانوکلات آهن قرار گرفت. با مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف نانوکلات آهن بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاهو مشاهده شد که بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در گیاهان تحت تأثیر غلظت‌های مختلف نانوکلات

نتایج حاصل از شکل ۲ بیانگر تغییر محتوای قندمحلول گیاه کاهو تحت تیماردهی با نانو کلات آهن است. مطابق با نتایج حاصل از مقایسه میانگین، با افزایش غلظت نانو کلات آهن نسبت به نمونه‌ی شاهد میزان قندمحلول به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. تیمار ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن حدود ۴۷/۷۱ درصد و تیمار ۰/۵ گرم در لیتر حدود ۲۸/۷۵ درصد نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش پیدا کردند. بیشترین محتوای قند محلول مربوط به تیمار ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن با میزان $2/944 \text{ (mg g}^{-1} \text{ DW)}$ بود (شکل ۲ a) ($p < 0.05$).

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱)، با

ترکیبات فنلی مرتبط دانستند [۱۹]. مطالعات بر روی ذرت نشان داد که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در اثر کمبود آهن نسبت به نمونه‌ی شاهد کاهش یافت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد [۲۰]. مطالعات مانکوئیان سردان [۲۱] بیان داشت که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان بسته به نوع و غلظت تیمارهای مختلف متفاوت خواهد بود. کاربرد نانو کلات آهن با توجه به اینکه گیاه را از کمبود تغذیه ناشی از تنش حفاظت می‌کند، می‌تواند به سیستم دفاعی گیاه در جهت مقابله با تنش کمک کند. به‌کارگیری عناصر ریزمغذی همچون آهن موجب افزایش فعالیت آنزیم PAL و در نتیجه ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه *Kandelia obovata* می‌شود [۲۲].



شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف نانوکلات آهن بر روی (A) محتوای فنل کل، (B) محتوای فلاونوئید، (C) ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

Figure 1- Effects of different concentrations of nano chelated iron on A) Total phenolic content, B) Total flavonoid content, C) DPPH Radical Scavenging

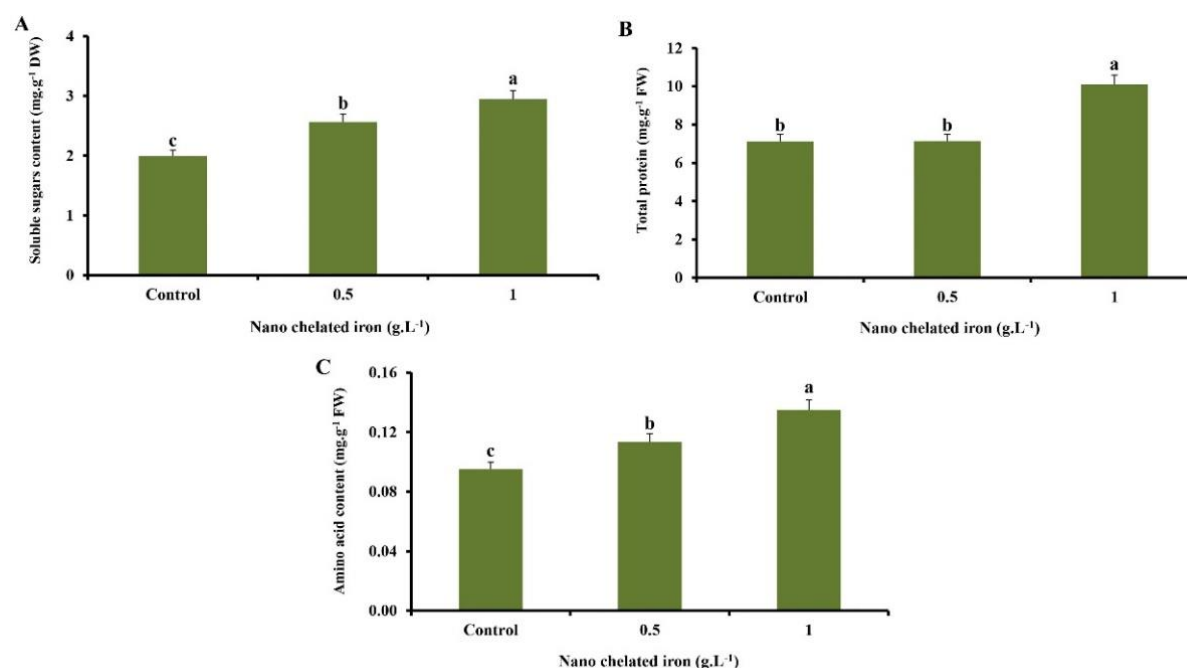
افزایش غلظت نانو کلات آهن محتوای پروتئین کل گیاه کاهو نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش نشان داد. بیشترین میزان را تیمار ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن با مقدار $10/084 \text{ g}^{-1} \text{ FW}$ و کمترین مقدار را نمونه‌ی شاهد با میزان $7/131 \text{ (mg g}^{-1} \text{ FW)}$ به خود اختصاص دادند. در

۲-۳- بررسی محتوای متابولیت‌های اولیه (قند محلول، پروتئین کل و آمینواسیدهای آزاد) گیاه کاهو تحت تأثیر نانو کلات آهن

مقدار پروتئین کل گیاه کاهو در تیمار ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن ۴۳/۷۹ درصد و در تیمار ۰/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن ۰/۰۱ درصد نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش مشاهده گردید (شکل ۲ b) ($p < 0.05$). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که بین تیمارهای مختلف در گیاه کاهو نسبت به نمونه‌ی شاهد از لحاظ محتوای آمینواسیدهای آزاد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. با افزایش غلظت نانو کلات آهن محتوای آمینواسیدهای آزاد به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش نشان داد. کمترین میزان آمینواسید آزاد در نمونه‌ی شاهد (mg g^{-1} FW ۰/۱۰۵) و بیشترین آن در تیمار ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن (mg g^{-1} FW ۰/۱۳۵) مشاهده شد (شکل ۲ c) ($p < 0.05$). بسیاری از محققان بیان داشتند که عناصر ریزمغذی مانند آهن نقش مهمی در تنظیم تعادل غذایی، اعمال متابولیسمی سلول‌ها، محافظت غشا در مقابل رادیکال‌های آزاد اکسیژن دارد؛ بنابراین کاهش در میزان آهن کاهش در رشد، تخلیه و کاهش محتوای قندها را به دنبال دارد. نتایج مطالعات مختلف نشان داد که به‌کارگیری نانو اکسید آهن موجب افزایش محتوای قندهای محلول در گیاه *Moringa oleifera* نسبت به نمونه‌ی شاهد شد [۲۳]. کاربرد عناصر ریزمغذی با افزایش میزان قند محلول موجب بهبود شرایط فتوسنتسم‌ها و تثبیت کانال‌های حمل و نقل قندهای محلول، کاهش ROS، محافظت از ساختار ماکرومولکول‌ها، هموستاز ردوکس و فعالیت چندین آنزیم دفاعی را در گیاهان می‌گردد [۲۴].

آهن یکی از اجزای اصلی ساختار RNA پلیمرز بوده که دسترسی آن تأثیر مستقیمی بر سنتز پروتئین دارد. بنابراین،

عناصر ریزمغذی با بهبود نسبی وضعیت رشد گیاه سبب افزایش درصد پروتئین می‌شود. عناصر ریزمغذی همچون آهن می‌توانند به مولکول‌های فعال بیولوژیکی متصل شوند که این اتصال می‌تواند به‌طور مستقیم به مکان‌های خاص درون پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک و ساختارهای زیر سلولی صورت بگیرد و بدین طریق از این مولکول‌ها در برابر شرایط نامساعد محافظت کند [۲۵]. به‌کارگیری آهن از طریق افزایش پروتئین‌های محلول که نقش مهمی در تنظیم اسمزی، تسهیل انتقال آب از غشاها، انباشت اسمولیت‌ها دارند موجب بهبود شرایط رشدی گیاه می‌شوند. پژوهش‌های مختلف گزارش کردند که به‌کارگیری نانو اکسید آهن موجب افزایش محتوای پروتئین‌های محلول و آمینواسیدهای آزاد در گیاه *Moringa oleifera* نسبت به نمونه‌ی شاهد شد. کاربرد عناصر ریزمغذی با استفاده از اکسیداسیون تیول و برهم‌کنش متالوپروتئین‌ها با عناصر ریزمغذی موجب محافظت از گروه سولفیدریل پروتئین‌ها شده و مقدار پروتئین‌ها افزایش می‌یابد [۲۳]. هموستاز آمینواسیدها از طریق سنتز یا تجزیه‌ی پروتئین‌ها، بیوسنتز آمینواسیدهای جدید و جذب و جابه‌جایی صورت می‌گیرد. افزایش برخی آمینواسیدها در گیاهان، می‌تواند مربوط به پروتئولیز فعال گلیکوپروتئین‌های دیواره سلولی گیاهان باشد. پژوهش‌های مختلف نشان دادند که کمبود عناصر ریزمغذی با تأخیر در واکنش‌های آنزیمی و کاتالیزوری و تغییر غلظت برخی واکنش‌دهنده‌ها در زنجیره‌ی واکنش موجب کاهش تعدادی از آمینواسیدها در گیاهان می‌شود. همچنین، به‌کارگیری عناصر ریزمغذی از طریق افزایش سطح آمینواسیدها و تنظیم اسمولیتی انتقال یون‌ها در گیاه برنج منجر به افزایش تولید محصول و میزان ماده خشک گیاهان می‌گردد [۲۶].



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن بر روی (A) محتوای قند محلول، (B) محتوای پروتئین کل، (C) محتوای آمینواسید آزاد

Figure 3- Effects of different concentrations of nano chelated iron on A) soluble sugar content, B) total protein content, C) free amino acid content

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی گیاه کاهو تحت تاثیر نانو کلات آهن

Table 1- Variance analysis of biochemical traits of lettuce under the influence of nano chelated iron

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	فنل Phenol (mg g ⁻¹ FW)	فلاونوئید Flavonoid (mg g ⁻¹ FW)	ظرفیت آنتی- اکسیدانی DPPH (%)	قند محلول Soluble sugar (mg g ⁻¹ DW)	پروتئین کل Total protein (mg g ⁻¹ FW)	آمینواسید آزاد Free amino acid (mg g ⁻¹ FW)
نانو کلات آهن Nano chelated iron	2	0.076**	0.006**	47.467**	0.688**	8.729**	0.001**
خطا Error	6	0.000054	0.000010	2.469	0.000024	0.000025	0.000001
ضریب تغییرات (%) (C.V)		2.45	4.91	2.17	1.15	0.36	8.54

ns: not significant, *p < 0.05, **p < 0.01

جدول ۲- تجزیه واریانس میزان کادمیوم و عناصر معدنی در ریشه و اندام هوایی گیاه کاهو تحت تاثیر نانوکلات آهن

Table 2- Variance analysis of mineral elements in roots and shoots of lettuce under the influence of Nano chelated iron

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	آهن ریشه (mg g ⁻¹ DW)	آهن ساقه (mg g ⁻¹ DW)	روی ریشه (mg g ⁻¹ DW)	روی ساقه (mg g ⁻¹ DW)	کلسیم ریشه (mg g ⁻¹ DW)	کلسیم ساقه (mg g ⁻¹ DW)	پتاسیم ریشه (mg g ⁻¹ DW)	پتاسیم ساقه (mg g ⁻¹ DW)	فسفر ریشه (mg g ⁻¹ DW)	فسفر ساقه (mg g ⁻¹ DW)
نانو کلات آهن Nano chelated iron	2	0.008**	0.014**	0.010**	0.002**	0.359**	0.224**	0.136**	0.774**	0.904**	0.142**
خطا Error	6	0.000004	0.000002	0.000008	0.000001	0.00012	0.00029	0.00001	0.00017	0.00019	0.00010
ضریب تغییرات (%) (C.V)		7.02	4.92	8.81	8.06	1.04	1.05	1.89	1	1.16	1.14

ns: not significant, *p < 0.05, **p < 0.0

۳-۳- بررسی غلظت عناصر روی، آهن، پتاسیم، کلسیم و فسفر در گیاه کاهو تحت تاثیر نانو کلات آهن

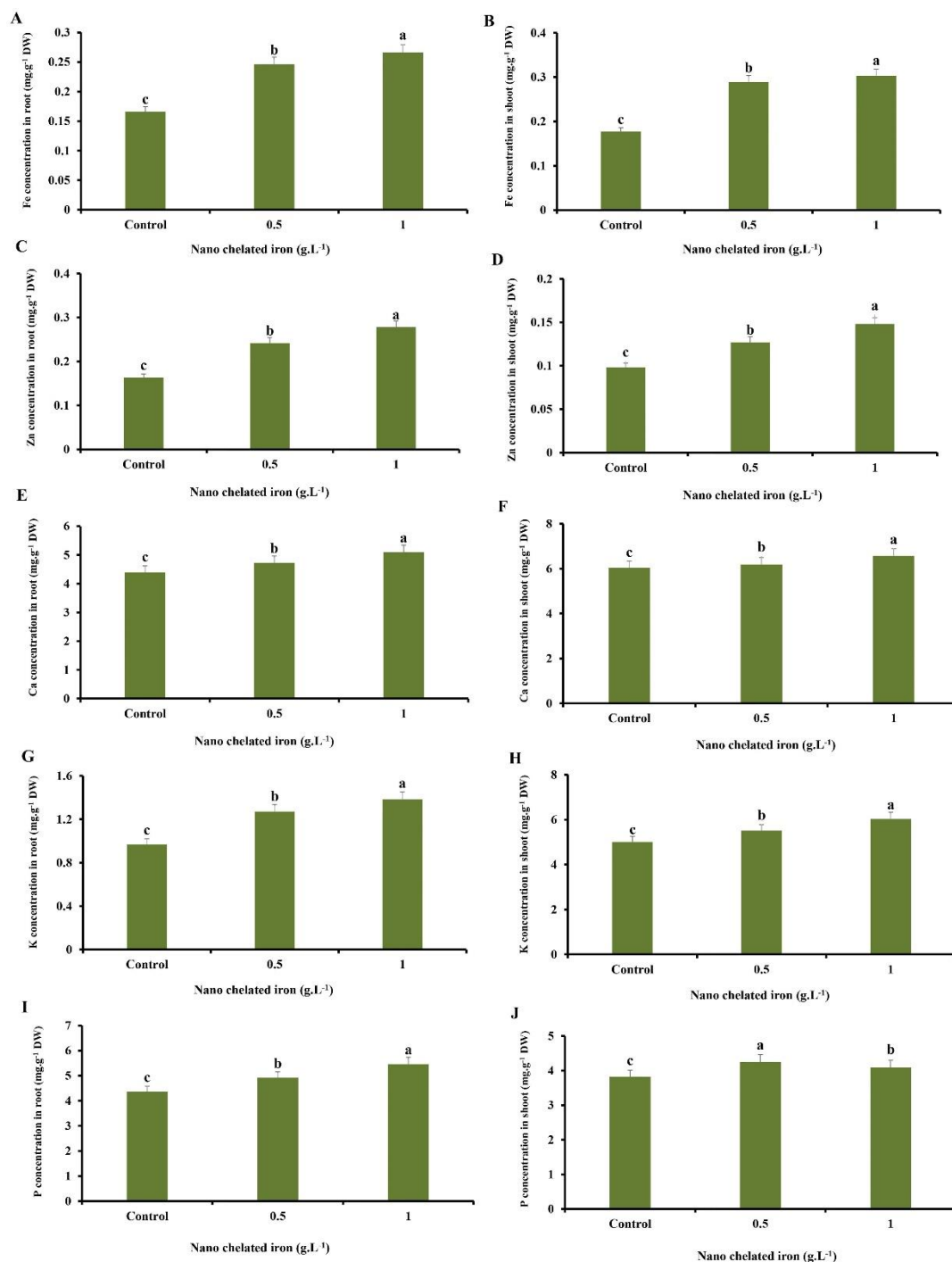
بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که غلظت عناصر ریزمغذی گیاه کاهو تحت تاثیر تیمار نانو کلات آهن قرار گرفت. با افزایش غلظت نانو کلات آهن غلظت عناصر روی، آهن، پتاسیم، کلسیم و فسفر در ریشه و اندام هوایی گیاه کاهو نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش معنی-داری نشان داد، هر چند که در غلظت فسفر در اندام هوایی با اعمال تیمار نانو کلات آهن ابتدا افزایش سپس کاهش مشاهده شد. بیشترین غلظت عناصر آهن (mg g⁻¹ DW) مشاهده شد. ۰/۲۶۶ روی (mg g⁻¹ DW)، ۰/۲۷۸ کلسیم (mg g⁻¹ DW)، ۵/۰۸۸ پتاسیم (mg g⁻¹ DW) و ۱/۳۸۲ فسفر (mg g⁻¹ DW) در ریشه‌ی گیاه کاهو متعلق به تیمار ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن بود. همچنین، بیشترین میزان عناصر در اندام هوایی گیاه کاهو در تیمار ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن با مقدار آهن (mg g⁻¹ DW) ۰/۳۰۳، روی (mg g⁻¹ DW) ۰/۱۴۸، کلسیم (mg g⁻¹ DW) ۶/۵۷،

پتاسیم (mg g⁻¹ DW) ۶/۰۲۶ و فسفر (mg g⁻¹ DW) ۴/۰۹۳ مشاهده شد (شکل J-۳) (p < 0.05).

حمزه و همکاران (۲۰۲۲) بیان داشتند که تحت تیمار کمپلکس آهن در گیاهان، چندین ناقل آهن می‌تواند روی را به صورت یک کاتیون دوظرفیتی و یا به صورت کمپلکس متصل به سیدروفورها از ریشه به اندام هوایی منتقل کند [۲۸]. به همین منظور، در مطالعه‌ی حاضر غلظت عنصر روی در گیاهان تحت تیمار با نانو کلات آهن در اندام هوایی کاهو بیشتر از ریشه مشاهده شد [۲۷]. نتایج مطالعات بر روی *Brassica napus* نشان داد که اعمال آهن به‌طور معنی-داری موجب افزایش غلظت روی، فسفر، کلسیم، پتاسیم، سدیم و آهن نسبت به نمونه‌ی شاهد در ریشه و اندام هوایی شد [۲۹]. همچنین، پژوهش‌های مختلف گزارش کردند که با افزایش محلول‌پاشی کود آهن غلظت آهن و فسفر در ریشه و اندام هوایی گیاه گندم و کاهو به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش یافت، چرا که کمپلکس‌های آهن نقش مهمی در انتقال الکترون دارد و جذب عنصری مانند فسفر به صورت فعال انجام می‌پذیرد بنابراین کمبود آهن به طور

مستقیم موجب کاهش میزان جذب فسفر در گیاهان می شود [۳۰،۳۱]. فسفر از جمله عناصری است که مقدار زیادی با فرآیند تبادل کاتیون-آنیونی در سلول های ریشه با خاک وارد گیاه می شود و کمبود آهن می تواند جذب و انتقال فسفر را کاهش دهد به طوری که، با اعمال آهن می تواند به غلظت مطلوب برای گیاه برسد زیرا جذب آنیون هایی مانند فسفر در جذب کاتیون ها توسط گیاهان نقش مهمی دارد [۳۲]. اعمال کمپلکس های آهن به عنوان الیسیتور از روش های مختلفی منجر به افزایش جذب مواد معدنی می شود که در اینجا به چند مورد اشاره می شود: ۱) با افزایش نفوذ ریشه در خاک

افزایش جذب مواد معدنی صورت می گیرد. ۲) آهن منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش ظرفیت تبادل یافتن کاتیون ها و بهبود جذب و غلظت مواد معدنی می شود. ۳) آهن از طریق ایجاد تغییر در حمل و نقل موجب کاهش سرعت از دست رفتن کاتیون ها می شود. اعمال آهن به گیاهان با تنظیم فعالیت انتقال دهنده هایی نظیر ZIPs (ناقل روی/آهن) و IRT11 (ناقل تنظیم شده آهن) منجر به افزایش جذب عناصر ریزمغذی از طریق ناقل کاتیون های دو ظرفیتی شده و غلظت کاتیون ها در ریشه و اندام هوایی گیاهانی همچون برنج افزایش می یابد [۳۳].



شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف نانوکلات آهن بر روی (A) غلظت آهن در ریشه، (B) آهن در اندام هوایی، (C) روی در ریشه، (D) روی در اندام هوایی، (E) کلسیم در ریشه، (F) کلسیم در اندام هوایی، (G) پتاسیم در ریشه، (H) پتاسیم در اندام هوایی، (I) فسفر در ریشه، (J) فسفر در اندام هوایی

Figure 3- Effects of different concentrations of nano chelated iron A) Fe concentration in root, B) Fe concentration in shoot, C) Zn concentration in root, D) Zn concentration in shoot, E) Ca concentration in root, F) Ca concentration in shoot, G) K concentration in root, H) K concentration in shoot, I) P concentration in root, J) P concentration in shoot

۴- نتیجه گیری کلی

داری آنها را نسبت به نمونه‌ی شاهد در پی داشت. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که نانو کلات آهن نانو قادر به تأمین آهن مورد نیاز کاهو در شرایط کشت بدون خاک بوده و علاوه بر، برطرف کردن آهن مورد نیاز گیاه، قادر به تأمین مداوم عناصر ریزمغذی دیگری مانند کلسیم، روی، پتاسیم، فسفر نیز است. براساس نتایج پژوهش حاضر می‌توان پیشنهاد کرد که نانو کلات آهن می‌تواند به‌عنوان کود مطمئنی به جهت تأمین آهن، روی و پتاسیم، کلسیم و فسفر در کشت بدون خاک کاهو مورد استفاده قرار گیرد. در همین راستا، می‌توان سایر نانو کودها و یا نانوذرات را در جهت بهبود ارزش غذایی سبزیجات مورد ارزیابی قرارداد.

۵- سپاسگزاری

بدین‌وسیله از دانشگاه تبریز و شهید چمران برای تأمین هزینه‌های این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

در پژوهش حاضر، اثر نانو کلات آهن بر میزان متابولیت‌های اولیه و ثانویه و همچنین ارزش غذایی کاهو مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست آمده با افزایش سطوح نانو کلات آهن میزان متابولیت‌های ثانویه (از جمله فنل، فلاونوئید) و میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه کاهو نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش معنی‌داری داشت. همچنین، میزان متابولیت‌های اولیه از قبیل پروتئین کل، قند محلول، محتوای آمینواسیدهای آزاد گیاه کاهو تحت تأثیر نانو کلات آهن افزایش معنی‌داری نشان داد. به نظر می‌رسد آهن از طریق تأثیر بر مسیر بیوسنتز ترکیبات فنلی، قندها، پروتئین‌ها و آمینواسیدها منجر به افزایش ارزش غذایی گیاه کاهو شده است. به‌علاوه، نانو کلات آهن در میزان غلظت‌های عناصر ریزمغذی همچون روی، آهن، کلسیم، پتاسیم و فسفر در ریشه و اندام هوایی گیاه کاهو تأثیرگذار بود و افزایش معنی-

۶- منابع

- [1] Abdalla, M. A., Li, F., Wenzel-Storjohann, A., Sulieman, S., Tasdemir, D., & Mühling, K. H. 2021. Comparative metabolite profile, biological activity and overall quality of three lettuce (*Lactuca sativa* L., Asteraceae) cultivars in response to sulfur nutrition. *Pharmaceutics*, 13(5), 713. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13050713>.
- [2] Roa, J. 2023. Informal Food Markets in Quezon City and Pasay City, Philippines: A Rapid Assessment. Resilient Cities Initiative Research Report. <https://doi.org/10.4160/9789290606642>.
- [3] Baruah, S., & Dutta, J. 2009. Nanotechnology applications in pollution sensing and degradation in agriculture: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 7, 191-204. <https://doi.org/10.1007/s10311-009-0228-8>.
- [4] Kochert, G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol-sulfuric acid method. *Handbook of phycological methods, Physiological and biochemical methods.*, 95.
- [5] Cui, H. X., Sun, C. J., Liu, Q., Jiang, J., & Gu, W. 2010. Applications of nanotechnology in agrochemical formulation, perspectives, challenges and strategies. In international conference on Nanoagri, Sao pedro, Brazil (pp. 28-33).
- [6] Liu, X. M., Feng, Z. B., Zhang, F. D., Zhang, S. Q., & He, X. S. 2006. Preparation and testing of cementing and coating nano-subnanocomposites of slow/controlled-release fertilizer. *Agricultural Sciences in China*, 5(9), 700-706. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(06\)60113-2](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(06)60113-2).
- [7] Sharafaldin Shirazi, sh. and Fazli, F. 2012. The effect of microcalc and iron sulfate on yield and yield components of *Thymus Celak daensis*. *Bimonthly Scientific-Research Journal of Medicinal and Aromatic Plants of Iran*, Vol.31, No.2, p. (In persian).
- [8] Nasiri, Y. Zahtabsalmasi, S. Nasralehzadeh, p. Qasemigalazani, K. Najafi, N. A. and Javanmard, A. A. 2013. Evaluation of the effect of foliar spraying of iron and zinc sulfate on flower yield and concentration of nutrients in the aerial part of German chamomile, *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 23: 105-115. (In persian).

- [9] Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*, 10(3). <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>.
- [10] Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O. G. 2005. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food chemistry*, 91(3), 571-577. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006>.
- [11] Miliauskas, G., Venskutonis, P. R., & Van Beek, T. A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food chemistry*, 85(2), 231-237. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.05.007>.
- [12] Mm, B. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem*, 72, 248-254.
- [13] Hwang, M. N., & Ederer, G. M. 1975. Rapid hippurate hydrolysis method for presumptive identification of group B streptococci. *Journal of Clinical Microbiology*, 1(1), 114-115. <https://doi.org/10.1128/jcm.1.1.114-115.1975>.
- [14] Bichi, A. M., & Ibrahim, S. R. 2018. Plant diversity and profile distribution of some available Micronutrients in selected soils of Kano State, Nigeria. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 11(2), 20-31. [10.4314/bajopas.v11i2.4](https://doi.org/10.4314/bajopas.v11i2.4).
- [15] Pestana, M., Correia, P. J., Saavedra, T., Gama, F., Abadía, A., & de Varennes, A. 2012. Development and recovery of iron deficiency by iron resupply to roots or leaves of strawberry plants. *Plant physiology and biochemistry*, 53, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.01.001>.
- [16] Chen, P., Cao, Y., Bao, B., Zhang, L., & Ding, A. 2017. Antioxidant capacity of *Typha angustifolia* extracts and two active flavonoids. *Pharmaceutical biology*, 55(1), 1283-1288. <https://doi.org/10.1080/13880209.2017.1300818>.
- [17] Lee, K. H., Cha, M., & Lee, B. H. 2020. Neuroprotective effect of antioxidants in the brain. *International journal of molecular sciences*, 21(19), 7152. [10.3390/ijms21197152](https://doi.org/10.3390/ijms21197152).
- [18] Schefer, S., Oest, M., & Rohn, S. 2021. Interactions between phenolic acids, proteins, and carbohydrates—Influence on dough and bread properties. *Foods*, 10(11), 2798. <https://doi.org/10.3390/foods10112798>.
- [19] de Silva, N. D. G., Cholewa, E., & Ryser, P. 2012. Effects of combined drought and heavy metal stresses on xylem structure and hydraulic conductivity in red maple (*Acer rubrum* L.). *Journal of experimental botany*, 63(16), 5957-5966. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers241>.
- [20] Jalali, M., Ghanati, F., & Modarres-Sanavi, A. M. 2016. Effect of Fe₃O₄ nanoparticles and iron chelate on the antioxidant capacity and nutritional value of soil-cultivated maize (*Zea mays*) plants. *Crop and Pasture Science*, 67(6), 621-628. <https://doi.org/10.1071/CP15271>.
- [21] Manquían-Cerda, K., Cruces, E., Escudey, M., Zúñiga, G., & Calderón, R. 2018. Interactive effects of aluminum and cadmium on phenolic compounds, antioxidant enzyme activity and oxidative stress in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) plantlets cultivated in vitro. *Ecotoxicology and environmental safety*, 150, 320-326. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.050>.
- [22] Sun, B., Jing, Y., Chen, K., Song, L., Chen, F., & Zhang, L. 2007. Protective effect of nitric oxide on iron deficiency-induced oxidative stress in maize (*Zea mays*). *Journal of plant physiology*, 164(5), 536-543. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2006.02.011>.
- [23] Tawfik, M. M., Mohamed, M. H., Sadak, M. S., & Thalooth, A. T. 2021. Iron oxide nanoparticles effect on growth, physiological traits and nutritional contents of *Moringa oleifera* grown in saline environment. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00624-9>.
- [24] Ahanger, M. A., & Agarwal, R. M. 2017. Potassium up-regulates antioxidant metabolism and alleviates growth inhibition under water and osmotic stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Protoplasma*, 254, 1471-1486. <https://doi.org/10.1007/s00709-016-1037-0>.
- [25] Khan, M. A., & Domashevskiy, A. V. 2021. Iron enhances the binding rates and translational efficiency of iron responsive elements (IREs) mRNA with initiation factor eIF4F. *PLoS One*, 16(4), e0250374. [10.1371/journal.pone.0250374](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250374).
- [26] He, Y., Dai, S., Dufresne, C. P., Zhu, N., Pang, Q., & Chen, S. 2013. Integrated

- proteomics and metabolomics of *Arabidopsis* acclimation to gene-dosage dependent perturbation of isopropylmalate dehydrogenases. PLoS One, 8(3), e57118. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057118>.
- [27] Hamzah Saleem, M., Usman, K., Rizwan, M., Al Jabri, H., & Alsafran, M. 2022. Functions and strategies for enhancing zinc availability in plants for sustainable agriculture. Frontiers in Plant Science, 13, 1033092. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1033092>.
- [28] Benáková, M., Ahmadi, H., Dučaiová, Z., Tylová, E., Clemens, S., & Tůma, J. 2017. Effects of Cd and Zn on physiological and anatomical properties of hydroponically grown *Brassica napus* plants. Environmental Science and Pollution Research, 24, 20705-20716. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9697-7>.
- [29] Nam HI, Shahzad Z, Dorone Y, Clowez S, Zhao K, Bouain N, Lay-Pruitt KS, Cho H, Rhee SY, Rouached H. 2021. Interdependent iron and phosphorus availability controls photosynthesis through retrograde signaling. Nat Commun, 12(1), 7211. [10.1038/s41467-021-27548-2](https://doi.org/10.1038/s41467-021-27548-2).
- [30] Johan, P. D., Ahmed, O. H., Omar, L., & Hasbullah, N. A. 2021. Phosphorus transformation in soils following co-application of charcoal and wood ash. Agronomy, 11(10), 2010. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102010>.
- [31] Heydari, R., Kazemi, E. M., Kolahi, M., Movafeghi, A., & Nosrati, H. (2024). Modulation of cadmium induced oxidative stress pathways in lettuce (*Lactuca sativa* L.) by nano-chelated iron. *Scientia Horticulturae*, 337, 113530. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113530>.
- [32] Clemens, S., Deinlein, U., Ahmadi, H., Höreth, S., & Uraguchi, S. 2013. Nicotianamine is a major player in plant Zn homeostasis. Biometals, 26, 623-632. <https://doi.org/10.1007/s10534-013-9643-1>.
- [33] Heydari, R., Kolahi, M., Mohajel Kazemi, E., Nosrati, H., & Movafeghi, A. (2024). The role of nano-chelated iron on anatomical and biochemical characteristics and concentration of mineral nutrients in lettuce (*Lactuca sativa* L.) under cadmium toxicity. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 30(8), 1383-1400. doi: 10.1007/s12298-024-01490-1.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigating the effect of foliar application of nano chelated iron on the amounts of metabolites and nutritional value of lettuce (*Lactuca sativa* Linn.)

Roghayeh Heydari¹, Elham Mohajel Kazemi^{2,3}, Houshang Nosrati⁴, Maryam Kolahi^{*5}, Ali Movafeghi⁶

1- PhD Student of the Department of Plant, Cell and Molecular biology, Faculty of Natural Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2- Associate Professor of the Department of Plant, Cell and Molecular biology, Faculty of Natural Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

3 -Nuclear Agriculture School, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Atomic Energy Organization of Iran (AEQI), Karaj, Iran

4- Professor of the Department of Plant, Cell and Molecular biology, Faculty of Natural Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

5- Associate Professor of Department of Biology, Faculty of Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

6- Professor of the Department of Plant, Cell and Molecular biology, Faculty of Natural Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2023/12/30

Accepted: 2025/1/30

Keywords:

extraction,
pomegranate peel,
solvent,
effective compounds,
Antifungal.

DOI: 10.22034/FSCT.22.163.1.

*Corresponding Author E-

m.kolahi@scu.ac.ir

ABSTRACT

In recent years, many research studies have conducted to find ways to improve agricultural products and eliminate chemical fertilizer pollutants. To enhance crop yields and minimize the reliance on animal feed resources, it is essential to adapt innovative agricultural practices. Organic-based synthetic fertilizers, such as nano chelated iron can significantly enhance the nutritional system of plants while reducing the reliance on chemical fertilizers. Nano fertilizers are easily absorbed by plants and are more effective than traditional chemical fertilizers. Based on this information, this study was conducted to investigate the nutritional value of lettuce and its capacity to absorb micronutrient elements. The study was conducted at Tabriz University during the years 1400-1401, following a completely randomized design with three repetitions. Three levels of nano chelated iron (0, 0.5 and 1 g/L) were used to investigate the effect of nano chelated iron on the absorption of micronutrients by lettuce plants. Nano chelated iron significantly enhanced the levels of secondary metabolites, including total phenols and flavonoids, as well as the antioxidant capacity of lettuce compared to the control samples. Additionally, the results indicated that higher concentrations of nano chelated iron resulted in increased levels of total protein, soluble sugars, and free amino acids in lettuce plants compared to the control sample. It has been demonstrated that micronutrients such as Iron, Calcium, Zinc, Potassium, and Phosphorus accumulate in the roots and shoots of lettuce plants with the increased application of nano chelated iron. The increase was more pronounced in plants that received higher concentrations of nano chelated iron. This study demonstrated that nano chelated iron enhances plant primary and secondary metabolites, while also supplying iron and other micronutrients to the plants.



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

شبیه سازی محتوای رطوبت و جذب روغن در فرآیند سرخ کردن ناپیوسته بادمجان

مسعود خدابنده^۱، نارملا آصفی^{۲*}، ارمان سالم^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲- دانشیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز.

۳- دانش آموخته دکتری مهندسی علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۹

کلمات کلیدی:

بادمجان،

سرخ کردن عمیق،

محتوای روغن،

محتوای رطوبت

ضریب انتقال حرارت

DOI: 10.22034/FSCT.22.163.16.

* مسئول مکاتبات:

narmela@iau.ac.ir.

بادمجان به دلی رطوبت بالا و نرم شدن بافت طی مدت زمان نگهداری، عمر ماندگاری کوتاهی دارد. بنابراین استفاده از روش های مناسب برای فرآوری، افزایش زمان نگهداری و حفظ ارزش تغذیه ای آن ضروری می باشد. در واقع درک انتقال حرارت و جرم در طی سرخ کردن می تواند برای بهینه سازی و کنترل هرچه بیشتر فرایند مفید باشد. در این پژوهش اثر سرخ کردن در دماهای ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سلسیوس به مدت های ۲۰، ۳۶، ۱۲۴ و ۲۰۰ ثانیه برمحتوای رطوبتی، محتوای روغن، سینتیک انتقال رطوبت و روغن و تخمین ضریب انتقال جابه جایی انجام گرفت. نتایج نشان داد نمونه سرخ شده در دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۲۴ ثانیه، کمترین میزان جذب روغن را دارند. همچنین مشخص شد با کاهش دما و زمان سرخ کردن محتوای روغن نمونه ها کمتر می گردد. به علاوه، مدل های تجربی، به خوبی داده های آزمایشی را برازش نمودند. علاوه بر این، نتایج نشان داد که نمونه سرخ شده به مدت ۲۰۰ ثانیه در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس کمترین میزان نسبت محتوای رطوبت را دارد. همان طور که مشخص است با افزایش دمای سرخ کردن ثابت سینتیک کاهش رطوبت افزایش یافت که نشان دهنده سرعت خروج رطوبت بیشتر از محصول در دمای بالا نسبت به دماهای پایین تر بود. همچنین، افزایش زمان و دمای سرخ کردن موجب کاهش محتوای رطوبت نمونه ها گردید. ضریب انتقال حرارت جابجایی در زمان های اولیه فرآیند بیشتر بوده و با سپری شدن زمان سرخ کردن این عدد نیز کاهش یافت. بیشترین مقدار h مربوط به ثانیه بیستم در دمای سرخ کردن ۲۰۰ درجه سلسیوس بود.

۱-مقدمه

بادمجان به لحاظ اقتصادی یک محصول مهم کشاورزی در آسیا و اروپا محسوب می‌شود؛ طبق آمار منتشره سازمان خوار و بار و کشاورزی ایران بعد از چین و هندوستان با تولید ۱/۲ میلیون تن در سال، مقام سوم تولید بادمجان در جهان را دارد [۱]. هر ۱۰۰ گرم بادمجان به طور متوسط حاوی ۸۶/۱۳ درصد آب، ۹/۴۱ درصد کربوهیدرات، ۳ درصد فیبر، ۰/۹۸ درصد پروتئین، ۰/۱۸ درصد چربی، ۰/۳ درصد ویتامین‌ها و مواد معدنیست [۲]. بادمجان یک جزمهم و معمول از غذاهای مدیترانه‌ای را تشکیل می‌دهد، که در بسیاری از دستورهای غذایی سستی بکار می‌رود و منبع مهمی از ترکیب زیست فعال^۱ می‌باشد و در پیشگیری از بیماری‌های مزمن نقش بسزایی دارد [۳]. بادمجان به دلیل میزان رطوبت بالا و نرم شدن بافت طی مدت زمان نگهداری، عمر ماندگاری کوتاهی دارد. بنابراین استفاده از روش‌های مناسب برای فرآوری، افزایش زمان نگهداری و حفظ ارزش تغذیه‌ای آن ضروری می‌باشد. یکی از قدیمی‌ترین فرایندهای پخت مواد غذایی از جمله بادمجان، سرخ کردن به دو صورت سطحی و عمیق می‌باشد. این فرایندها به دلیل سادگی و هزینه‌های نسبتاً پایین، یکی از پرکاربردترین فرایندها در صنایع غذایی هستند [۴، ۵]. سرخ کردن عمیق یک فرایند پخت سریع مواد غذایی است و اغلب به عنوان روشی برای ایجاد عطر، طعم، رنگ و بافت یکنواخت در مواد غذایی فراوری شده انتخاب می‌شود [۶]. فرایند سرخ کردن یک فرایند انتقال همزمان جرم و حرارت می‌باشد [۷]، که در آن گرما به وسیله همرفت از روغن به سطح ماده غذایی و به طریق هدایت از سطح به داخل ماده غذایی منتقل می‌شود و به دنبال آن رطوبت نیز از ماده غذایی تبخیر شده و روغن وارد محصول می‌شود [۸]. در سرخ کردن عمیق انتقال حرارت ترکیبی از ۲ روش جابجایی (انتقال حرارت از روغن به ماده غذایی) و هدایت

(انتقال حرارت در داخل ماده غذایی) می‌باشد [۹]. از مزایای فرایند سرخ کردن عمیق، علاوه بر شکل‌گیری ویژگی‌های بافتی، رنگ، عطر و طعم مطلوب در محصول نهایی، می‌توان به سرعت بالای انتقال حرارت اشاره نمود؛ که این مسئله در اثر خروج رطوبت به شکل بخار از داخل ماده غذایی طی فرایند سرخ کردن و در نتیجه ایجاد حالت تلاطم و افزایش ضریب انتقال حرارت جابجایی به وجود می‌آید [۱۰]. با این حال چروکیدگی یا کاهش حجم ظاهری محصول نهایی، تشکیل ترکیب سمی و سرطان‌زای آکریل‌آمید که در اثر واکنش بین قندهای احیاءکننده و اسیدآمینها در دماهای بالای فرایند سرخ کردن رخ می‌دهد و محتوای بالای روغن در ماده غذایی سرخ‌شده، که در برخی از موارد به یک سوم کل وزن محصول نیز می‌رسد، از مهمترین معایب فرایند سرخ کردن عمیق می‌باشد [۱۱-۱۳]. به عبارت دیگر شناخت پدیده‌هایی مانند تغییرات ساختاری که حین سرخ کردن عمیق مواد غذایی در روغن اتفاق می‌افتند، به منظور کنترل کیفیت محصول سرخ شده نهایی و انرژی مصرفی طی فرایند سرخ کردن از دیدگاه مهندسی و اقتصادی حائز اهمیت می‌باشد و از نظر مصرف‌کننده نیز سلامت، ظاهر و خصوصیات حسی محصول نهایی بسیار مهم می‌باشد [۱۴، ۱۵]. بنابراین هدف اصلی یک سیستم کنترل باید حفظ حداکثری مواد مغذی و سلامت محور همزمان با بهینه‌سازی مصرف انرژی باشد. در واقع فهم انتقال حرارت و جرم در طی سرخ کردن می‌تواند برای بهینه‌سازی و کنترل هرچه بیشتر فرایند مفید باشد [۱۶]. شاهین و همکاران (۱۹۹۹) با بررسی ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی طی سرخ کردن سیب زمینی مشاهده کردند که این پارامترها با افزایش دمای روغن زیاد می‌شوند و بعد از تشکیل پوسته با کاهش نرخ تبخیر که عامل ایجاد تلاطم در روغن است، از ضریب انتقال حرارت جابجایی نیز کاسته می‌شود. همچنین با حرکت حباب‌های حاصل از

باقیمانده در خلال داشت [۱۹]. هدف از این پژوهش تعیین تاثیر دماهای مختلف روغن سرخ کردنی و زمان فرآیند سرخ کردن بر میزان رطوبت و جذب روغن قطعات سرخ شده‌ی بادمجان تحت شرایط سرخ کردن عمیق و تخمین ضریب انتقال حرارت جابجایی با دمای سطح محصول و سینتیک انتقال جرم و رطوبت در بادمجان می‌باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد اولیه

بادمجان مورد استفاده از بازار محلی خریداری گردید و تا زمان انجام آزمایشات در یخچال در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد. روغن مورد استفاده نیز روغن مایع مخصوص سرخ کردن (مخلوطی از روغن های آفتابگردان، پنبه دانه و سویا) با نام تجاری اوایلا بود و حلال استفاده شده جهت استخراج روغن از نمونه های سرخ شده در دستگاه سوکسله پترولیوم اتر (دکتر مجلی)، ساخت کشور ایران بود.

۲-۲- آماده سازی نمونه

برای انجام هر آزمایش، بادمجان‌ها پس از شستشو و پوست گیری، توسط یک کاتر دستی (قالب آلومینیومی) به شکل مکعب مستطیل به ترتیب به طول، عرض و ارتفاع ۵، ۳ و ۱ سانتی متر برش داده شدند.

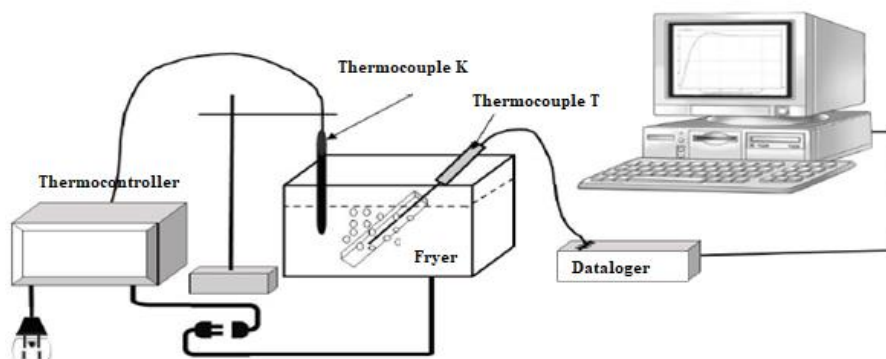
۲-۳- عملیات سرخ کردن و ثبت دما

فرآیند سرخ کردن برش های بادمجان در سرخ کن (سوزوکی - مدل ZDF2510-ژاپن) حاوی دولیتر روغن مخصوص سرخ کردنی، مجهز شده به کنترل کننده دما (ترموکترلر) و ترموکوپل نوع K در دمای ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ سلسیوس انجام شد. به منظور اندازه گیری و ثبت تغییرات دمای محصول در حین سرخ کردن نیز سه عدد ترموکوپل نوع T در مرکز و سطح محصول قرار گرفت و دمای ترموکوپل های T با فواصل زمانی ۲ ثانیه به وسیله دیتالاگر ثبت و سپس به کامپیوتر منتقل گردید. این عمل از لحظه شروع سرخ کردن تا رسیدن محصول به حالت سرخ شده نهایی ادامه یافت. جهت تعیین محتوای رطوبت و

بخار آب به سمت سطح بالایی روغن ضریب انتقال حرارت جابجایی در سطح بالایی کمتر از سطح پایینی است که به علت تاثیر عایق حباب های بخار آب در سطح بالایی می باشد [۱۶]. صباغی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی ضریب انتقال حرارت جله جایی به عنوان تابعی از نرخ کاهش آب طی فرایند سرخ کردن، با توجه به اثرات تبخیر آب و جوشش روی این پارامتر حرارتی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که ضریب انتقال حرارت در دماهای بالا به دلیل نرخ خروج رطوبت بیشتر و در نتیجه تلاطم روغن بیشتر است و در دماهای پایین تر کسر حرارتی مورد نیاز برای تکمیل فرایند تبخیر، به دلیل پایین بودن ضریب انتقال حرارت جابه جایی با کاهش دمای روغن، بیشتر می باشد [۱۷]. بیلدیز و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی ضریب انتقال هدایت جابجایی را با استفاده از معادله بخش خطی منحنی لگاریتم طبیعی دما و رطوبت بدون دما و رطوبت بدون بعد در برابر زمان تخمین زدند. با توجه به نتایج ضریب انتقال حرارت با افزایش دمای روغن کاهش یافت. افزایش نرخ خروج رطوبت در دماهای بالای سرخ کردن موجب صرف انرژی بیشتر برای تبخیر شده و در نتیجه کاهش انرژی در دسترس برای افزایش انرژی داخلی و ایجاد تغییرات دمایی محسوس در ماده غذایی شده و ضریب انتقال حرارت موثر کاهش می یابد که نتیجه آن با سایر محققین اختلاف داشت [۱۸]. حامد بیگی و ناصر همدی (۱۳۹۲) در یک مطالعه به بررسی سینتیک جذب روغن و خروج رطوبت در طی سرخ کردن خلال های سیب زمینی پرداختند. با توجه به نتایج، افزایش دمای سرخ کردن بطور معنی داری سبب افزایش جذب روغن و خروج رطوبت از خلال ها گردید. همچنین برای توصیف میزان جذب روغن و خروج رطوبت از خلال سیب زمینی و تغییرات سفتی پوسته و مغز خلال طی سرخ کردن مدل های سینتیکی متفاوتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی ها نشان داد که مدل سینتیکی درجه اول با اثر محدودکنندگی محصول، بیشترین انطباق را با داده های آزمایشگاهی مربوط به خروج رطوبت و روغن

بلافاصله آنالیزهای مربوطه بر روی آنها انجام گرفت. تمامی آزمایشات با سه تکرار انجام شد.

میزان جذب روغن در طول سرخ کردن در زمان‌های ۲۰، ۳۶، ۱۲۴ و ۲۰۰ ثانیه، نمونه‌ها از سرخ‌کن خارج گردید و روغن سطحی آنها توسط کاغذ جاذب حذف شد و



Equipment for recording temperature change during frying

Figure 1. diagram of frying operation and recording of the temperature of eggplant slices during deep frying

$$(۱) \text{ رابطه } q_h = \gamma q_T = \gamma A_p h (T_{st} - T_0)$$

$$(۲) \text{ رابطه } q_c = (1 - \gamma) q_T = (1 - \gamma) A_p h (T_{st} - T_0) = \lambda \dot{W}$$

A_p = مساحت سطح بادمجان (m^2)، T_0 و T_{st} = به ترتیب دمای سطحی برش‌های بادمجان ($^{\circ}C$) در زمان صفر و زمان t بر حسب ثانیه، qh = انرژی حرارتی مصرفی برای تغییر دمای بادمجان، m جرم برش‌های بادمجان (kg)، $C_{p,ave}$ = میانگین ظرفیت گرمایی ویژه بادمجان، $\dot{W}$ = نرخ کاهش آب محصول ($kg \cdot s^{-1}$)، γ = کسری از q_T که برای حرارت دهی بادمجان استفاده می‌شود، λ = گرمای نهان تبخیر آب در بادمجان.

ضریب انتقال حرارت جابجایی با بدست آمدن مقدار γh از رابطه (۳) و اضافه کردن آن به مقدار $(1 - \gamma)h$ که از رابطه (۴) حاصل می‌شود، قابل تخمین است. برای هر زمان مقدار T_{st} و T_{si} به صورت تجربی بدست آمده و در معادلات قرار داده شد.

$$\text{رابطه (۳)} \quad y_h = m C_{p,ave} (T_{st} - T_{si}) / t A_p (T_{st} - T_0)$$

$$\text{رابطه (۴)} \quad (1 - \gamma)h = \lambda W / A_p (T_{si} - T_0)$$

۲-۴- محتوای رطوبت

محتوای رطوبت نمونه‌های سرخ شده بادمجان قبل از سرخ شدن و بعد از سرخ شدن (بعد از خارج کردن روغن)، از طریق خشک کردن آنها در آون کنوکسیون (ممرت - آلمان) در دمای ۱۰۵ درجه‌ی سلسیوس، تا رسیدن به وزن ثابت انجام شد [۲۰].

۲-۵- استخراج روغن

محتوای روغن نمونه‌های سرخ شده از طریق استخراج روغن آنها در دستگاه سوکسله (بهر-آلمان) بر حسب گرم روغن بر گرم ماده خشک، با استفاده از حلال پترولیوم اتر اندازه‌گیری گردید [۲۰].

۲-۶- تخمین ضریب انتقال حرارت جابجایی با دمای سطح محصول

در این روش با فرض اینکه کل حرارت منتقل شده بر حسب $J \cdot s^{-1}$ از روغن به سطح برش‌های بادمجان (q_T) برای حرارت دهی بادمجان (q_h) و برای تبخیر آب (q_c) استفاده می‌شود [۲۱]. ضریب انتقال حرارت جابجایی بر اساس روابط (۱ و ۲) بر حسب $W/m^2 \cdot ^{\circ}C$ تخمین زده خواهد شد:

۳- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق، بررسی و تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بدست آمده از آزمایشات، به صورت طرح فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار Design expert نسخه ۷.۰.۰ و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $P \leq 0.05$ استفاده شده و کلیه نمودارها توسط نرم‌افزار EXCEL ۲۰۱۶ رسم گردید.

۴- نتایج و بحث:

۴-۱- بررسی تغییرات دمای مرکزی و سطحی بادمجان در طی سرخ کردن عمیق

نمودار ۱ تغییرات دمای مرکزی و سطحی محصول را در طی سرخ کردن در سه دمای مختلف روغن نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود، روند تغییرات دمایی در دو مرحله پیش می‌رود. در پژوهش حاضر آهنگ افزایش دما در کل تیمارها هم در مرکز و هم در سطح محصول تا محدوده‌ی نقطه جوش آب پیش رفت و پس از آن در طول زمان سرخ کردن دمای محصول ثابت باقی ماند. افزایش دمای مرکزی محصول (نمودار ۱) در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس روغن تا رسیدن به محدوده‌ی نقطه جوش آب حدود ۵۰ ثانیه و در دماهای ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه- سلسیوس، این مدت تقریباً ۹۰ ثانیه پس از شروع فرآیند مشاهده شد. در ابتدا به دلیل فشار بخار ناشی از تبخیر و حبس حباب‌های بخار در محصول به دلیل تشکیل پوسته، نقطه جوش آب طبق قوانین ترمودینامیکی با زیاد شدن فشار ناشی از وجود بخار، افزایش یافت و سپس با کاهش نرخ تبخیر آب و فاز جوشش، نقطه‌ی جوش آب کاهش یافت و تا پایان سرخ کردن دمای مرکزی و سطحی محصول لندگی کمتر از 100°C باقی‌ماند. در سرخ کردن انتقال حرارت با دو سینک حرارتی^۲ صورت می‌گیرد. اولین

T_0 و T_{si} = ترتیب دمای سطحی برش‌های بادمجان ($^{\circ}\text{C}$) در زمان t بر حسب ثانیه و در زمان صفر

۷-۲- سنتیک انتقال رطوبت و روغن

تغییرات رطوبت محصول در طی سرخ کردن از یک تابع نمایی کاهشی پیروی می‌کند. مدل سنتیک کاهش رطوبت در طی سرخ کردن مشابه کروکید و همکاران (۲۰۰۱) و همچنین بایک و میتال (۲۰۰۵) به صورت یک تابع نمایی به صورت رابطه (۵) در نظر گرفته شد [۲۳، ۲۲].

$$\text{رابطه (۵)} \quad \ln\left(\frac{m_t - m_{\infty}}{m_i - m_{\infty}}\right) = -Kmt$$

در رابطه فوق m_i رطوبت اولیه محصول m_t ، (g/g, db) رطوبت نمونه‌ها در هر لحظه m_{∞} ، (g/g, db) رطوبت تعادلی نمونه‌ها (رطوبت نمونه‌ها در زمان بی نهایت) می‌باشد.

مدل سینتیکی فوق روی داده‌های تجربی بررسی شده و با رسم $\ln(m_t/m_0)$ در برابر زمان و بدست آوردن شیب خط حاصل سینتیکی K_m برای دماهای مختلف آزمایش برآورد شد.

مدل سینتیکی جذب روغن ارائه شده به صورت رابطه (۶) مطابق کروکید و همکاران در نظر گرفته شد [۸]:

$$\text{رابطه (۶)} \quad O = O_{eq}[1 - \exp(-k_0 t)]$$

در این معادله O = محتوی روغن محصول (گرم روغن در گرم ماده خشک) در زمان t ، O_{eq} = محتوی روغن در حالت تعادل یا حداکثر محتوای روغن در ماده خشک در زمان $t = \infty$ ، زمان سرخ کردن و K_0 = نرخ ویژه یا ثابت سینتیک جذب روغن برای مدل بر حسب (1/s) می‌باشد. در این مدل در زمان $t=0$ محتوی روغن محصول صفر در نظر گرفته شد و در زمان طولانی سرخ کردن محتوای روغن برابر با میزان تعادلی یا O_{eq} در نظر گرفته شد.

سیلسیوس به مدت ۶۰، ۱۲۰، ۱۷۵ و ۱۸۰ درجه سیلسیوس ثبت کردند و مراحل آن را از نظر زمانی تفکیک کردند. نتایج نشان داد که دمای مرکزی محصول برای هر سه دمای روغن پس از رسیدن به نقطه جوش آب تا پایان به صورت یکنواخت باقیماند و در خصوص دمای سطحی افزایش دما قبل از رسیدن به تبخیر در دمای ثابت، مرحله حرارت دهی اولیه است که با پیشرفت فرایند سرخ کردن و رسیدن دمای مرکزی محصول به نقطه جوش این مرحله محدود شد که این مدت زمان در این پژوهش ۶۰ ثانیه طول کشید، که با نتایج حاصل از این پژوهش منطبق بود [۱۷].

سینک حرارتی به صورت حرارت محسوس است که موجب افزایش دمای محصول از دمای اولیه به نزدیکی نقطه جوش آب می شود. این سینک حرارتی با پیشرفت فرایند سرخ کردن و رسیدن دمای مرکزی محصول به نقطه جوش محدود می شود. دومین سینک حرارتی مربوط به حد واسط پوسته/هسته می باشد که در این نقطه آب تبدیل به بخار می شود و در سرتاسر فرایند سرخ کردن حفظ می گردد [۲۴]. هرچه دمای فرایند بیشتر باشد طول دوره ثابت در پروفایل دمایی کاهش می یابد [۲۵]. صباغی و همکاران تغییرات دمایی سطحی و مرکزی خلال های سیب زمینی را با ترموکوپل طی سه دمای ۱۴۵، ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه

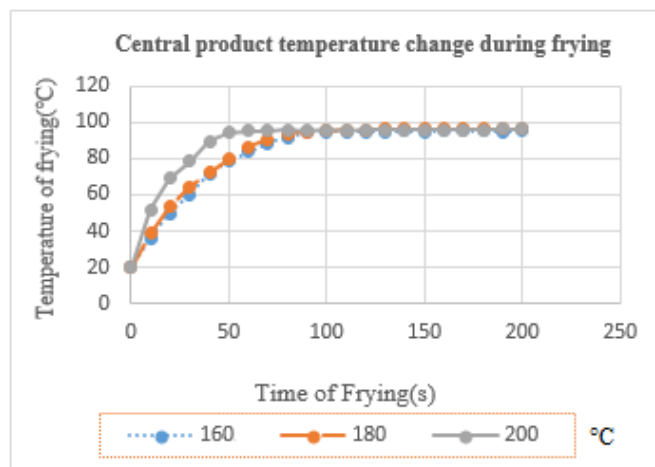


Figure 1. Comparison of central product temperature changes during eggplant frying at a constant oil temperature 160, 180 and 200 °C

محصول و تشکیل پوسته تا اتمام عمل سرخ شدن تقریباً در دمای ثابت باقیماند. اتمام عمل سرخ کردن با توجه به کاهش مقدار رطوبت و سرخ شدن مطلوب نمونه ها انجام شد. که طول زمان سرخ شدن در دماهای روغن ۲۰۰، ۱۸۰ و ۱۶۰ درجه سیلسیوس، به ترتیب ۲۰۰، ۲۶۰ و ۳۲۰ ثانیه بود. با توجه به روند تغییرات دما در دو نمودار بالا و معنی دار نبودن تغییرات دمایی سطح و مرکز، زمان های ثابت ۲۰ (۱۶۰-۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سیلسیوس) برای بررسی پارامترهای فیزیکی سرخ شدن بادمجان انتخاب گردید.

همانگونه که در نمودار ۲ مشاهده می شود تغییرات دمای سطح محصول همانند تغییرات دمای مرکز می باشد با این تفاوت که زمان رسیدن به محدوده نقطه جوش آب در مدت زمان کمتری رخ داد و علت این امر را می توان به علت تماس مستقیم روغن با سطح محصول و شدت انتقال حرارت بالا دانست. محدوده نقطه جوش آب در دمای ۲۰۰ درجه سیلسیوس روغن، حدود ۳۰ ثانیه و در دماهای ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سیلسیوس روغن این مدت تقریباً ۶۰ ثانیه پس از شروع فرایند رخ داد. دمای سطحی محصول زودتر به نقطه جوش آب رسیده و پس از اتمام آب سطحی

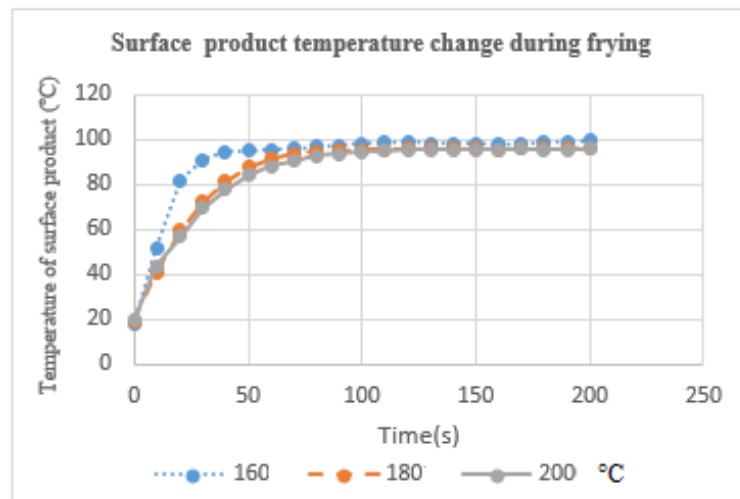


Figure 2. Comparison of product surface temperature changes at oil temperatures of 160, 180 and 200 °C during frying time

نتایج حاکی از این بود که از زمان‌های ابتدایی فرایند تا زمان ۱۲۰ ثانیه میان محتوای رطوبت و روغن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که دلیل آن با وجود نرخ تبخیر بالا تا این زمان قابل توضیح بود [۱۷]. همچنین رومانی و همکاران در خصوص نرخ کاهش آب و جذب روغن مشاهده کردند که در حدود ۳ دقیقه پس از شروع فرایند تقریباً ثابت بود. آنها همچنین بیان کردند، جذب روغن یک افزایش نسبتاً سریع و معنی‌داری را در ۱۲۰ ثانیه ابتدایی آغاز فرایند نشان می‌دهد که دلیل آن می‌تواند جاننشینی آب تبخیر شده از محصول باشد [۲۴].

فارکاس و همکاران بیان کردند که تا زمانی که دمای مرکزی محصول حدود ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد ثابت باقی‌ماند نرخ مهاجرت روغن به داخل محصول ناچیز است. کاهش رطوبت در محصول با ایجاد خلل و فرج باعث جذب روغن می‌شود [۲۵] همچنین صباغی و همکاران در خصوص سرخ کردن عمیق سیب زمینی در ۳ دمای مختلف نشان دادند که نرخ نفوذ روغن با شروع تبخیر مرکزی (رسیدن دمای مرکز) به ۱۰۰ درجه سلسیوس حدوداً از ثانیه ۶۰ به بعد، نسبت به ابتدای فرایند، کمتر شد، که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت [۱۷]

۴-۲- بررسی میزان رطوبت و دماها و زمان‌های مختلف سرخ کردن

در بررسی محتوای رطوبت اثر مستقل دما و زمان در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار شد ولی در بررسی محتوای روغن بادمجان سرخ شده تنها اثر مستقل دما در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار شد. نمودار ۳ و ۴ میانگین تغییرات رطوبت و محتوای روغن محصول را طی سرخ شدن در دماها و زمانهای فرایند نشان می‌دهد. با مقایسه نمودارها می‌توان ارتباط بین از دست رفتن آب محصول و جذب روغن را با توجه به دمای روغن و همچنین زمان‌های فرایند استنباط نمود. محتوای رطوبت محصول در دماهای بالای روغن، کمتر شد و با افزایش زمان سرخ کردن نرخ کاهش آب محدود گردید. شیب نمودارها در سه دمای سرخ کردن مؤید این نکته است. بالا بودن شدت تبخیر در ۲۰ ثانیه اول فرایند در هر سه دما احتمالاً به دلیل تبخیر ناگهانی آب آزاد سطحی محصول می‌باشد. اختلاف فشار بخار بین محصول و روغن سرخ کردن باعث تبخیر سریع آب می‌گردد که در ابتدای فرایند سرخ کردن اختلاف فشار جزئی بیشتر از سایر زمان‌های سرخ کردن می‌باشد. صباغی و همکاران تغییرات رطوبت و میانگین تغییرات محتوای روغن طی سرخ کردن سیب زمینی در دما و زمان‌های مختلف بررسی کردند.

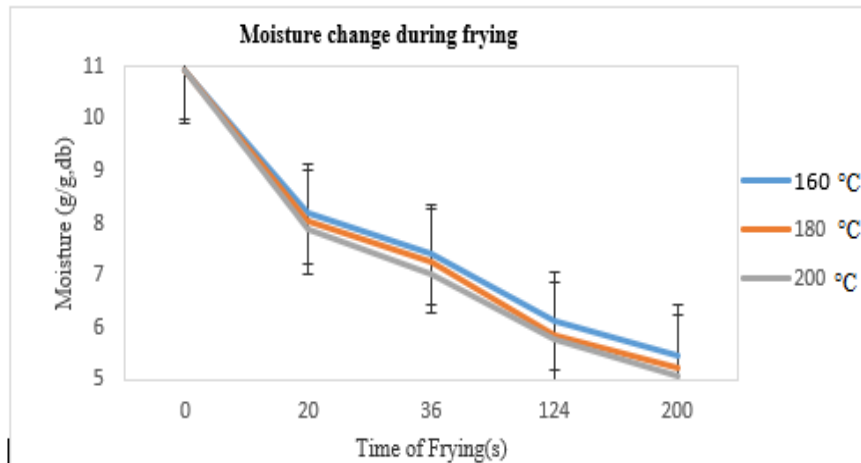


Figure 3. Moisture changes of eggplant pieces during frying

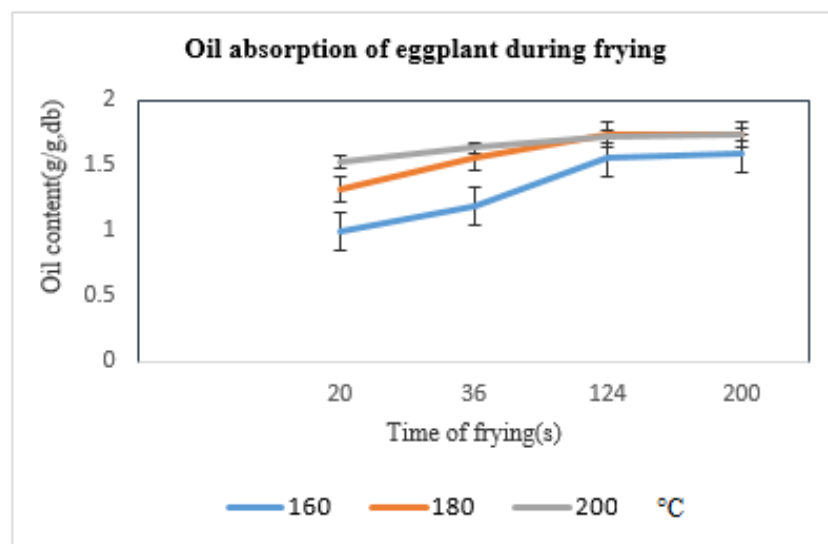


Figure 4. Changes in oil absorption of eggplant pieces during frying at three different temperatures

(۲۰۰۷) می‌تواند ساختار فشرده شده محصول باشد که به عنوان مانعی برای نفوذ روغن عمل می‌کند. البته به منظور انتقال جرمی رطوبت و روغن می‌توان از ثابت‌های سینتیکی بهره‌گرفت [۲۶].

۴-۵- نتایج سینتیک انتقال رطوبت و روغن

نمودار ۸ خطی سازی مدل انتقال رطوبت بصورت تغییرات لگاریتم طبیعی رطوبت بدون بعد را از ابتدای زمان فرایند نشان می‌دهد. با محاسبه شیب خطوط برازش شده روی داده‌های لگاریتم طبیعی، مقدار ثابت سینتیک کاهش آب (kw)، برای دمای ۱۶۰، ۱۸۰، ۲۰۰ به ترتیب ۰/۱۶۶۹، ۰/۱۷۸۹ و ۰/۱۸۴ به دست آمد. همان‌طور که مشخص

با توجه به نمودار ۴ بیشترین جذب روغن مربوط به تیمار ۲۰۰ ثانیه در دمای ۲۰۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس بود. شدت جذب روغن در ثانیه‌های آغازین فرایند بخصوص در دمای پایین‌تر بیشتر بود. زمانی که دمای مرکزی محصول به حدود ۱۰۰ درجه سلسیوس رسید نرخ مهاجرت روغن به داخل محصول ناچیز شد. رومانی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند جذب روغن یک افزایش نسبتاً سریع و معنی داری را در ۱۲۰ ثانیه ابتدایی آغاز فرایند نشان می‌دهد که دلیل آن می‌تواند به علت جانشینی آب تبخیر شده از محصول باشد [۲۴]. در بخش انتهایی نمودارهای جذب روغن محتوی روغن جذب شده در طی زمان در دماهای بالا معنی دار نبود که علت آن طبق بیان دوران و همکاران

آب، کاهش یافت و با افزایش زمان سرخ کردن نرخ کاهش آب محدود گردید [۲۷]

است با افزایش دمای سرخ کردن ثابت سینتیک کاهش رطوبت افزایش یافت که نشان دهنده سرعت خروج رطوبت بیشتر از محصول در دمای بالا نسبت به دماهای پایین تر بود. محبی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که، محتوی رطوبت نهایی محصول با افزایش دمای فرایند سرخ کردن بدلیل خروج سریع تر جزء جرمی

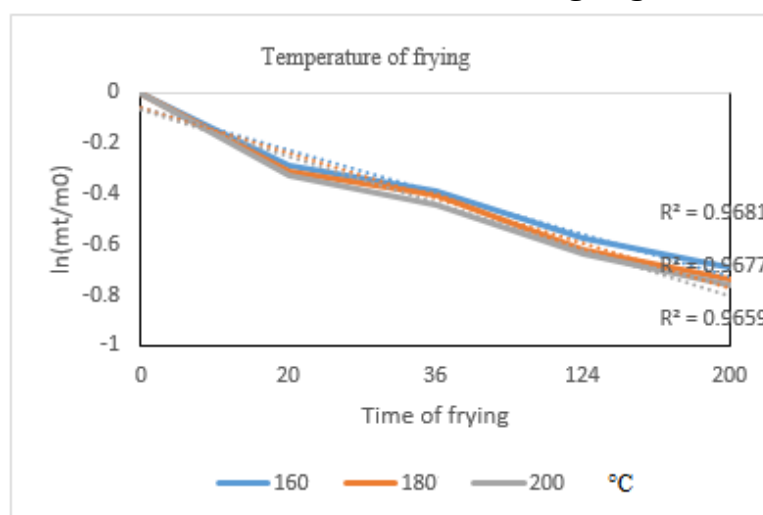


Figure 8. Linear fitting of a natural logarithmic moisture transfer model (from the beginning of the process)

جذب کردند [۱۰]، همچنین دوران و همکاران مشاهده کردند که در طول سرخ کردن سیب زمینی در ۱۸۰ درجه سلیسیوستنها ۳۸٪ از محتوای روغن در سیب زمینی نفوذ کرده بود و ۶۲٪ در سطح باقیمانده، که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشتند [۲۶]. تغییرات ثابت سینتیک جذب روغن با زیاد شدن دمای روغن، افزایش ناچیزی نشان داد.

نمودار ۹، برازش مدل سینتیکی جذب روغن را نشان می دهد. با توجه به جدول (۱) ثابت سینتیک جذب روغن با افزایش دمای سرخ کردن نسبتاً زیاد شد. از طرفی میزان مجموع اطلاعات حاصل از برازش منحنی، کاهش جذب روغن در دماهای بالا را تایید کرد. این نتایج با نتایج کیتا و همکاران مطابقت داشت آنها مشاهده کردند که در دماهای بالاتر چپس های سیب زمینی روغن کمتری

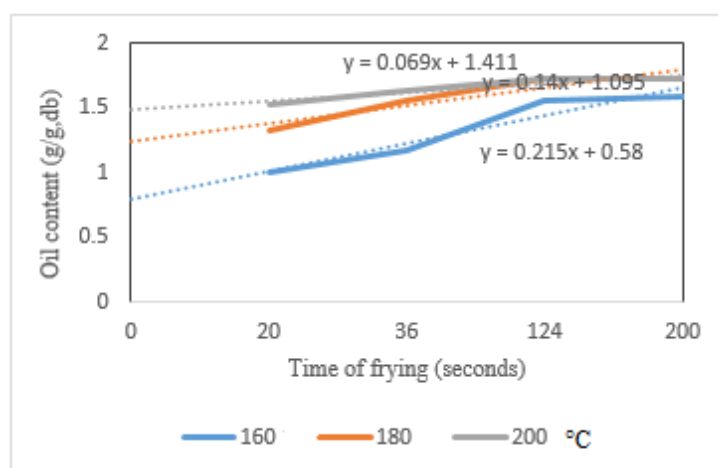


Figure 9. Linear fit of a kinetic model of oil absorption

Table1- Fitting information of oil adsorption kinetic model

Oil Temperature (°C)	Equilibrium Oil Content O_{eq} (g/g, db)	Oil Uptake Rate Constant K_0 (1/s)
160	1.59	0.024667
180	1.73	0.026771
200	1.73	0.045643

۶-۴- ضریب انتقال حرارت جابجایی

ضریب انتقال حرارت از مهم ترین پارامترها برای حفظ کیفیت محصول سرخ شده می باشد. ضریب انتقال حرارت طی فاز جوشش نقش بحرانی در تشکیل خصوصیات حسی محصول، تحریک قهوه ای شدن (واکنش مایلارد) و واکنش های کاراملیزه شدن که موجب پخش شدن کامل عطر و طعم، رنگ و بافت ماده غذایی می شوند، دارد. کیفیت پوسته تشکیل شده، در طی فاز جوشش عامل بسیار مهمی در نرخ انتقال حرارت و بافت مطلوب محصول می باشد. بعلاوه جریان های حرارتی در طول ماده غذایی نیازمند در نظر گرفتن شرایط مرزی برای معادلات انتقال حرارت با استفاده ضریب انتقال حرارت جابجایی می باشد. بنابراین اندازه گیری ضریب انتقال حرارت نقش مهمی در فهم پیچیدگی های فرایند سرخ کردن دارد [۲۸] همانگونه که از نمودار ۱۰ هم مشخص است ضریب انتقال حرارت جابجایی در زمان های اولیه فرایند بیشتر بوده و با سپری شدن زمان سرخ کردن این عدد نیز کاهش یافت. بیشترین مقدار h مربوط به ثانیه بیستم در دمای سرخ کردن ۲۰۰

درجه سیلسیوس می باشد. مقادیر ضریب انتقال حرارت بدست آمده در سرخ کردن وابستگی خطی به نرخ کاهش آب محصول دارد و میزان حداکثر آن همزمان با رسیدن به حداکثر نرخ تبخیر آب و تلاطم روغن مشاهده می شود. پس از خشک شدن سطحی محصول در دماهای مختلف و کاهش تلاطم با وجود افزایش دمای سطحی محصول به سمت دمای روغن، تقریباً میزان ضریب انتقال حرارت ثابتی بدست می آید که نشان دهنده وابستگی شدید این فاکتور به وجود حرکت حجمی یا آشفتگی جریان در محیط حرارتی است. با کاهش دما و زمان سرخ کردن مقدار h کاهش می یابد. ضریب انتقال حرارت جابجایی با آغاز فرایند و تبخیر آب محصول و ایجاد تلاطم به حداکثر خود رسیده و سپس با کاهش نرخ جوشش و کاهش تلاطم بستر کاهش می یابد. این ضریب برای دماهای مختلف روغن بطور تقریباً همزمان به میزان حداکثری خود رسید که این امر نشان دهنده وابستگی این فاکتور به تلاطم روغن و فاز تبخیر دارد. در دماهای بالا به دلیل نرخ خروج رطوبت بیشتر و تلاطم زیاد حاصل از دمای بیشتر بستر، میزان ضریب انتقال حرارت بیشینه بیشتر است [۲۹].

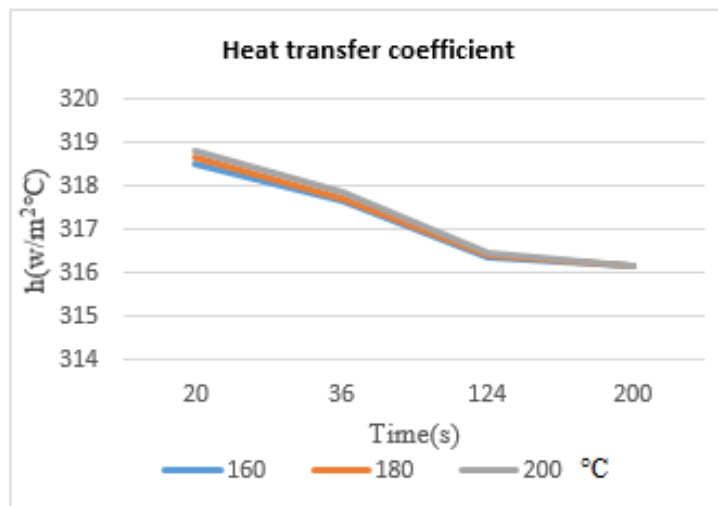


Figure 10: Changes in convective heat transfer coefficient of displacement over time

مشخص می‌شود: اول اینکه دمای این ناحیه بالاتر از نقطه جوش مایع حاضر در ماده غذایی است و دوم اینکه غلظت آب مایع در آن ناچیز است [۳۱]. همانطور که هدایت حرارتی در پوسته کاهش می‌یابد این امر بر روی انتقال حرارت و جرم تاثیر گذاشته و نرخ آبردائی کاهش می‌یابد. سرعت انتقال حرارت به اختلاف درجه حرارت بین ماده غذایی و سیال حرارت داده شده و ضریب هدایت حرارت سطحی بستگی دارد [۳۲]. روش‌های گزارش‌شده در مقالات برای اندازه‌گیری ضریب انتقال حرارت در طی سرخ کردن غوطه وری دارای محدودیت‌هایی است. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به عدم وجود روش‌های استاندارد برای اندازه‌گیری، در نظر نگرفتن انتقال حرارت در اغلب موارد، عدم توجه به اثرات تجمع محصولات و عدم یکنواختی در تخمین و گزارش خطاهای اندازه‌گیری اشاره کرد [۹]. ساهین و همکاران با بررسی ضریب انتقال حرارت جابه جایی طی سرخ کردن سیب زمینی مشاهده کردند که h با افزایش دمای روغن زیاد می‌شود. بعد از تشکیل پوسته با کاهش نرخ تبخیر که عامل ایجاد تلاطم در روغن است، از ضریب انتقال جابه‌جایی نیز کاسته می‌شود. همچنین با حرکت حباب‌های حاصل از بخار آب به سمت سطح بالایی روغن ضریب انتقال حرارت جابجایی در سطح بالایی کمتر از سطح پایینی است که به علت تاثیر عایق حباب‌های بخار آب در سطح بالایی می‌باشد [۳۳]. فارکاس و هوبارت انتقال

در کنترل دو مرحله ای فرایند سرخ کردن، اولین مرحله کنترل نرخ گرمادهی است به مواد خام و روغن است که در بهینه سازی و کنترل بهرووری فرایند در مرحله دوم اهمیت زیادی دارد [۱۴]. در فرایند سرخ کردن حرارت از محیط حرارتی (روغن) با انتقال حرارت جابه جایی به سطح ماده غذایی منتقل شده و سپس به وسیله انتقال حرارت هدایتی به داخل ماده غذایی وارد می‌شود. آب دارای چندین نقش در انتقال حرارت به داخل غذا و پخت آن طی فرایند سرخ کردن است. اولین نقش آب گرفتن انرژی حرارتی از روغن داغی است که غذا را احاطه کرده است. این عمل با خارج کردن انرژی در سطح غذا، از سوختن غذا به دلیل آب زدایی (هیدراتاسیون) بیش از حد جلوگیری می‌کند. بنابراین اگرچه درجه حرارت روغن ممکن است به ۱۸۰ درجه سلسیوس برسد ولی درجه حرارت غذا فقط در حد ۱۰۰ درجه سلسیوس است، که مطابق با نقطه جوش آب در ماده غذایی تحت فشار اتمسفری می‌باشد و گرمای اضافی صرف تغییر فاز آب از مایع به بخار می‌شود [۲۵] در واقع سرخ کردن شامل چهار مرحله حرارت دهی اولیه (انتقال حرارت جابه جایی طبیعی و عدم تبخیر)، جوشش سطحی (تشکیل پوسته و انتقال حرارت جابه جایی اجباری)، مرحله نرخ کاهشی (افزایش ضخامت پوسته، طولانی ترین مرحله) و نقطه پایان حباب می‌باشد [۳۰]. ناحیه پوسته که ضخامت آن در طی سرخ کردن افزایش می‌یابد با دو معیار

حرارت در سرخ کردن را به عنوان روشی سریع برای خشک کردن مواد غذایی بررسی کردند. نتایج نشان داد که سیستم پیچیده ای از انتقال حرارت جابه جایی طبیعی و جابه جایی اجباری علاوه بر شرایط جوشش در سرخ کردن وجود دارد. ضریب انتقال حرارت جابجایی بین ۳۰۰ تا ۱۱۰۰ وات بر متر مربع درجه سانتی گراد محاسبه شد و تا حد زیادی به حرکت حجمی به و تلاطم روغن بستگی داشت. جریان حرارتی با افزایش میزان تجزیه شدن روغن افزایش یافت که به دلیل کاهش اندازه و افزایش تعداد حبابها بود که ناشی از تغییرات خصوصیات بین سطحی روغن می باشد. با افزایش ضخامت پوسته همزمان یک مانع انتقال حرارت میان سطح روغن و غذا بوجود آمد که باعث کاهش نرخ انتقال حرارت و بدنبال آن کاهش تشکیل بخار و کاهش آشفتگی جریان روغن شد [۳۴]. یلدیز و همکاران (۲۰۰۷) ضریب انتقال جابه جایی را با استفاده از معادله بخش خطی منحنی لگاریتم طبیعی دما و رطوبت بدون بعد در برابر زمان تخمین زدند. روش مورد استفاده آنها بر اساس اندازه گیری دما طی زمان در سیب زمینی بود و نیازی به دانستن محل ترموکوپل نبود و این امر پتانسیل ایجاد خطا را در آزمایش کاهش داد. نتایج نشان داد که ضریب انتقال حرارت با افزایش دمای روغن کاهش یافت. میزان ضریب انتقال حرارت برآورد شده در این شرایط به ترتیب برای دمای روغن ۱۵۰-۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سلسیوس برابر ۱۵+۲۸۷-۸ و ۲۲۷-۲۷+۷ وات بر متر مربع درجه سلسیوس بود. افزایش نرخ خروج رطوبت در دمای بالای سرخ کردن موجب صرف انرژی بیشتر برای تبخیر شده و در نتیجه کاهش انرژی در دسترس برای افزایش انرژی داخلی و ایجاد تغییرات دمایی محسوس در ماده غذایی شد و ضریب انتقال حرارت موثر کاهش یافت که نتیجه آن با این پژوهش منطبق نبود [۱۸]. برطبق نتایج کوستا و همکاران در حین سرخ کردن، جوشش هسته ای^۳ مشاهده شد. یعنی بخار آب به شکل حباب در سطوح

مختلف نمونه سیب زمینی تشکیل شده و به سمت قسمت بالایی بستر روغن حرکت کرده است. حرکت حبابهای بخار بعد از تشکیل در سطح، تاثیر زیادی بر تلاطم و آشفتگی جریان روغن دارد. حباب های خروجی از سطوح پایین به هم متصل و حباب های برگتری را در سطح تشکیل می دهند که این امر می تواند به عنوان مقاومتی در برابر انتقال حرارت عمل کند و پیش بینی شد که ضریب انتقال حرارت سطح پایینی محصول از بالایی کمتر باشد. نتایج حاصل از این تخمین افزایش ضریب انتقال حرارت جابه جایی را با افزایش نرخ کاهش آب در ۵۰ تا ۶۰ ثانیه ابتدائی فرایند نشان می دهد که مشابه مشاهده حاصل از این تحقیق می باشد [۲۱]. مطابق گزارش فارکاس و هوبارهمچنان که جوشش سطحی موجب خروج آب به صورت بخار می شود، متلاطم شدن روغن موجب افزایش ضریب انتقال حرارت جابه جایی و رسیدن آن به میزان حداکثری خود می باشد. حداکثر نرخ خشک شدن محصول و پایین آمدن ضریب انتقال جابه جایی هر دو تقریباً ۶۰ ثانیه پس از شروع فرایند اتفاق افتاد. افزایش ضخامت پوسته در این زمان موجب ایجاد یک مانع انتقال حرارت در حد واسط روغن و غذا و حد واسط تبخیر شده که به صورت یک لایه عایق عمل می کند [۳۴]. بایک و میتا نیز بیان کردند که با رسیدن دمای سطح محصول به حدود ۱۰۰ درجه سلسیوس در مدت زمان کوتاهی آب به دلیل دمای بالای روغن از سطح محصول خارج شده و تلاطم شدید با تولید حباب ایجاد شد [۲۲].

۵- نتیجه گیری :

در این پژوهش تاثیر متغیرهای زمان و دما، بر ویژگیهای کیفی بادمجان سرخ شده تحت شرایط فرآیند عمیق سرخ کردن مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل از بررسی شبیه سازی محتوای روغن و محتوای رطوبت

جایجایی در زمان‌های اولیه فرآیند بیشتر بوده و با سپری شدن زمان سرخ کردن این عدد نیز کاهش میابد. بیشترین مقدار h مربوط به ثانیه بیستم در دمای سرخ کردن ۲۰۰ درجه سلسیوس می‌باشد. بیشترین جذب روغن در زمانهای ابتدایی فرایند است، بنابراین دمای بالا با افزایش شدت تبخیر و کاهش زمان فرایند میتواند در کاهش روغن نهایی محصول طی سرخ کردن در شرایط اتمسفری مؤثر باشد.

بادمجان سرخ‌شده به صورت عمیق به طور خلاصه بدین شرح است:

با افزایش زمان سرخ کردن میزان رطوبت کاهش یافت که در نتیجه آن جذب روغن افزایش پیدا کرد. نتیجتاً با استفاده از زمان‌ها و دماهای کمتر سرخ کردن می‌توان از خروج رطوبت جلوگیری کرد و نهایتاً میزان جذب روغن نمونه‌ها را کاهش داد. با توجه به نتایج ضریب انتقال حرارت

۶- منابع

- [1] FAO. 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [2] Hui, Y.H. 2006. Handbook of food science, technology, and engineering. vol.4. CRC press.
- [3] Gürbüz, N., Uluişik, S., Frary, A., Fray, A., & Doğanlar, S. 2018. Health benefits and bioactive compounds of eggplant. *Food Chemistry*, 268, 602–610.
- [4] Dueik, V., Robert, P., & Bouchon, P. 2010. Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. *Food Chemistry*, 119(3), 1143–1149.
- [5] Mestdagh, F., Wilde, T.D., Fraselle, S., Govaert, Y., Ooghe, W., Degroodt, J.M. Verhe, R., Peteghem, C.V., & Meulenaer, B.D. 2008. Optimization of the blanching process to reduce acrylamide in fried potatoes. *LWT-Food Science and Technology*, 41 (9), 1648–1654.
- [6] Juárez, I., Zocco, C., Mouro, V., Cid, C., & De Peña, MP. 2016. Effect of frying process on furan content in foods and assessment of furan exposure of Spanish population. *LWT-Food Science and Technology*, 68, 549–55.
- [7] Datta, A.K. 2007. Porous media approaches to studying simultaneous heat and mass transfer in food processes. I: Problem formulations. *Journal of Food Engineering*, 80 (1), 80–95.
- [8] Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B., & Marinos-Kouris, D. 2001. Effect of osmotic dehydration pretreatment on quality of french fries. *Journal of Food Engineering*, 49 (4), 339–345.
- [9] Alvis, A., Vélez, C., Rada-Mendoza, M., Villamiel, M., & Villada, H.S. Heat transfer coefficient during deep-fat frying. *Food Control*, 20 (4), 321–325.
- [10] Kita, A., Lisińska, G., & Gołubowska, G. 2007. The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato crisps. *Food Chemistry*, 102 (1), 1–5.
- [11] Mottram, D.S., Wedzicha, B.L., & Dodson AT. 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419, 448–449.
- [12] Mellema, M. 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science & Technology*, 14 (9), 364–373.
- [13] Zyzak, D.V., Sanders, R.A., Stojanovic, M., Tallmadge, D.H., Eberhart, B.L., Ewald, D.K., Gruber, D.C., Morsch, T.R., Strothers, M.A., Rizzi, G.P. & Villagran, M.D. 2003. Acrylamide formation mechanism in heated foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (16), 4782–4787.
- [14] Rywotycki, R. 2003. Food frying process control system. *Journal of Food Engineering*, 59 (4), 339–342.
- [15] Trystram, G. 2012. Modelling of food and food processes. *Journal of Food Engineering*, 110 (2), 269–277.
- [16] Sahin, S., Sastry, S.K., & Bayindirli, L. 1999. The determination of convective heat transfer coefficient during frying. *Journal of Food Engineering*, 39 (3), 307–311.
- [17] Sabbaghi, H., Ziaifar, A.M., Mahoonak, A.R.S, Kashaninejad, M., & Mirzaei, H. 2015. Estimation of convective heat transfer coefficient as function of the water loss rate during frying process. *Iranian Journal Food Science and Technology Research*, 11 (4), 473–484.
- [18] Yıldız, A., Palazoğlu, T.K., & Erdoğan, F. 2007. Determination of heat and mass transfer parameters during frying of potato slices. *Journal of Food Engineering*, 79 (1), 11–17.

- [19] Beyki, H., & Hamdami, N. 2014. Kinetic of Oil Uptake, Water Loss and Texture Changes During Frying of Potato Strips. *Journal of Food Research (UNIVERSITY OF TABRIZ)*, 23 (4), 471-481.
- [20] AOAC. 1995, Official methods of analysis Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists n.d.
- [21] Costa, R., & Oliveira, F. 1999. Modelling the kinetics of water loss during potato frying with a compartmental dynamic model. *Journal of Food Engineering*, 41 (3-4), 177-185.
- [22] Baik, O.D., & Mittal, G.S. 2005. Heat and moisture transfer and shrinkage simulation of deep-fat tofu frying. *Food Research International*, 38 (2), 183-191.
- [23] Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B., & Marinou-Kouris, D. 2001. Effect of pre-drying on quality of French fries. *Journal of Food Engineering*, 49 (4), 347-354.
- [24] Romani, S., Bacchiocca, M., Rocculi, P., & Dalla Rosa, M. 2008. Effect of frying time on acrylamide content and quality aspects of French fries. *European Food Research and Technology*, 226, 555-560.
- [25] Farkas, B.E., Singh, R.P., & Rumsey, T.R. 1996. Modeling heat and mass transfer in immersion frying. I, model development. *Journal of Food Engineering*, 29 (2), 211-226.
- [26] Durán, M., Pedreschi, F., Moyano, P., & Troncoso, E. 2007. Oil partition in pre-treated potato slices during frying and cooling. *Journal of Food Engineering*, 81 (1), 257-265.
- [27] Mohebbi, M., Fathi, M., & Shahidi, F. 2011. Genetic algorithm-artificial neural network modeling of moisture and oil content of pretreated fried mushroom. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 603-609.
- [28] Sabbaghi, H., Ziaiiifar, A.M., & Kashaninejad, M. 2017. Analysis of heat and mass transfer during frying process of potato strips. *Iranian Journal Food Science and Technology Research*, 13 (2), 379-392.
- [29] Lioumbas, J.S., Kostoglou, M., & Karapantsios, T.D. 2012. On the capacity of a crust-core model to describe potato deep-fat frying. *Food Research International*, 46 (1), 185-193.
- [30] Farkas, B.E., Singh, R.P., & Rumsey, T.R. 1996. Modeling heat and mass transfer in immersion frying. II, model solution and verification. *Journal of Food Engineering*, 29 (2), 227-248.
- [31] Ziaiiifar, A.M., Courtois, F., & Trystram, G. 2010. Porosity development and its effect on oil uptake during the frying process. *Journal of Food Process Engineering*, 33 (2), 191-212.
- [32] Moreira, R.G., Castell-Pérez, M.E., & Barrufet, M.A. 1999. Deep-Fat Frying: Fundamentals and Applications. An Aspen Publication. Inc Gaithersburg, Maryland.
- [33] Sahin, S., Sastry, S.K., & Bayindirli, L. 1999. Heat transfer during frying of potato slices. *LWT - Food Science and Technology*, 32 (1), 19-24.
- [34] Hubbard, L.J., & Farkas, B.E. 1999. Method for determining the convective heat transfer coefficient during immersion frying. *Journal of Food Process Engineering*, 22 (3), 201-214.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Simulation of moisture loss and oil absorption during batch deep frying of egg plants

Masoud khodabandeh¹, Narmela Asefi^{2*}, Armaghan Salem³

- 1- Graduate, in Department of Food Science and Technology, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran..
- 2- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
- 3- Ph.D. in Department of Food Science and Technology, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2022/1/12 Accepted:2023/7/31 Keywords: eggplant, deep frying, oil content, moisture content, Heat transfer coefficient. DOI: 10.22034/FSCT.22.163.16. *Corresponding Author E- narmela@iau.ac.ir.	Eggplant has a short shelf life due to its high moisture content and softening of the tissue during storage. Therefore, it is necessary to use appropriate methods for processing to increase storage time and maintain its nutritional value. In fact, understanding the heat and mass transfer during frying can be useful for optimizing and controlling the process as much as possible. In this study, the effect of frying at 160, 180, and 200 °C for 20, 36, 124, and 200 seconds on moisture content, oil content, moisture, and oil transfer kinetics and estimation of convective heat transfer coefficient was analyzed. The results showed that the samples fried at 160 °C for 124 seconds had the lowest oil absorption. It was also found that as the temperature and frying time decreased, the oil content of the samples also decreased. In addition, the experimental models fit the experimental data well. In addition, the results showed that the sample fried for 200 seconds at 200 °C had the lowest moisture content ratio. It is known increasing the frying temperature of the synthetic constant also increases the decrease in humidity, which indicates that the rate of moisture exit of the product was higher at high temperatures than at lower temperatures. Also, increasing the frying time and temperature reduced the moisture content of the samples. The convective heat transfer coefficient is higher in the early times of the process and decreases with time as the frying time elapses. The maximum value of h was related to the twentieth seconds at a frying temperature of 200 °C.



خواص فیزیکوشیمیایی و عملکردی پلی ساکاریدهای صمغ-رزین مقل

سعیده روستایی^۱، هاجر شکرچی زاده^{۲*}، میلاد فتحی^۲

^{۱*} - کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

^۲ - دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

چکیده

اطلاعات مقاله

مقل یک اولئو صمغ رزینی است که در اثر خراش پوست گیاه *Commiphora wightii* ترشح می شود. هدف از این تحقیق بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و عملکردی صمغ گیاه مقل می باشد. خصوصیات عملکردی و فیزیکوشیمیایی صمغ مقل مثل میزان پروتئین، کربوهیدرات کل، رنگ، ویسکوزیته محلول، پتانسیل زتا، حلالیت، ظرفیت جذب آب، ظرفیت جذب روغن، خصوصیت کف کنندگی و امولسیون کنندگی صمغ بررسی شد. ساختار شیمیایی صمغ به روش های طیفسنجی مادون قرمز، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا و رزونانس مغناطیس هسته ای تک بعدی آنالیز گردید. میزان پروتئین صمغ ۸/۱۵ درصد و میزان کربوهیدرات آن ۶۱/۰۹ درصد بدست آمد. بررسی ویسکوزیته محلول صمغ مقل، رفتار رقیق شونده با برش را نشان داد. صمغ استخراج شده دارای پتانسیل زتای ۲۶- میلی ولت بود. حلالیت صمغ در سه دمای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه سلسیوس بررسی شد. ظرفیت جذب آب نیز حدود ۳/۷۸ گرم آب در یک گرم صمغ محاسبه گردید. قابلیت تشکیل کف صمغ ۸۷/۰۳ درصد و پایداری کف آن ۶۵/۸۳ درصد اندازه گیری شد. میزان جذب روغن محاسبه شده برای صمغ مقل ۲/۳۳ گرم روغن در یک گرم صمغ بود. پس از بررسی ویژگی های امولسیون صمغ مقل مشاهده شد که این صمغ توانایی امولسیون کنندگی خوبی در غلظت های ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۳ و ۲ درصد دارد و همچنین از پایداری حرارتی و انجمادی تا حدود بالایی برخوردار است. آنالیزهای انجام شده بر روی خصوصیات ساختاری صمغ مقل وجود واحدهای قندی مانند آرابینوز، رامنوز، فروکتوز، گلوکورونیک اسید و گالاکتورونیک اسید را نشان می داد. وجود گروه هیدروکسیل در طیف FTIR مویید حضور گلوکورونیک اسید، گالاکتورونیک اسید، اسیدهای کربوکسیلیک، الکل قندها و گروه های گلایکوزیدی در پروفایل ترکیبات موجود در نمونه بود. ارزیابی پروفایل مونوساکاریدی با HPLC در نمونه صمغ بیانگر وجود گلوکز به عنوان یک هگزوز با حداکثر مقدار بود و پس از آن نیز مانوز و رامنوز قرار داشتند.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۲

کلمات کلیدی:

امولسیون،

توانایی تشکیل کف،

حلالیت،

خواص عملکردی

DOI: 10.22034/FSCT.22.163.31.

* مسئول مکاتبات:

shekarchizadeh@iut.ac.ir

۱- مقدمه

در ایران منابع هیدروکلوییدی زیادی وجود دارد که سال ها به صورت سنتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. دانه شاه‌ی، ریحان، بالنگو شیرازی و دانه مرو از جمله دانه های بومی کشورمان هستند که علاوه بر خواص درمانی دارای مقادیر بالای صمغ نیز هستند. ارزان‌ترین هیدروکلویدها صمغ‌های ترش‌گی گیاهی هستند، زیرا نیاز به فرآوری کمتری دارند [۱]. ایمن و سالم بودن صمغ‌های گیاهی، ارزش غذایی و دارویی این صمغ‌ها و سهولت در تولید موجب تشویق به شناسایی بیشتر این هیدروکلویدها می‌شود. بخشی زیادی از صمغ‌های مصرفی در صنعت غذا به صورت وارداتی می‌باشند که هزینه ی زیادی بر تولید کنندگان تحمیل می‌نماید. بنابراین می‌توان با بررسی و شناسایی خصوصیات هیدروکلویدهای جدید تا حدودی خروج ارز از کشور را کاهش داد. در ایران به علت منابع گیاهی فراوان، ترکیبات پلی ساکاریدی فراوانی یافت می‌شود که به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی، ضرورت بررسی فرآیند استخراج، تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی و عملکردی آن‌ها احساس می‌گردد [۲].

گیاه *Commiphora mukul* از راسته *Bursaceae* و از خانواده *Balsamodendron mukul* می‌باشد که صمغ مقل یا گاگول با نام علمی *Commiphora wightii* از آن قابل استخراج است. این صمغ دارای ارزش اقتصادی گسترده و طیف وسیعی از کاربردهای دارویی می‌باشد. گیاه آن بوته‌ای، دو پایه و با شاخه‌های بسیار منشعب و گره‌دار است که به صورت ماریپیچ بالا رونده همراه با خارهای تیز رشد می‌کند، با واکس پوشیده شده و در بخش‌های جوان به صورت غده مانند در آمده‌اند. این گیاه چند ساله ی بسیار منشعب است که در مناطق خشک، نیمه خشک و صخره ای با بارندگی اندک رشد می‌کند. این گیاه کند رشد، با فاز خواب طولانی و طبیعت خزان دار است. بطور معمول ۱۰ سال طول می‌کشد تا گیاه به بلوغ

برسد. این گیاه به دلیل تولید صمغ-رزین دارویی مهم خود به عنوان منبع گاگول استرون بسیار ارزشمند است. این صمغ -رزین چرب و غلیظ بوده و به تنهایی یا با اثر بخشیدن بر عملکرد سایر گیاهان دارویی برای درمان برخی از بیماری‌ها به کار می‌رود [۳].

در شرایط آب و هوایی خشک شاخه‌ها در طول زمستان برای ترشح و سپس استخراج اولئوصمغ-رزین بریده می‌شوند. مقل یک اولئو صمغ-رزینی است که در اثر خراش پوست گیاه در بخش‌های ساقه و شاخه‌های درخت به وسیله ی چاقو ترشح می‌شود. صمغ زرد رنگی از مجاری ایجاد شده خارج شده که اجازه داده می‌شود تا قبل از جمع آوری خشک و سفت گردد. از یک درختچه حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم صمغ خشک در هر فصل جمع آوری می‌گردد. مقل به صورت تکه‌های زرد رنگ تا قهوه‌ای با بوی معطر تلخ و طمع گس است که تازه آن زرد و چسبناک است. بازده صمغ مقل به عوامل زیادی از جمله سن درختان در همان مناطق، تعداد درخت و شرایط آب و هوایی منطقه بستگی دارد [۴].

مقل اولین بار توسط محقق و پزشکی هندی به نام جی وی ساتیاواتی در سال ۱۹۶۶ به دنیای علمی معرفی شد. در اواسط دهه ۱۹۹۰، مقل به عنوان یک داروی کاهش دهنده چربی خون وارد دنیای غرب شد. این ماده به کاهش سطح کلسترول از طریق کاهش LDL و افزایش HDL کمک می‌کند و در نهایت منجر به تشکیل یک نسبت بسیار مناسب از LDL به HDL می‌شود و به همین علت از نظر دارویی یک گیاه بسیار ارزشمند است. مقل توانایی تحریک فعالیت غده تیروئید و افزایش سوخت و ساز بدن را نیز به همراه دارد. مقل تراوش شده مخلوط پیچیده‌ای از استروئیدها، دی ترپنوئیدها، استرهای آلیفاتیک، کربوهیدرات‌ها و انواع مختلف یون‌های معدنی می‌باشد. اما ترکیبات فعال اصلی این صمغ، مقل استرون و مقل استرول می‌باشند. بررسی ویژگی‌های این صمغ فرصت‌های بیشتری را برای استفاده ی بیشتر و بهتر از این گیاه با ارزش فراهم می‌

سلسیوس خشک گردید. پودر صمغ به دست آمده در ظرف درب بسته و درون یخچال نگهداری گردید.

۳-۲- اندازه گیری خواص فیزیکی صمغ مقل

۳-۱-۲- رنگ

جهت تعیین رنگ صمغ پودری از دستگاه رنگ سنج (DENS HOKU Nippon مدل ZE6000، ژاپن) استفاده شد و فاکتورهای L^* , a^* , b^* قرائت شد [۷].

۳-۲-۲- اندازه گیری ویسکوزیته

برای اندازه گیری ویسکوزیته از اسپیندل شماره ۱۸ ویسکومتر بروکفیلد استفاده شد. ویسکوزیته محلول های صمغ در دو غلظت ۵ و ۱۰ درصد مورد بررسی قرار گرفت [۸].

۳-۳-۲- اندازه گیری پتانسیل زتا

برای اندازه گیری میزان پتانسیل زتای صمغ مقل، ابتدا دیسپرسیون ۵ درصد صمغ در اتانول ۹۶ درصد تهیه و به مدت چند دقیقه در حمام اولتراسونیک قرار داده شد. سپس با استفاده از دستگاه اندازه گیری پتانسیل زتا (ZEN3600, Horiba, آلمان)، پتانسیل زتای صمغ در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و ولتاژ ۳/۸ ولت اندازه گیری شد [۹].

۴-۲- اندازه گیری خواص شیمیایی صمغ مقل

۴-۱-۲- تعیین ترکیبات شیمیایی

محتوای کل رطوبت صمغ مقل به روش آون گذاری، خاکستر به روش کوره گذاری، پروتئین به روش کلدال و چربی به روش سوکسله با استفاده از حلال پترولیوم اتر با استفاده از روش مصوب AOAC تعیین شد [۷].

۴-۲-۲- اندازه گیری میزان کربوهیدرات کل

برای اندازه گیری میزان کربوهیدرات کل از تست فنول - سولفوریک اسید استفاده شد. برای این منظور محلول ppm ۱۰۰ از نمونه تهیه شد. سپس محلول استاندارد گلوکز با غلظت های (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰) تهیه گردید. به یک

کند [۵]. وانی و همکاران (۲۰۱۶) بر روی فعالیت آنتی اکسیدانی و ضد باکتریایی صمغ مقل تحقیقاتی انجام داده اند و نشان دادند که این صمغ منبع مناسب آنتی اکسیدان طبیعی بوده و فعالیت ضدباکتریایی خوبی را نیز از خود نشان داده است و قابلیت استفاده در صنایع داروسازی و صنایع غذایی را دارد [۶].

صمغ مقل صمغی بومی است که با وجود خواص دارویی بسیار زیاد خود هنوز تحقیقات علمی در مورد شناسایی ویژگی های ساختاری، خواص فیزیکوشیمیایی و عملکردی آن صورت نگرفته است. هدف از این تحقیق استخراج و بررسی ساختار شیمیایی، ویژگی های فیزیکی و عملکردی صمغ مقل است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد مورد استفاده

صمغ-رزین مقل از یکی از عطاری های اصفهان تهیه شد. اتانول ۹۶٪ از شرکت نصر خریداری شد. سولفوریک اسید غلیظ (۹۸٪)، پترولیوم اتر، فنول، ۲ و ۲ دی فنیل پیکریل هیدرازین (DPPH)، نیتریک اسید، گلوکز و هیدروکلریدریک اسید از شرکت مرک تهیه شد.

۲-۲- استخراج صمغ مقل

ابتدا صمغ -رزین مقل خریداری شده آسیاب و با اتانول به نسبت ۳۰ برابر وزن آن مخلوط شد. سپس با استفاده از سوکسله به مدت ۶ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس رفلاکس شد تا رزین و سایر ناخالصی های محلول در الکل حذف شوند. پس از آن نمونه با استفاده از پارچه نازک صاف و به منظور حذف الکل در دمای محیط خشک شد. در مرحله ی استخراج آبی، ۱۰ برابر وزن پودر خشک شده آب اضافه و به مدت ۵ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس حرارت داده شد. پس از آن با استفاده از فیلتر پارچه ای ترکیبات نامحلول در آب جدا و سپس محلول از کاغذ صافی عبور داده شد و در نهایت در آون با دمای ۱۰۵ درجه

طیف سنجی نشر اتمی (ICP) (مدل Optima 7300DV ساخت شرکت Perkin Elmer کشور آمریکا) تعیین شد [۱۲].

۲-۵-اندازه گیری خواص عملکردی صمغ مقل

۲-۵-۱-اندازه گیری حلالیت

برای اندازه گیری حلالیت صمغ مقل، ابتدا ۹۰ میلی لیتر محلول ۱٪ وزنی - حجمی از صمغ آماده و به منظور هیدراته شدن کامل ذرات صمغ به مدت ۲۴ ساعت درون یخچال نگهداری شد. محلول حاصل به سه قسمت مساوی تقسیم و هریک از این قسمت‌ها به طور جداگانه به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دماهای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و به طور یکنواخت هم زده شدند. در مرحله‌ی بعد محلول‌ها در ۱۰۰۰۰ × g به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شدند. پس از آن کل محلول رویی از هر نمونه در ظروف شیشه‌ای توزین شده، ریخته شد و تا رسیدن به وزن ثابت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس حرارت داده شد. با استفاده از رابطه ۲ حلالیت صمغ در دماهای مورد نظر محاسبه شد [۱۳].

$$\text{حلالیت (\%)} = \frac{(\text{وزن نمونه اولیه} - \text{وزن محلول رویی خشک شده})}{\text{وزن اولیه}} \times \text{رابطه ۲}$$

100

۲-۵-۲-اندازه گیری ظرفیت جذب آب

به منظور اندازه گیری ظرفیت جذب آب صمغ مقل، ۰/۵ گرم از پودر نمونه همراه با ۱۰ میلی لیتر آب مقطر درون فالکون از قبل توزین شده ریخته و مخلوط گردید. پس از ۱۵ دقیقه جهت هیدراته شدن، در مرحله‌ی بعد در ۸۹۶ × g به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد. در نهایت مایع شفاف بالایی دور ریخته و رسوب حاصل توزین شد. ظرفیت جذب آب نمونه صمغ از رابطه ۳ بدست آمد [۱۴].

$$\text{رابطه ۳} = \frac{\text{وزن اولیه نمونه} - \text{وزن زل متورم}}{\text{وزن اولیه نمونه}} = \text{ظرفیت جذب آب (g/g)}$$

میلی لیتر از محلول نمونه آماده شده ابتدا ۵ میلی لیتر سولفوریک اسید غلیظ و سپس یک میلی لیتر فنول ۵ درصد اضافه و سپس ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. میزان جذب نمونه و محلول‌های استاندارد در طول موج ۴۸۵ نانومتر ثبت شد. میزان کربوهیدرات کل با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد [۱۰].

۲-۴-۳-بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی

برای بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه، ۰/۱ گرم صمغ پودر شده با ۵ میلی لیتر اتانول ۹۶ درصد مخلوط و به مدت ۳ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به شدت همزده شد. سپس در ۳۰۰۰ × g به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ انجام گرفت و مایع رویی حاصل برای اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی جدا شد. برای اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی از روش DPPH استفاده شد. ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره اتانولی نمونه به سرعت به یک میلی لیتر از محلول اتانولی ۰/۱ مولار DPPH اضافه و به شدت مخلوط شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق در مکان تاریک قرار گرفت و سپس جذب آن در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. همچنین جذب محلول اتانولی DPPH به عنوان شاهد در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد و با استفاده از رابطه ۱ فعالیت آنتی اکسیدانی تعیین گردید [۱۱].

$$\text{رابطه ۱} = \frac{(\text{نمونه شاهد} - \text{جذب شاهد})}{\text{جذب شاهد}} \times \text{فعالیت آنتی اکسیدانی (\%)} = 100$$

۲-۴-۴-تعیین عناصر معدنی

به منظور تعیین عناصر معدنی موجود در نمونه، ابتدا حدود ۳ گرم از پودر صمغ مقل در بوته چینی وزن شد و در کوره به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. سپس خاکستر به دست آمده از مرحله کوره گذاری در نیتریک اسید غلیظ حل و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب حرارت داده شد و پس از آن تا دمای ۲۵ درجه سلسیوس سرد و در نهایت فیلتر شد. میزان عناصر عصاره استخراج شده توسط دستگاه پلاسما جفت شده القایی-

۳-۵-۲- ظرفیت جذب روغن

مقدار ۰/۵ گرم صمغ مقل به همراه ۱۰ میلی لیتر روغن تصفیه شده آفتابگردان مخلوط و به مدت یک دقیقه همزده شد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری و پس از آن به مدت ۵ دقیقه در $896 \times g$ سانتریفوژ شد. پس از خارج کردن محلول روپی و توزین نمونه باقی مانده در انتهای فالدون با وزن معلوم با استفاده از رابطه ۴ ظرفیت جذب روغن محاسبه شد [۱۵].

$$\text{رابطه ۴} \quad \text{ظرفیت جذب روغن (g/g)} = \frac{\text{وزن اولیه نمونه - وزن زل متورم}}{\text{وزن اولیه نمونه}}$$

۴-۵-۲- قابلیت تشکیل کف و پایداری کف

برای ارزیابی قدرت کف کنندگی و پایداری کف در ابتدا محلول های ۱، ۲ و ۴ درصد صمغ مقل تهیه شدند. سپس توسط هموژنایزر به مدت دو دقیقه در $8064 \times g$ در دمای اتاق هموژن شدند. در نهایت هر یک از محلول ها به استوانه مدرج منتقل شده و حجم کف حاضر در سطح بالایی مایع درون استوانه مدرج مشخص شد. درصد کف کنندگی با استفاده از رابطه ۵ و پایداری کف با رابطه ۶ محاسبه شد [۱۶].

$$\text{رابطه ۵} \quad \text{درصد کف کنندگی} = \frac{\text{حجم کف}}{\text{حجم اولیه نمونه}} \times 100$$

$$\text{رابطه ۶} \quad \text{درصد پایداری کف} = \frac{\text{حجم کف بعد از 15 دقیقه}}{\text{حجم کف اولیه}} \times 100$$

۲-۵-۵- بررسی ویژگیهای امولسیون کنندگی صمغ مقل

به منظور تهیه امولسیون، در ابتدا محلول صمغ مقل در غلظت های مختلف (۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۳٪) تهیه شد. برای اینکه ذرات صمغ کاملاً هیدراته شوند، محلول تهیه شده به مدت ۲۴ ساعت درون یخچال نگهداری شد. در ادامه امولسیون موردنظر با مخلوط کردن ۲۰٪ روغن آفتابگردان و ۸۰٪ محلول صمغ مقل تهیه شد. مخلوط فوق با استفاده از هموژنایزر به مدت ۵ دقیقه در $13500 \times g$ کاملاً هموژن گردید. امولسیون تهیه شده به منظور پخش ماکرومولکول ها و پایداری سطح بین روغن و آب به مدت ۲۴ ساعت درون

یخچال نگهداری شد. در ادامه ویژگی های امولسیون کنندگی محلول تهیه شده مورد بررسی قرار گرفت [۱۰].
برای تعیین فعالیت امولسیون ۱۵ میلی لیتر از امولسیون تهیه شده درون فالدون درجه بندی شده ریخته شد. فالدون ها درون سانتریفوژ قرار گرفته و به مدت ۵ دقیقه در $1300 \times g$ سانتریفوژ شدند. در ادامه برای اندازه گیری فعالیت امولسیون تمام حجم محلول و حجم فاز امولسیونی اندازه گیری شد و فعالیت امولسیونی طبق معادله ۷ محاسبه شد [۱۰].

$$\text{رابطه ۷} \quad \text{فعالیت امولسیونی (\%)} = \frac{\text{حجم فاز امولسیونی}}{\text{حجم محلول}} \times 100$$

برای اندازه گیری پایداری امولسیون نسبت به تنش دما، در ابتدا امولسیون تهیه شده به مدت ۳۰ دقیقه درون حمام آب گرم ۸۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. بلافاصله بعد از تیمار حرارتی امولسیون به مدت ۱۵ دقیقه درون حمام یخ قرار داده شد و در مرحله ی بعد امولسیون در $1300 \times g$ برای ۵ دقیقه سانتریفوژ شد. برای اندازه گیری پایداری امولسیون نسبت به تنش دما از معادله ۸ استفاده شد [۱۰].

$$\text{رابطه ۸} \quad \text{پایداری امولسیون نسبت به دما (\%)} = \frac{\text{حجم فاز امولسیونی باقیمانده}}{\text{حجم امولسیون اولیه}} \times 100$$

برای بررسی پایداری امولسیون در طول زمان، امولسیون های تهیه شده به مدت یک ماه درون یخچال نگهداری شدند و در بازه های زمانی معین پایداری امولسیون مورد بررسی قرار گرفت. برای اندازه گیری پایداری امولسیون طی زمان از رابطه ۹ استفاده شد [۱۰].

$$\text{رابطه ۹} \quad \text{پایداری امولسیون نسبت به زمان (\%)} = \frac{\text{حجم فاز امولسیونی باقیمانده}}{\text{حجم امولسیون اولیه}} \times 100$$

حجم فاز امولسیونی باقیمانده
حجم امولسیون اولیه

۶-۲- اندازه گیری خواص ساختاری صمغ مقل

۱-۶-۲- استفاده از طیف سنج مادون قرمز تبدیل فوری (FTIR)

طیف سنجی مادون قرمز برای تعیین ساختار شیمیایی مواد مختلف و شناسایی گروه های عاملی کاربرد دارد. برای تهیه طیف مادون قرمز، پودر صمغ مقل همراه با پودر پتاسیم برمید مخلوط و سپس فشرده شده تا به شکل یک قرص

نازک درآمد و در مرحله ی آخر طیف آن در محدوده عدد موج $4000-400 \text{ cm}^{-1}$ بررسی گردید [۸].

۲-۲-۲- آنالیز قندهای موجود در صمغ مقل با استفاده از HPLC

جهت تعیین قندهای موجود در ساختار صمغ مقل، ۰/۳ گرم از صمغ با ۳ میلی لیتر سولفوریک اسید ۹۸ درصد مخلوط، به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب ۳۰ درجه سلسیوس گذاشته شد و پس از آن به مدت ۲ ساعت در اتوکلاو قرار گرفت. سپس نمونه هیدرولیز شده فیلتر و در مرحله بعد خنثی شد. نمونه هیدرولیز شده به میزان ۲۵ میکرولیتر به دستگاه HPLC مجهز به ستون *Aminex* مدل *HPX-87H* شرکت *BIORAD* و آشکارساز UV-Vis با جریان ۰/۶ میلی لیتر در دقیقه تزریق شد و از آب به عنوان فاز متحرک استفاده گردید. در نهایت ترکیب قندها با مقایسه زمان خروج قندهای استاندارد از ستون به دست آمد [۱۰].

۳-۲-۲- طیف سنج رزونانس مغناطیس هسته ای

پودر صمغ مقل استخراج شده، قبل از آنالیز طیف سنجی رزونانس مغناطیس هسته به آرامی و به تدریج به دوتریم اکساید ۹۹/۵ درصد اضافه شد تا کاملاً حل شود. سپس طیف های C-NMR و H-NMR تک بعدی آن ثبت شد [۱۷].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- استخراج صمغ مقل

همانطور که در قسمت مواد و روشها شرح داده شد، ابتدا استخراج الکلی انجام شد. در مرحله استخراج الکلی ترکیباتی مانند رزین ها، الیگوساکاریدها و بخشی از ترکیبات رنگی در اتانول حل و حذف می شوند. پس از استخراج الکلی از صمغ-رزین مقل اولیه، پودری حاصل شد که $82/47 \pm 0/63$ درصد صمغ-رزین مقل اولیه بود. مابقی ترکیبات که در الکل حل شده بودند و عمدتاً رزین ها هستند، با حذف اتانول به صورت جامد چسبنده ای باقی ماند که $17/52 \pm 0/66$ درصد صمغ-رزین مقل اولیه بود. پس از مرحله استخراج آبی بر روی پودر حاصل از مرحله استخراج الکلی، صمغ مقل به

دست آمد که $32/89 \pm 4/61$ درصد از صمغ-رزین اولیه را تشکیل می داد.

۳-۲- خواص فیزیکی صمغ مقل

۳-۲-۱- رنگ

با بررسی نتایج حاصل از ارزیابی رنگ پودر صمغ مقل استخراجی، شاخص روشنایی (L^*) $48/66 \pm 4/03$ ، شاخص قرمزی (a^*) $0/24 \pm 0/04$ و شاخص زردی (b^*) $20/35 \pm 0/67$ حاصل شد. شاخص روشنایی در مورد صمغ مقل کمتر از صمغ عربی ($84/68$) بود یعنی اینکه میزان روشنی رنگ صمغ مقل کمتر بوده و نسبت به صمغ عربی رنگ تیره تری داشت [۱۸]. شاخص a^* نمایانگر میزان قرمزی و یا سبزی می باشد. صمغ مقل قرمزتر از صمغ عربی ($3/39$) بود [۱۸]. همچنین شاخص b^* زردی و یا آبی بودن را نشان می دهد. صمغ مقل زردتر از صمغ عربی ($11/62$) بود [۱۸]. طی تحقیقات جوکی و همکاران (2014) که روی موسیلاژ دانه به صورت گرفت، بیان شد که شرایط متفاوت استخراج همچون نسبت آب به دانه، زمان و دمای استخراج بر رنگ نهایی پودر موسیلاژ اثر قابل توجهی دارد [۲].

۳-۲-۲- ویسکوزیته محلول صمغ مقل

خصوصیات رئولوژیکی هیدروکلوئیدها هنگام کاربرد در فرآورده های غذایی به منظور تغییر یا بهبود خصوصیات بافتی مواد غذایی اهمیت خاصی دارد. زیرا یکی از فاکتورهای اصلی در مدل سازی و طراحی فرآیند می باشد. ویسکوزیته محلول ۵ درصد صمغ مقل در 100 rpm ، $3/81 \text{ mp/s}$ به دست آمد. در غلظت ۱۰ درصد در 100 ، 50 ، 20 ویسکوزیته به ترتیب $9/6 \text{ mp/s}$ ، 25 و $36/93$ حاصل شد. افزایش ویسکوزیته محلول صمغ با افزایش غلظت صمغ به علت درگیری بیشتر پلیمرها با یکدیگر در غلظت بیشتر بوده که موجب تشکیل ساختار قوی تر برای حفظ آب و افزایش ویسکوزیته می شود. همچنین با افزایش سرعت برشی، تنش برشی افزایش و

ویسکوزیته محلول کم گردید. صمغ در سرعت برشی پایین ویسکوزیته بالاتر و با افزایش سرعت برشی، کاهش ویسکوزیته داشت که نشان دهنده رفتار رقیق شونده با برش است. بر طبق پژوهش‌های سعیدی و همکاران (۲۰۱۸) بر روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی صمغ آنغوزه، ویسکوزیته محلول‌های صمغ آنغوزه کم بوده و همچنین در دمای بالاتر از ۴۰ درجه سلسیوس رفتار رقیق شونده به ویژه در سرعت‌های برشی کم نشان داد و با افزایش سرعت برشی، رفتار صمغ آنغوزه بیشتر به نیوتنی نزدیک شد [۱۹].

۳-۲-۳- پتانسیل زتا

پتانسیل زتا نمایشگر پایداری و بار سیستم کلوئیدی است. در مواردی که پتانسیل زتای اجزای کلوئیدی افزایش یابد، نیروی دافعه الکترواستاتیک نیز افزایش یافته و سامانه کلوئیدی پایداری بیشتری خواهد داشت [۹]. به عبارت دقیق‌تر مرز بین پایداری و ناپایداری کلوئید را می‌توان بر حسب این آزمون مشخص کرد یعنی ذراتی که پتانسیل زتای بالاتر از ۳۰ + میلی‌ولت و پائین‌تر از ۳۰ - میلی‌ولت داشته باشند پایدار خواهند بود [۲۰].

پتانسیل زتای صمغ مقل $2/3 \pm 25/96$ میلی‌ولت بدست آمد که نشان دهنده ساختار آنیونی سیستم کلوئیدی و پایداری نسبی خوب آن می‌باشد. منفی بودن پتانسیل زتای صمغ مقل می‌تواند ناشی از حضور ارونیک اسید در ساختار این صمغ باشد که در نتایج ساختار صمغ قابل مشاهده است. طبق گزارشات هارنست و همکاران (۲۰۰۶) پتانسیل زتای محلول ۰/۱ درصد صمغ‌های عربی، کاراگینان و آلژینات در pH ۴ به ترتیب ۳۵/۴-، ۴۹/۲- و ۴۵/۱- میلی‌ولت است [۲۱].

۳-۳- خواص شیمیایی صمغ مقل

۳-۳-۱- ترکیبات شیمیایی

ترکیبات شیمیایی صمغ-رزین مقل قبل از مرحله استخراج مورد بررسی قرار گرفت. میزان رطوبت این ترکیب ۰/۴۶

$7/16 \pm 3/24$ درصد، چربی $18/50 \pm 1/24$ درصد، خاکستر ۰/۲۰ $18/89 \pm 0/6$ درصد، مقدار پروتئین $4/41 \pm 0/6$ و مقدار کربوهیدرات کل $1/03 \pm 51/04$ درصد بدست آمد. مقدار رزین استخراجی طی مرحله الکلی $17/56 \pm 0/66$ درصد محاسبه شد. ترکیبات شیمیایی صمغ پس از استخراج الکلی و آبی نیز مورد آزمون قرار گرفت. میزان ماده خشک $0/46 \pm 96/19$ درصد، خاکستر $0/01 \pm 4/35$ درصد، چربی $0/23 \pm 7/16$ درصد، میزان پروتئین $8/15 \pm 0/01$ و میزان کربوهیدرات کل $2/01 \pm 76/53$ درصد بدست آمد. به منظور مقایسه بهتر ترکیبات صمغ مقل با بعضی از صمغ‌های ترشحي، ترکیبات شیمیایی چند صمغ تراوشی در جدول ۱ نشان داده شده است [۲۲]. مقدار رطوبت صمغ مقل از رطوبت دو صمغ عربی و فارسی کمتر بود که می‌تواند به علت مرحله‌ی خشک کردن پودر صمغ در آون و یا آبدوستی کمتر آن باشد. اما صمغ-رزین اولیه مقل رطوبتی مشابه صمغ فارسی و صمغ عربی داشت. مقدار خاکستر صمغ مقل از مقدار خاکستر دو صمغ دیگر بیشتر بود. میزان خاکستر موجود در صمغ‌ها به شدت به شرایط محیط رشد مثل خاکی که گیاه در آن رشد می‌کند وابسته است. مقدار پروتئین از مقدار پروتئین صمغ فارسی بیشتر و نسبت به صمغ عربی درصد پروتئین صمغ مقل کمتر بود. مقدار چربی صمغ مقل در مقایسه با صمغ-رزین اولیه کمتر بود که نشان دهنده تاثیر مرحله استخراج الکلی است. مقدار ترکیبات شیمیایی هیدروکلوئیدها با توجه به عوامل مختلفی از جمله منبع تامین کننده صمغ، شرایط رشد متفاوت درختان و گیاهان و همچنین سن آن‌ها، روش‌های مختلف استخراج، زمان استخراج و خالص سازی متفاوت می‌باشد.

Table 1- Chemical composition of *Commiphora wightii* gum in comparison with two other exudate gums [22]

Chemical composition (%)	<i>Commiphora wightii</i> gum	Zedo gum	Arabic gum
Moisture	3.81±0.80	8.5-12.2	5-10
Ash	4.35±0.01	1.3-2.59	1.81-5
Protein	8.15±0.01	0.2-0.7	0.95-10
Fat	7.16±0.23	Trace	0-0.37
Total carbohydrate	61.10±2.10	87-89	65-89

سدیم صمغ مقل از دو صمغ فارسی و عربی بیشتر بود و مقدار کلسیم صمغ مقل نیز از مقدار کلسیم صمغ عربی بیشتر بود [۲۳]. میزان کلسیم موجود در صمغ ها، از جمله عواملی است که بسیاری از محققین آن را یک عامل موثر در تشکیل ژل می دانند [۲۴]. به گزارش اندرسون و وانگ (۱۹۹۱) ترکیب و غلظت مواد معدنی در گیاهان به طور عمده مربوط به خاکی است که گیاهان در آن رشد می کنند [۲۵].

۲-۳-۳- عناصر معدنی صمغ مقل

عناصر معدنی موجود در صمغ مقل در جدول ۲ نشان داده شده است. همچنین به منظور مقایسه بهتر عناصر تشکیل دهنده صمغ مقل، عناصر معدنی دو صمغ تراوشی دیگر در جدول ذکر شده است. صمغ مقل تقریباً شامل اکثر عناصر معدنی بود. نتایج بررسی ها نشان داد، کلسیم و سدیم بیشترین ماده معدنی موجود در صمغ مقل می باشند. عناصر گوگرد، پتاسیم و منیزیم بترتیب در رده های بعدی قرار دارند. مقدار

Table 2- Elements of *Commiphora wightii* gum in comparison with two other exudate gums [22]

Elements (%)	<i>Commiphora wightii</i> gum	Zedo gum	Arabic gum
Al	1.78	-	-
Ca	37.36	74.11	0.7
Fe	1.02	0.1	0.001
K	12.99	17.94	0.95
Mg	8.93	7.73	0.2
Na	25.18	0.1	0.01
S	10.56	-	-
Sr	0.20	-	-
Zn	0.97	0.02	-
Ti	0.12	-	-
Mn	0.41	-	-
Ba	0.04	-	-
Cu	0.04	-	-
B	0.37	-	-
Li	-	-	-

پدیده را می توان این گونه توجیه کرد که طی استخراج صمغ با استفاده از حلال اتانول و همچنین در دمای ۵۰ درجه سلسیوس، ترکیبات فنولی موجود در صمغ-رزین که فعالیت آنتی اکسیدانی ایجاد کرده اند، به علت حلالیت در اتانول حل و سپس حذف شده اند. طی چندین مطالعه پلی-ساکاریدهای خام استخراج شده فعالیت آنتی اکسیدانی قابل

۳-۳-۳- بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی صمغ مقل

بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی صمغ مقل به روش DPPH، هیچ فعالیت آنتی اکسیدانی برای صمغ مقل را نشان نداد. اما با بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی صمغ-رزین پس از محاسبه به روش DPPH $7/42 \pm 36/36$ درصد محاسبه شد. این

توجه‌ای را نشان می‌دهند، اما پس از مراحل خالص‌سازی، پلی‌ساکارید خالص نهایی فعالیت آنتی‌اکسیدانی کمی دارند. به عبارتی می‌توان گفت سایر ترکیبات موجود در پلی‌ساکارید خام مانند رنگیزه‌ها، فالون‌ها، پتیدها، پروتئین‌ها و پلی‌فنول‌ها که فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند، در مرحله خالص‌سازی حذف گردیده‌اند [۲۰].

۳-۴- خواص عملکردی صمغ مقل

۳-۴-۱- حلالیت

حلالیت صمغ مقل در سه دمای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه سلسیوس مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل در شکل ۱ گزارش شده است. به صورت کلی می‌توان بیان کرد حلالیت این صمغ در آب پایین بوده و با افزایش دما حلالیت افزایش پیدا کرد. حلالیت کم این صمغ در آب به علت حضور عوامل هیدروفوب موجود در ساختار آن می‌باشد. دو فاکتور مهم و تعیین کننده حلالیت پلی‌ساکاریدها ساختار و وزن ملکولی آن‌ها می‌باشد. در صمغ‌های مشابه، اغلب

با کاهش وزن ملکولی انحلال افزایش می‌یابد. جدا شدن ذرات با وزن ملکولی بالا و سپس نفوذ آب به داخل آن‌ها در مقایسه با ذرات با وزن ملکولی کم‌تر، در زمان طولانی‌تری اتفاق می‌افتد. در نتیجه انحلال مواد با وزن مولکولی بالا دیرتر رخ می‌دهد. خصوصیات ساختاری (ساختار خطی، نوع پیوندهای گلیکوزیدی، وزن مولکولی بالا و سایر خصوصیات ساختاری منظم) که اتصالات بین مولکول‌های پلی‌ساکارید را افزایش می‌دهد، باعث کاهش حلالیت پلی‌ساکاریدها می‌گردد. پلی‌ساکاریدهای خطی با ساختار بسیار منظم که ساختار بلورین دارند، اغلب نامحلول یا کم محلول در آب هستند. اما ساختارهای شاخه‌ای دارای حلالیت بالاتری هستند. در پلیمرهایی که حلالیت کمی در آب دارند، اتصالات بین مولکول‌های پلیمر غالب است که منجر به توده‌ای شدن و در نهایت رسوب ساختار مولکول می‌گردد [۲۰].

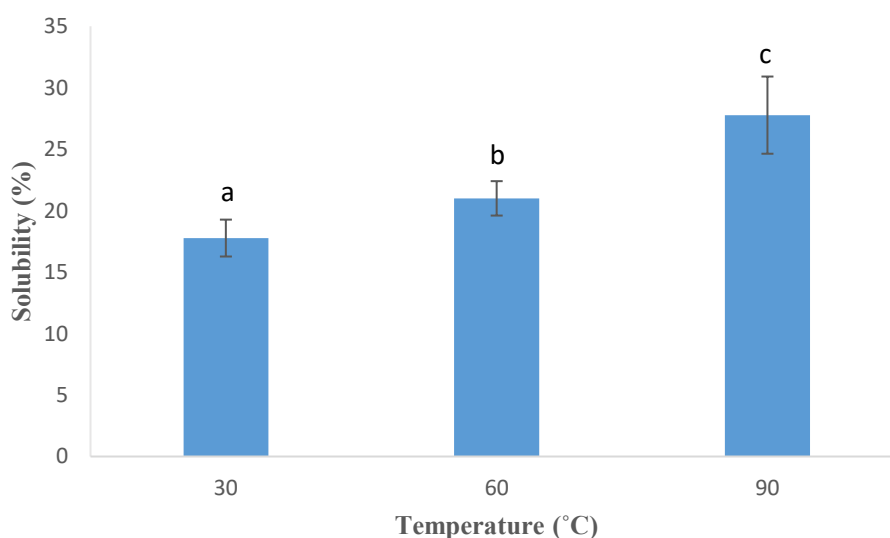


Fig. 1- *Commiphora wightii* gum solubility at different temperatures
Different letters show significant differences between samples ($p < 0.05$)

افزایش یافته است (۳). در ارتباط با صمغ زانتان، با افزایش دما از ۳۰ به ۶۰ درجه سلسیوس حلالیت افزایش یافته است. هر چند استفاده از حرارت جهت افزایش حلالیت باعث می‌شود که نتوان از هیدروکلوئیدها به طور گسترده در فرآوری‌های حساس به حرارت استفاده کرد [۹].

در مطالعاتی که توسط خالصی و همکاران (۱۳۹۱) انجام گرفته است، نشان دادند که حلالیت صمغ فارسی وابسته به تغییرات دما بوده و از ۵۸/۰۵ درصد در دمای ۳۰ درجه سلسیوس تا ۷۷/۵ درصد در دمای ۹۰ درجه سلسیوس

۲-۴-۳- ظرفیت جذب آب

قابلیت جذب آب توانایی یک ماده در واکنش با مقادیر کم آب را نشان می‌دهد. ظرفیت جذب آب صمغ مقل در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بررسی شد و $3/78 \pm 0/78$ گرم آب در یک گرم صمغ بدست آمد. ظرفیت جذب آب پایین، می‌تواند به دلیل حضور پروتئین‌های موجود در ساختار پلی- ساکاریدی صمغ باشد که خصوصیت هیدروفوبیستی آن را افزایش می‌دهد. ظرفیت حفظ آب در صمغ‌ها به عوامل زیادی از جمله شرایط استخراج و خالص سازی بستگی دارد. این عوامل بر روی سطح تماس بین هیدروکلئید و آب تاثیر گذار هستند. ظرفیت جذب آب همچنین به پارامترهایی مانند شدت واکنش بین پروتئین، پلی ساکارید و مولکول‌های آب و موقعیت‌های آب دوست، شرایط محیطی و شکل فضایی پروتئین وابسته می‌باشد [۲۴].

ظرفیت جذب آب یکی از عوامل مهم در رابطه با کاربرد گسترده صنعتی صمغ‌های تراوشی محسوب می‌شود که موجب تولید ژل یا محلول‌های باگرانروی بالا می‌شود. بر طبق نتایج حاصل از مطالعات خالصی و همکاران (۱۳۹۱) توانایی جذب آب برای صمغ زرد $10/2 \text{ g/g}$ بدست آمد که مبین قابلیت جذب آب تا حدودی خوب این صمغ و عدم تغییرات آن با دما می‌باشد [۲۶].

۳-۴-۳- ظرفیت جذب روغن

ظرفیت جذب روغن برای صمغ مقل $2/33 \pm 0/22$ گرم روغن در یک گرم صمغ بدست آمد. جذب روغن توسط پلی ساکاریدها به صورت فیزیکی و شیمیایی انجام می‌گیرد. جذب فیزیکی به دلیل برهمکنش فیزیکی روغن بر روی سطح ذرات پودر صمغ است و جذب شیمیایی ناشی از برهمکنش‌های شیمیایی بین روغن و کربوهیدرات، پروتئین و چربی در ساختار صمغ (عمدتا ناشی از پیوندهای هیدروفوبی و واندروالسی) می‌باشد. مقدار و نوع ساختار هیدروفوبی موجود در پلی ساکارید میزان جذب روغن را مشخص می‌کند [۱۸]. میزان جذب روغن در این صمغ بالا

بود. صمغ-رزین مقل درصد چربی بالایی در ترکیب خود داشت که این نیز باعث افزایش گروه‌های هیدروفوبی و در نتیجه افزایش ظرفیت جذب روغن در این صمغ شد. این ویژگی موجب می‌گردد این صمغ برای استفاده در صنعت غذا و در فرمول‌های حاوی روغن، اهمیت بیشتری پیدا کند. توانایی جذب روغن بالا از نظر تکنولوژیکی اهمیت بسیاری دارد. به طور مثال می‌توان برای پایداری بافت امولسیون‌های پر چرب از صمغ‌هایی با ظرفیت جذب روغن بالا استفاده کرد. همچنین به لحاظ فیزیولوژیکی قادرند با جذب چربی به خود به کاهش جذب چربی غذای خورده شده در بدن کمک کنند [۷]. بالا بودن ظرفیت جذب چربی در صمغ‌ها به دلیل وجود گروه‌های هیدروفوبی می‌باشد که این گروه‌ها در سطح قرار گرفته و می‌توانند مولکول‌های چربی را جذب سطحی کنند. ظرفیت جذب روغن صمغ بادام و صمغ عربی به ترتیب $0/87$ و $0/92$ درصد گزارش شده است. این مقدار از ظرفیت جذب روغن صمغ مقل کمتر می‌باشد که می‌تواند به علت وجود گروه‌های هیدروفوب کمتر این دو صمغ نسبت به صمغ مقل باشد [۱۸].

۴-۴-۳- ظرفیت کف کنندگی و پایداری کف صمغ مقل

توانایی تولید کف و پایداری کف صمغ مقل در غلظت‌های ۱، ۲ و ۴ درصد در شکل ۲ نشان داده شده است. بیشترین میزان تولید کف و همچنین پایداری کف در غلظت ۴ درصد به ترتیب ۸۷٪ و ۶۵٪ بدست آمد. صمغ مقل توانایی تولید کف خوبی داشت که می‌تواند به علت وجود پروتئین در ساختار صمغ باشد. پروتئین‌ها عوامل بسیار موثر در تولید کف و پایداری آن هستند. میزان کف کنندگی صمغ مقل تقریباً مشابه صمغ ریشه‌ی سیریش بود [۱].

خاصیت کف کنندگی در صنعت غذا در ایجاد خصوصیات رئولوژیکی مطلوب در مواد غذایی نظیر بافت نان، کیک، خامه زده شده و بستنی نقش بسیار مهمی دارد. بنابراین پایداری کف به عنوان یک معیار مهم در کیفیت مواد غذایی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. به طور کلی صمغ‌های پلی ساکاریدی به عنوان عوامل فعال سطحی شناخته نمی-

فارسی در غلظت‌های ۱ تا ۵٪ توسط امینی (۱۳۹۵) بررسی شد که در غلظت‌های کمتر از ۳٪ هیچ گونه تشکیل کفی در محلول مشاهده نشد. همچنین در غلظت‌های ۴ و ۵ درصد نیز به مقدار ناچیز کف تولید شد که این مقدار نیز به سرعت از بین رفت و قابل اندازه‌گیری نبود. این محقق گزارش نمود، ناچیز بودن مقدار پروتئین موجود در صمغ فارسی علت اصلی عدم تولید کف برای صمغ می‌باشد [۲۸].

شوند. اما نتایج مطالعات نشان می‌دهد که می‌توان از صمغ‌ها برای افزایش تولید کف در فرآورده‌های غذایی استفاده کرد. صمغ‌ها تأثیر مثبتی بر خواص تولید کف در مواد غذایی دارند که به علت تمایل حضور آنها در لایه بین سطح، کاهش فعالیت سطحی به علت حضور مولکول‌های صمغ و افزایش ویسکوزیته می‌باشد. طبق گزارشات حسن پور (۲۰۱۸) ظرفیت کف‌کنندگی محلول ۱ در صد صمغ برگ پنیرک ۲۸٪ تعیین شده است [۲۷]. توانایی تولید کف محلول صمغ

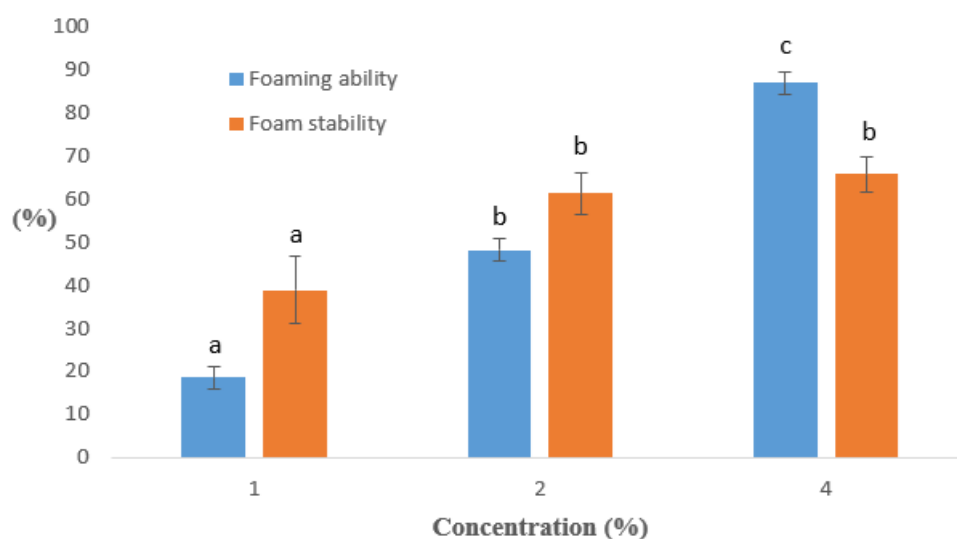


Fig. 2- Foaming properties of *Commiphora wightii* gum

Different letters show significant differences between samples in each test ($p < 0.05$)

طی تحقیقات دیکینسون و همکاران (۲۰۰۹) مشخص گردید، اگر غلظت هیدروکلوئید در امولسیون کمتر از میزان مشخصی باشد، هیدروکلوئید نمی‌تواند ذرات فاز پراکنده را کاملاً بپوشاند، در نتیجه برخورد و اتصال ذرات فاز پراکنده به یکدیگر افزایش یافته و در نهایت در اثر بزرگ‌تر شدن ذرات چربی احتمال جدا شدن آنها از امولسیون و دو فاز شدن امولسیون افزایش می‌یابد. درحالی که در غلظت‌های بالاتری از هیدروکلوئید، به علت ویسکوزیته بیشتر و پوشانندگی کامل ذرات فاز پراکنده، از جدا شدن چربی از امولسیون جلوگیری به عمل می‌آید. بر طبق بررسی‌های سعیدی و همکاران (۲۰۱۸) در اثر افزایش غلظت صمغ آنگوزه شاخص فعالیت امولسیون از $8/0 \pm 6/6 \text{ m}^2/\text{g}$ در نمونه پنج درصد محلول صمغ آنگوزه به $1/0 \pm 18/7 \text{ m}^2/\text{g}$ در نمونه ۲۰ درصد محلول صمغ آنگوزه افزایش یافت. به

۵-۴-۳- ظرفیت امولسیونی صمغ مقل

فعالیت امولسیونی صمغ مقل در غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۳٪ صمغ بررسی شد (شکل ۳). نتایج نشان داد که این صمغ توانایی تولید یک امولسیون نسبتاً خوب را دارد. نتایج نشان داد که غلظت تأثیر معنی داری بر فعالیت امولسیونی صمغ مقل دارد به گونه‌ای که با افزایش غلظت صمغ، فعالیت امولسیونی افزایش یافت که به دلیل افزایش ویسکوزیته و همچنین افزایش مقدار پروتئین موجود در ترکیب می‌باشد. با افزایش غلظت صمغ در محلول‌ها میزان جذب آب و ویسکوزیته افزایش یافته که موجب می‌شود تحرک و جابه‌جایی کمتر ذرات چربی کم و بنابراین احتمال برخورد آنها به همدیگر و ایجاد ناپایداری کاهش یابد و امولسیون پایدارتر باشد [۱۰].

داده شده با صمغ کدورت افزایش یافته و در نتیجه شاخص فعالیت امولسیون بیشتر می گردد [۱۹].

عبارتی هرچه یک امولسیون از پایداری بیشتری برخوردار باشد، به دلیل کاهش حرکات براونی ذرات روغن پوشش

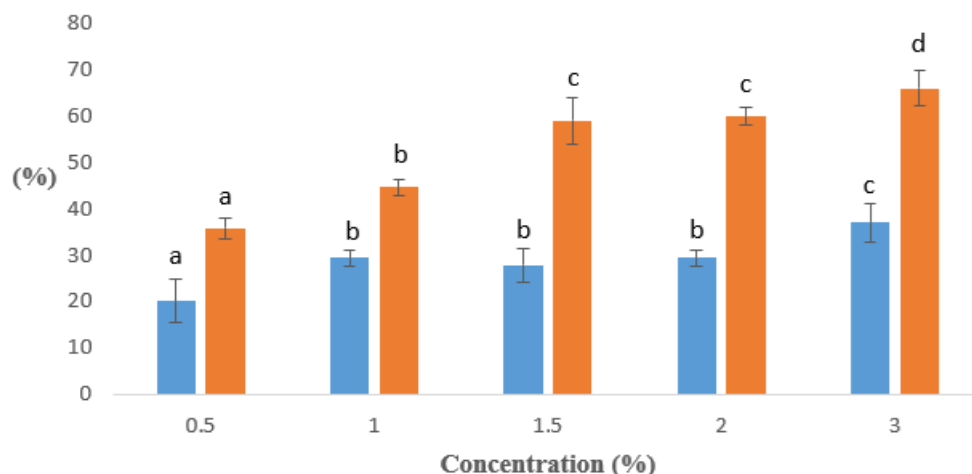


Fig. 3. Emulsion activity and emulsion stability against temperature of *Commiphora wightii* gum
Different letters show significant differences between samples in each test ($p < 0.05$)

نتایج حاصل از بررسی های صالحی (۱۳۹۶) در غلظت ۱ درصد صمغ میوه کاکتوس نشان داد این صمغ ۵۵/۸۳ درصد خاصیت امولسیفایری با پایداری حرارتی ۹۲/۱۷ داشت که با افزایش غلظت صمغ میزان پایداری افزایش یافت [۲۹]. بررسی های نیک نام (۱۳۹۶) بر روی صمغ دانه بارهنگ نشان داد که با افزایش غلظت این هیدروکلوئید از ۰/۳ به ۱ درصد وزنی - حجمی پایداری امولسیون تهیه شده از این صمغ از ۱۷/۴۶ به ۴۶/۵۹٪ افزایش یافت [۳۰].

واکنش های شیمیایی و بیوشیمیایی که طی زمان رخ می دهند، ممکن است موجب جداسازی فازی و ناپایداری امولسیون شود. امولسیون تهیه شده از صمغ مقل به مدت ۴ هفته در داخل یخچال با دما ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد. نتایج بررسی ها در جدول ۳ نشان داده شده است. غلظت های مختلف صمغ نیز باعث پایداری امولسیونی متفاوتی طی زمان شده است.

به دلیل اینکه امولسیون ها در برابر تغییرات دما به دلیل ناپایداری های ترمودینامیکی مقاومت از خود نشان نمی دهند و با انجام فرایندهای حرارتی مثل پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون و همچنین خشک کردن در زمان تولید، نگهداری و مصرف، خصوصیات عملکردی امولسیون ها دچار تغییر می گردد، لذا آزمون پایداری حرارتی امولسیون ها انجام می شود. داده های حاصل از این آزمون در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که غلظت تاثیر معنی داری بر پایداری امولسیون در برابر دما داشته است. بررسی ها نشان می دهد با افزایش غلظت صمغ در تهیه امولسیون، پایداری امولسیون در برابر دما افزایش می یابد که به علت افزایش ویسکوزیته و کاهش سرعت ادغام شدن امولسیون می باشد. بر اساس قانون استوک، سرعت حرکت قطرات فاز گسسته با ویسکوزیته فاز پیوسته رابطه عکس دارد. بنابراین افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته امولسیون موجب پایداری آن در برابر جداسازی فاز می شود.

Table 3. Emulsion stability of *Commiphora wightii* gum during time

Time (week)	Concentration (%)				
	0.5	1	1.5	2	3
First	29.55±2.20 ^a	16.55±4.50 ^{cd}	19.77±4.50 ^{bcd}	24.66±2.30 ^{abc}	19.77±4.50 ^{bcd}

Second	26.22±0.80 ^{ab}	13.33±0.00 ^d	16.55±4.50 ^{cd}	24.66±2.30 ^{abc}	19.77±4.50 ^{bcd}
Third	26.22±0.80 ^{ab}	13.33±0.00 ^d	16.55±4.50 ^{cd}	24.66±2.30 ^{abc}	19.77±4.50 ^{bcd}
Fourth	26.22±0.80 ^{ab}	13.33±0.00 ^d	16.55±4.50 ^{cd}	24.66±2.30 ^{abc}	19.77±4.50 ^{bcd}

Different letters show significant differences between all samples ($p < 0.05$)

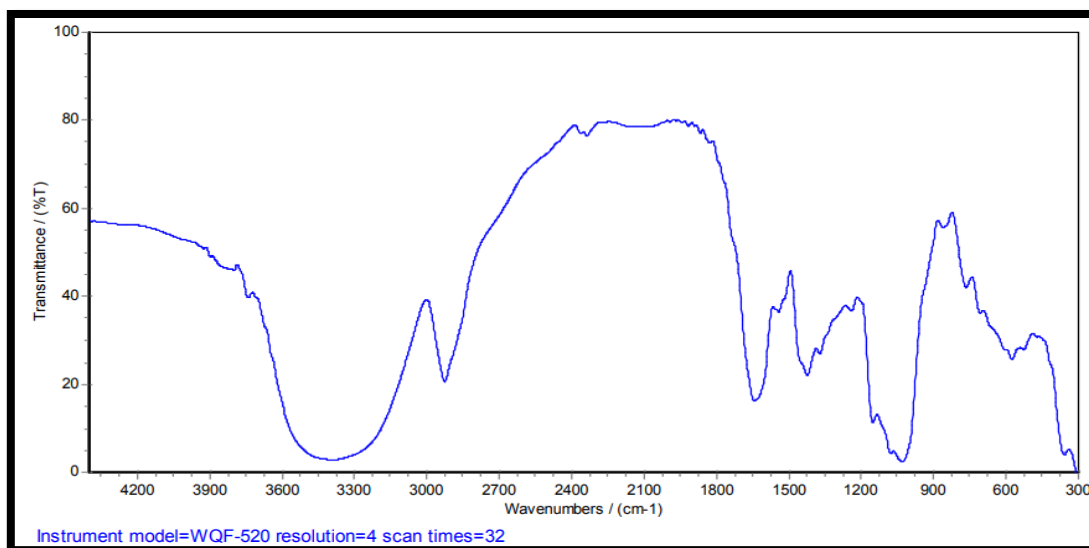
می‌شود و شاخص خوبی از تفاوت در ساختار صمغ‌های مختلف است. طیف جذب مادون قرمز صمغ مقل در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده از ارزیابی FTIR نمونه صمغ بیانگر وجود نوار بارز در محدوده عدد موجی $3300-3500\text{ cm}^{-1}$ است که وجود گروه‌های هیدروکسیل (OH^-) متعدد در نمونه موجب برقراری نوار تند با قاعده بزرگ در این عدد موج می‌شود. وجود گروه هیدروکسیل عمدتاً مویید حضور گلوکورونیک اسید، گالاکتورونیک اسید، اسیدهای کربوکسیلیک، الکل قندها و گروه‌های گلیکوزیدی در پروفایل ترکیبات موجود در نمونه است. نوارهای جذبی در این محدوده ممکن است به OH موجود در آب، گروه‌های آمینواسیدی، ارتعاشات کششی گروه‌های هیدروکسیل که پیوند هیدروژنی درون مولکولی در الکل پلی ساکاریدها یافت می‌شود و نیز به پیوندهای H-N در پروتئین‌ها مربوط باشد [۳۲]. دو نوار دیگر ایجاد شده در عدد موج حدود 1700 cm^{-1} مشاهده شده که این موارد بیانگر پیوند دوگانه میان کربن-اکسیژن یا همان گروه عاملی کتونی (C=O) و همچنین پیوند ساده کربن-هیدروژن (C-H) است. حضور پروتئین در نمونه نیز می‌تواند باعث جذب در نوار این ناحیه شود که به دلیل پیوندهای آمیدی H-N و همچنین ارتعاش خمشی پیوند OH ایجاد می‌شود. سایر نوارهای ظاهر شده نیز عمدتاً در اعداد موج پایین‌تر از 1100 cm^{-1} مشاهده شده که به دلیل گروه‌های هیدروکربنی موجود در نمونه صمغ است. همچنین یک نوار در عدد موج محدوده 2800 cm^{-1} مشاهده شد که می‌تواند در ارتباط با پیوندهای ساده کربن-هیدروژن و یا گروه‌های آمینی (N-H) باشد. به عنوان مثال ترکیباتی همانند کیتوزان، کیتین و برخی دیگر از پلی ساکاریدها و هیدروکلوئیدها همانند کاراگینان و حتی پکتین در این محدوده این نوار را نشان می‌دهند [۲].

نتایج حاصل از یک ماه نگهداری نمونه‌های امولسیون در یخچال، ناپایداری زیادی را نشان نداد. ناپایداری مشاهده شده به صورت کریمینگ نبود و روغن اندازی در سطح مشاهده نگردید. اما مقداری آب در انتهای ظرف جمع شد. در غلظت‌های ۰/۵، ۱/۵٪ از هفته‌ی دوم حجم امولسیون کاهش یافت و بعد از آن ثابت ماند. در غلظت ۲ و ۳ درصد میزان پایداری از هفته اول تا آخر ثابت ماند. در غلظت ۲ درصد بیشترین میزان پایداری امولسیون در طی زمان مشاهده شد که غلظت مناسب برای تهیه یک امولسیون خوب از این صمغ می‌باشد. کاهش در مقدار پایداری امولسیون با گذشت زمان ممکن است به دلیل تماس بیشتر بین قطرات و در نتیجه تجمع (لخته شدن) و به هم پیوستن قطرات روغن به عنوان فاز پراکنده باشد. لذا می‌توان به ارتباط بین ویسکوزیته و پایداری به جدا شدن فاز چربی پی برد. در نمونه‌های با غلظت و ویسکوزیته بیشتر، به علت کاهش جابه‌جایی ذرات و کم شدن حرکت آن‌ها به سطح از میزان جدا شدن چربی کاسته شد و پایداری به جدا شدن فاز چربی در آنها افزایش یافت. در تحقیقات انجام شده توسط جعفری و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر افزودن صمغ‌های انگوم و عربی بر پایداری امولسیون بررسی شد. نتایج حاصل نشان داد که استفاده از صمغ انگوم با غلظت ۳٪ وزنی - حجمی، امولسیون پایداری را ایجاد کرد که تقریباً هیچ جدا شدن فازی در آن مشاهده نگردید. اما استفاده از صمغ عربی حتی در غلظت‌های بالای ۵٪ نتیجه قابل قبولی ایجاد نکرد [۳۱].

۳-۵- بررسی خصوصیات ساختاری صمغ مقل

۳-۵-۱- طیف سنج مادون قرمز تبدیل فوری

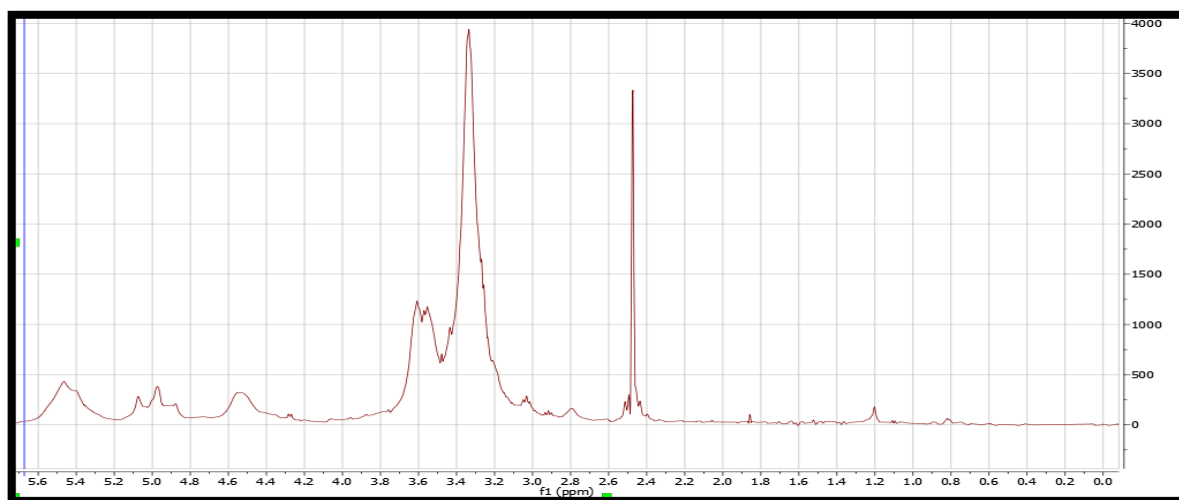
طیف سنجی مادون قرمز جهت تشخیص و تعیین گروه‌های عاملی ترکیبات است. فاصله‌ی بین عدد موج 950 cm^{-1} - 1200 به عنوان ناحیه اثر انگشت کربوهیدرات‌ها شناخته

Fig. 4. FTIR spectra of *Commiphora wightii* gum

بنابراین، استفاده از NMR تک بعدی پروتون به تنهایی برای حل مسئله ساختاری یک پلی ساکارید یا الیگوساکارید پیچیده، مشکل خواهد بود. در طیف کربن ^{13}C -سیگنال‌ها از کربن‌های آنومری در محدوده ۸۵ تا ۹۰ ppm ظاهر می‌شود و کربن‌های غیر آنومری بین ۶۰ الی ۸۵ ppm قرار دارند. طیف H-NMR صمغ مقل در شکل ۵ نشان داده شده است.

۲-۳-۵-طیف سنج رزونانس مغناطیس هسته ای

سیگنال‌های حاصل از H-NMR به علت فراوانی بیشتر، حساسیت بیشتری نسبت به سیگنال‌های کربن ^{13}C -دارند. به عبارت دقیق‌تر از H-NMR می‌توان برای کمی‌سازی در بعضی کاربردها استفاده نمود. اگر چه بیشتر سیگنال‌های پروتون بین یک محدوده جابه‌جایی شیمیایی ۲ ppm وجود دارند، که موجب آمیختگی قابل توجه سیگنال‌ها می‌شود.

Fig. 5. H-NMR spectra of *Commiphora wightii* gum

پایین تر از ۲ ppm، بین ۳-۵ ppm قرار دارد. پروتون‌های آنومری مونوساکارید، بسته به اینکه آلفا یا بتا باشند، سیگنال‌های خاصی ایجاد می‌کنند. با توجه به نتایج به دست آمده در ارزیابی H-NMR پیک ظاهر شده در محدوده‌ی

سیگنال‌های کربوهیدرات‌ها در طیف NMR، به خصوص H-NMR معمولاً در یک محدوده نازک به صورت متمرکز قرار دارند که این محدوده در طیف H-NMR در

NMR نیز نشان می‌دهد پیک حاصل در محدوده ۱۰۰ ppm بیانگر اتصال C-2-C-5 انتهای مانوز و یا رامنوز است. سیگنال‌های آنومری در محدوده ۱۰۱-۱۰۳ ppm حضور قندهای پیرانوزی و رزونانس در محدوده ۱۰۹/۱-۱۰۹/۸ ppm حضور قندهای به شکل فورانوزی را تایید می‌کند. همچنین دو سیگنال عمده رزونانس کربن در محدوده ۸۰-۹۰ ppm و محدوده ۷۰ ppm مشاهده شد که به ترتیب مرتبط با کربن شماره یک بتا-دی-گالاکتوز و کربن آنومریک دی گالاکتوز و یا گالاکتوز پیروات و گالاکتوز سولفات است. همچنین پیک محدوده ۷۰ ppm می‌تواند مرتبط با کربن شماره ۵ رامنوپیرانوزیل باشد [۲۳].

۳/۵-۵/۵ ppm بیانگر انتهای آلفا - ال- رامنوپیرانوزیل و یا پروتون آنومریک ظاهر شده مربوط به گلوکز یا گالاکتوز است. پیک ظاهر شده در محدوده ۴/۴-۴/۸ ppm عمده مربوط به سیگنال ظاهر شده توسط انتهای H-2-H-5 رامنوز است. پیک ظاهر شده در محدوده ۳/۵ ppm متیل پروتون‌های متصل به کربن شماره ۶ بتا-دی-گالاکتوز مربوط می‌شود. پروتون‌های کربن شماره ۴ نیز در محدوده ۳/۹-۴/۳ ppm ظاهر می‌شود. همچنین پیک ظاهر شده در محدوده ۱/۵ ppm به پروتون‌های متیلیک و پیروات سیکلیک ارتباط دارد [۲۰].

طیف C-NMR صمغ مقل در شکل ۶ نشان داده شده است. در طیف سیگنال‌های کربن کربوهیدرات‌ها، سیگنال‌های کربن آنومری در ۹۰-۱۱۰ ppm ظاهر می‌شوند و کربن‌های غیر آنومری بین ۶۰-۸۵ ppm ظاهر می‌شوند. نتایج C-

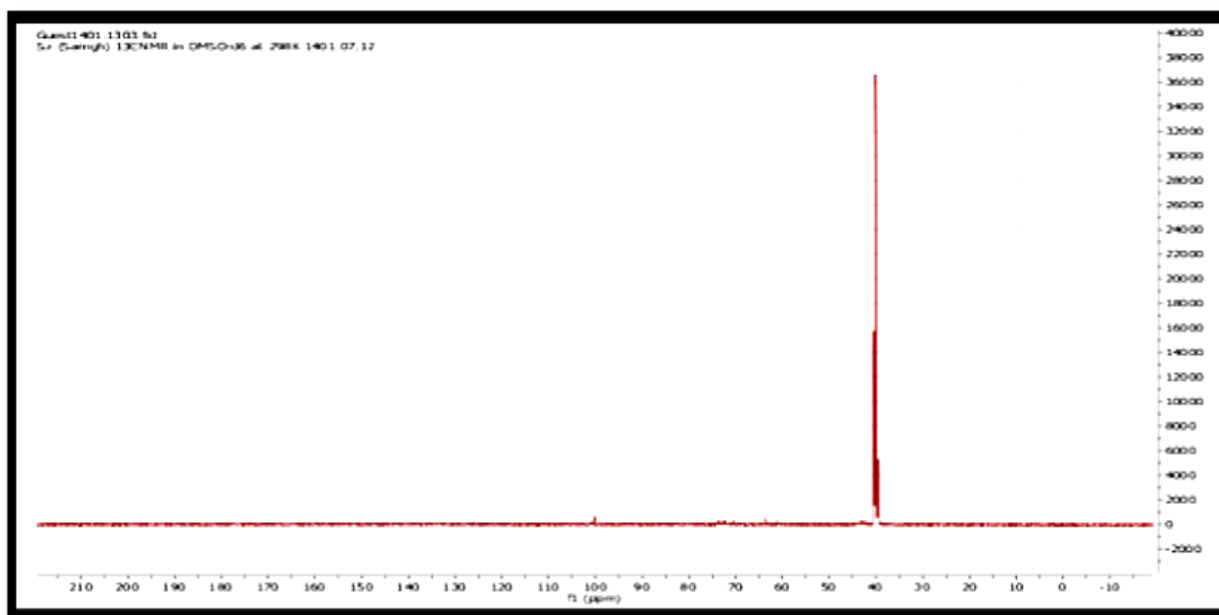


Fig. 6. C-NMR spectra of *Commiphora wightii* gum

بیانگر وجود گلوکز به عنوان یک هگزوز با حداکثر مقدار است و پس از آن نیز مانوز و رامنوز قرار دارند. وجود گلوکورونیک اسید و گالاکتورونیک اسید نیز موجب تقویت پیوندهای الکتروکوالانسی در خارج از زنجیره ی پلی ساکاریدی به دلیل حضور گروه های کربوکسیل، هیدروکسیل و تمایل آن به ایجاد پیوند با یون های با بار

۳-۵-۳- مونوساکاریدهای صمغ مقل

نتایج آنالیز قند های صمغ مقل تعیین شده توسط دستگاه HPLC، در شکل ۷ نشان داده شده است. به طور کلی این صمغ شامل مونوساکارید های مانوز، رامنوز، گلوکورونیک اسید، گالاکتورونیک اسید، فروکتوز، گلوکز، زایلوز و آرابینوز می‌باشد. ارزیابی پروفایل مونوساکاریدی در نمونه صمغ

مثبت می شود که این امر شناسایی این صمغ را تسهیل می کند.

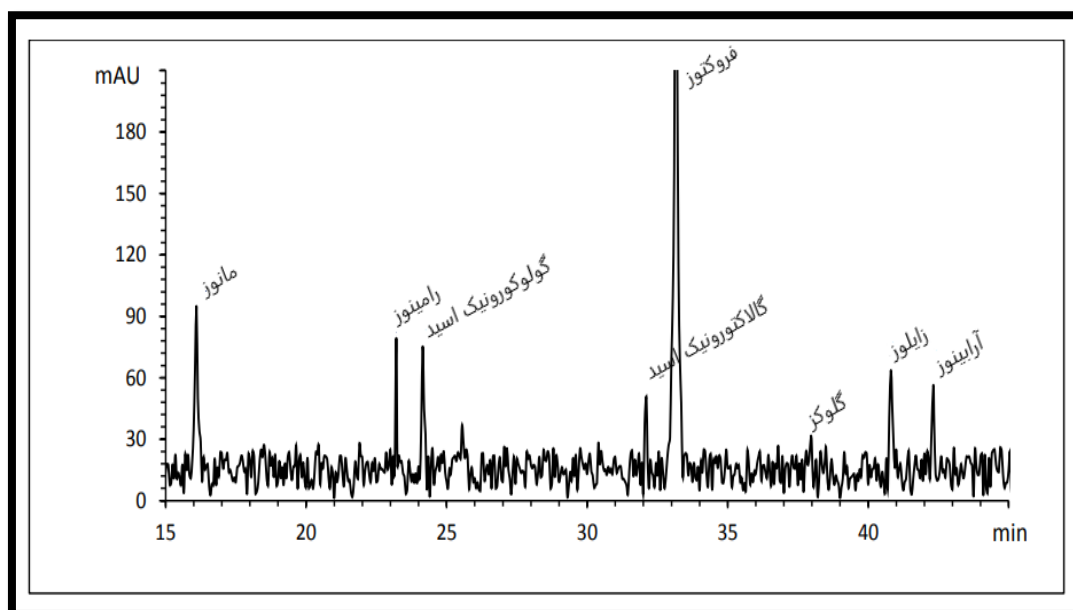


Fig. 7. HPLC analysis of *Commiphora wightii* gum

گلوکز به مانوز افزایش یابد، میزان حلالیت و جذب آب صمغ افزایش می یابد [۱].

۴-نتیجه گیری

در این مطالعه خصوصیات فیزیکوشیمیایی، عملکردی و ساختاری صمغ مقل مورد بررسی قرار گرفت. به صورت کلی با بررسی های انجام شده می توان گفت که صمغ مقل پلیمری منشعب و با حلالیت متوسط از دسته آرابینوگالاکتان ها می باشد که به علت حضور گالاکتوروئیک اسید در ساختارش به عنوان یک هیدروکلوئید آنیونی در نظر گرفته می شود. حضور گروه های متیل و پروتین زیاد در صمغ مقل خاصیت هیدروفوبیسیته به صمغ داده که خاصیت امولسیفایری خوبی را برای این صمغ به همراه دارد و در نتیجه می تواند به عنوان یک امولسیفایر در صنعت غذا مورد استفاده قرار گیرد.

تحقیقات نیک نام (۱۳۹۶) بر روی صمغ موسیلاژ بارهنگ نتایج نشان داد که ۸ نوع مونوساکارید در این صمغ وجود دارد که شامل گلوکز (۶۷/۶٪)، فروکتوز (۱/۹۲٪)، زایلوز، (۱۰/۴۶٪)، رامنوز (۲۱/۸۴٪)، گالاکتوز (۲/۴۶٪)، آرابینوز (۵۲/۶۱٪) و گلوکوروئیک اسید (۳/۶۹٪) بودند. در نتیجه، بیشترین مونوساکارید موجود در این صمغ آرابینوز و سپس رامنوز می باشد [۳۰]. صلاحی قراغیلی (۱۳۹۹) آنالیز ترکیبات قندی (مونوساکاریدها) صمغ ریشه سریش را بررسی کرد. نتایج ایشان نشان داد که که گلوکز و مانوز به ترتیب با ۵۰ و ۴۵ درصد، عمده ترین قندهای تشکیل دهنده ی ساختار پلی ساکاریدی صمغ ریشه سریش می باشند. نتیجه ای که به خوبی بیان می کند که صمغ ریشه سریش از خانواده گلوکومانان ها می باشد. نسبت گلوکز به مانوز در این صمغ ۱/۱ به ۱ است. این نسبت در صمغ دانه ریحان ۳/۳ به ۱ می باشد به عبارتی هرچقدر این نسبت بزرگتر باشد یعنی میزان

۵-منابع

[1] Salahi M., Razavi, S. M. A. and Amiri, M. S. 2021. Optimization of hydrocolloid extraction from serish root (*eremurus luteus*) using

response surface method and examining physicochemical characterization of the optimized sample. Iran. J. Food. Sci. Technol.

112(18):153-168.

- [2] Hesarinejad, M. A., Koocheki, A. and Razavi, S. M. A. 2014. Dynamic rheological properties of *Lepidium perfoliatum* seed gum: Effect of concentration, temperature and heating/cooling rate. Food Hydrocoll. 35: 583-589.
- [3] Saini, L. S., Rajput, S. K., Rathore, T. R. and Tomar, U. K. 2018. Non-destructive harvesting of oleo-gum resin in *Commiphora wightii* (Arnott) Bhandari—a critically endangered plant. Ind Crops Prod. 113: 259-265.
- [4] Bhatia, A., Bharti, S. K., Tripathi, T., Mishra, A., Sidhu, O. P., Roy, R. and Nautiyal, C. S. 2015. Metabolic profiling of *Commiphora wightii* (guggul) reveals a potential source for pharmaceuticals and nutraceuticals. Phytochemistry. 110: 29-36.
- [5] Simas-Tosin, F., Barraza, R., Petkowicz, C., Silveira, J., Sassaki, G., Santos, E., Gorin, P. and Iacomini, M. 2010. Rheological and structural characteristics of peach tree gum exudate. Food Hydrocoll. 24: 486-493.
- [6] Vani, P., Sreekanth, D., Manjula, P., Keerthi, B., Kistamma, S., Mohan, B., Reddy, A. N. and Mohan, C. 2016. Phytochemical investigation, antibacterial activity and antioxidant activity of the endangered tree *Commiphora wightii* (Arn.) Bhandari. J. Pharmacogn. Phytochem. 5: 21.
- [7] Chaudhari, B. and Annapure, U. 2021. Rheological, Physicochemical, and Spectroscopic characterizations of *Limonia acidissima* L. gum exudate with an application in extrusion processing. Carbohydr. Polym. Technol. Appl. 2: 100020.
- [8] López-Franco, Y., Cervantes-Montaño, C., Martínez-Robinson, K., Lizardi-Mendoza, J. and Robles-Ozuna, L. 2013. Physicochemical characterization and functional properties of galactomannans from mesquite seeds (*Prosopis* spp.). Food Hydrocoll. 30: 656-660.
- [9] Hesarinejad, M. A., Razavi, S. M. and Koocheki, A. 2015. *Alyssum homolocarpum* seed gum: Dilute solution and some physicochemical properties. Int. J. Boil. Macromol. 81: 418-426.
- [10] Chaudhari, B. B. and Annapure, U. S. 2020. Physicochemical and rheological characterization of *pithecellobium dulce* (Roxb.) benth gum exudate as a potential wall material for the encapsulation of rosemary oil. Carbohydr. Polym. Technol. Appl. 1: 100005.
- [11] Vieira, J., Mantovani, R., Raposo, M., Coimbra, M., Vicente, A. and Cunha, R. 2019. Effect of extraction temperature on rheological behavior and antioxidant capacity of flaxseed gum. Carbohydr. Polym. 213: 217-227.
- [12] Arlington, V. 1980. *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists*. AOAC Inc.: Washington, DC, USA.
- [13] Betancur-Ancona, D., López-Luna, J. and Chel-Guerrero, L. 2003. Comparison of the chemical composition and functional properties of *Phaseolus lunatus* prime and tailing starches. Food Chem. 82: 217-225.
- [14] Singh, U. 2001. Functional properties of grain legume flours. J. Food Sci. Technol. (Mysore). 38: 191-199.
- [15] Thanatcha, R. and Pranee, A. 2011. Extraction and characterization of mucilage in *Ziziphus mauritiana* Lam. Inte. Food Res. J. 18: 201-212.
- [16] Golkar, A. 2013. Investigating the emulsifying properties of beta-lactoglobulin-Persian gum covalent and non-covalent complexes. M.Sc Thesis, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology. (In Persian).
- [17] Busch, V. M., Kolender, A. A., Santagapita, P. R. and Buera, M. P. 2015. *Vinal gum*, a galactomannan from *Prosopis ruscifolia* seeds: Physicochemical characterization. Food Hydrocoll. 51: 495-502.
- [18] Bashir, M. and Haripriya, S. 2016. Assessment of physical and structural characteristics of almond gum. Int. J. Biol. Macromole. 93: 476-482.
- [19] Saeidy, S., Nasirpour, A., Djelveh, G., Ursu, A.-V., Marcati, A., Gardarin, C., Laroche, C., Delattre, C., Pierre, G. and Keramat, J. 2018. Rheological and functional properties of asafoetida gum. Int. J. Biol. Macromol. 118: 1168-1173.
- [20] Wang, Q. and Cui, S. W. 2005. Understanding the physical properties of food polysaccharides. Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications. 162-214.
- [21] Harnsilawat, T., Pongsawatmanit, R. and McClements, D. J. 2006. Stabilization of model beverage cloud emulsions using protein-polysaccharide electrostatic complexes formed at the oil-water interface. J. Agric. food chem. 54: 5540-5547.
- [22] Golkar, A., Nasirpour, A., Keramat, J. and Desobry, S. 2015. Emulsifying properties of Angum gum (*Amygdalus scoparia* Spach)

- conjugated to β -lactoglobulin through Maillard-type reaction. Int. J. Food Prop. 18: 2042-2055.
- [23] Brummer, Y., Cui, W. and Wang, Q. 2003. Extraction, purification and physicochemical characterization of fenugreek gum. Food hydrocoll. 17: 229-236.
- [24] Cui, S. W. 2005. "Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications," CRC press.
- [25] Anderson, D. and Weiping, W. 1991. The characterization of gum arabic (*Acacia Senegal*) samples from Uganda. Food Hydrocoll. 5: 297-306.
- [26] Khalesi, H., Alizadeh, M. and Rezazad-Bari, M. 2012. Investigating the physicochemical and functional characteristics of zedu gum exudated from *Amygdalus scoparia Spach* plant in the forest area of Fars province. Iran. Food Sci. Technol. Res. J. 8(3): 317-326.
- [27] Hassanpour Amnieh, A., Jooyandeh, H., Nasehi, B. and Hojjati, M. 2018. Investigation on physicochemical and rheological properties of malva leaves gum (*Malva neglecta*). J. Food Technol. Nutr. 15: 19-30.
- [28] Amini-Rastabi, J. 2016. Investigating the effect of drying temperature, heat treatment and the concentration of gum solution entering the dryer on the functional characteristics of Persian gum. M.Sc Thesis, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology. (In Persian).
- [29] Salehi, A. 2017. Extraction and determination of physicochemical and functional properties of mucilage (carbohydrate) obtained from cactus fruit. M.Sc Thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. (In Persian).
- [30] Niknam, R. 2017. Investigating factors affecting the characteristics, physicochemical and properties of films based on castor bean gum. M.Sc Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tabriz. (In Persian).
- [31] Jafari, S. M., Assadpoor, E., He, Y. and Bhandari, B. 2008. Re-coalescence of emulsion droplets during high-energy emulsification. Food Hydrocollo. 22: 1191-1202.
- [32] Tadayoni, M., Sheikh-Zeinoddin, M. and Soleimani-Zad, S. 2015. Isolation of bioactive polysaccharide from acorn and evaluation of its functional properties. Int. J. Biol. Macromol. 72: 179-184.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Physicochemical and functional properties of *Commiphora wightii* gum-resin polysaccharides

Saeedeh Roostaie¹, Hajar Shekarchizadeh^{*2}, Milad Fathi²

1–Master of science, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

2–Associate Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2024/7/26 Accepted: 2025/3/12 Keywords: Emulsion; Foaming ability; Solubility; Functional properties	Mukul gum is an oleo-gum-resin secreted after scratching the bark of <i>Commiphora wightii</i>. This study aims to investigate the physicochemical and functional properties of mukul gum. The functional and physicochemical properties of the gum, including protein content, total carbohydrates, color, solution viscosity, zeta potential, solubility, water absorption capacity, oil absorption capacity, foaming ability, and emulsifying properties, were evaluated. The chemical structure of the gum was analyzed using infrared spectroscopy (FTIR), high-performance liquid chromatography (HPLC), and one-dimensional nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy. The protein content of the gum was determined to be 8.15%, while its carbohydrate content was found to be 61.09%. The viscosity analysis of the gum solution indicated a shear-thinning behavior. The extracted gum exhibited a zeta potential of -26 mV. The gum's solubility was investigated at 30, 60, and 90 °C. The WAC value was 3.78 g of water in one gram of gum. The gum's ability to form a foam was 87.03% and the foam stability was calculated to be 65.83%. Likewise, the OAC value for the extracted gum was 2.33 g of oil in one gram of gum. Further analyses confirmed the gum's acceptable emulsifying capacity in concentrations of 0.5, 1, 1.5, 2, and 3%, as well as its relatively high thermal stability. Structural analyses indicated the presence of sugars (e.g., arabinose, rhamnose, fructose, glucuronic acid, and galacturonic acid) in the gum. In addition, FTIR results confirmed the presence of hydroxyl groups and, particularly, the presence of glucuronic acid, galacturonic acid, carboxylic acids, sugar alcohols, and glycosidic groups in the profile of the gum's compounds. Ultimately, HPLC analyses of the monosaccharide profile demonstrated a high content of glucose (as a hexose) and some concentrations of mannose and rhamnose.
DOI: 10.22034/FSCT.22.163.31. *Corresponding Author E- shekarchizadeh@iut.ac.ir	

مجله علوم و صنایع غذایی ایران



سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

مقایسه ترکیبات زیست فعال مستخرج از پوست کدو حلوائی با استفاده از روش های سیال فوق بحرانی و آب زیر بحرانی

آزاده سلامی^۱، نارملا آصفی^{۲*}، رضا اسماعیل زاده کناری^۳، مهدی قره خانی^۴

۱. دانش آموخته دکترای مهندسی علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز. نشانی پستی: تبریز- ضلع شرقی

اتوبان پاسداران- مجتمع دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز.

۲. *دانشیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز.

۳. استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران.

۴. استادیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز.

چکیده

اطلاعات مقاله

یکی از مهمترین مشکلات صنعت غذا اکسیداسیون مواد غذایی است که منجر به کاهش ارزش تغذیه ای و عمر ماندگاری می شود. پوست کدو به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدی با خاصیت آنتی اکسیدانی مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش عصاره فنولی و کاروتنوئیدی پوست کدو حلوائی با استفاده از دو روش استخراج با آب زیر بحرانی و استخراج با سیال فوق بحرانی استحصال و اندازه گیری شد. عصاره های ترکیبی به دلیل خاصیت سینرژیستی دارای بالاترین خاصیت آنتی اکسیدانی بودند. بطور کلی در تمام روش های ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره ترکیبی استخراج شده با استفاده از سیال فوق بحرانی و پس از آن عصاره ترکیبی استخراج شده به روش آب زیر بحرانی بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی را نشان دادند. همچنین روش استخراج با آب زیر بحرانی برای استخراج کاروتنوئیدها و روش استخراج با سیال فوق بحرانی برای استخراج ترکیبات فنولی موثرتر عمل نمود. بین میزان ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدی عصاره ها و خاصیت آنتی اکسیدانی رابطه وجود داشت و با افزایش غلظت فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره ها در هر سه روش خاصیت آنتی اکسیدانی افزایش یافت. نتایج نشان داد عصاره ترکیبی فنولی-کاروتنوئیدی پوست کدو حلوائی می تواند به عنوان یک آنتی اکسیدان طبیعی جایگزین مناسبی برای آنتی اکسیدان های سنتزی باشد.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۵

کلمات کلیدی:

کدو حلوائی،

آب زیر بحرانی،

سیال فوق بحرانی،

آنتی اکسیدان

DOI: 10.22034/FSCT.22.163.50.

* مسئول مکاتبات:

narmela@iau.ac.ir

۱-مقدمه

کدو حلوائی با نام علمی (*Cucurbita pepo*) از خانواده (*Cucurbitaceae*) دارای ارزش غذایی بالایی بوده و دارای ۲ تا ۱۰ میلی گرم در هر ۱۰۰ گرم ویتامین C و ۱۰-۹ میلی گرم در هر ۱۰۰ گرم ویتامین E می باشد. بعنوان منبع عالی کاروتنوئیدها و ترکیبات فنلی برای مصرف انسان است. علاوه بر لیکوپن، بتاکاروتن و آلفاکاروتن دارای لوتئین نیز می باشد که در پوست این میوه به وفور یافت می شوند و دارای ویژگی هایی نظیر فعالیت پیش ویتامینی، آنتی اکسیدانی و بهبود سلامتی انسان می باشند [5,6,7]

استخراج یک مرحله بحرانی در دستیابی بالای ترکیبات ارزشمند مانند ترکیبات فنلی و کاروتنوئیدی از بافت های گیاهی است. انتخاب روش استخراج مناسب، به نوع ترکیبات مورد نظری که باید استخراج شوند، ویژگی های ساختاری ماتریس گیاهی (میوه، ساقه، دانه، برگ، ریشه و گل و...)، کیفیت و بازده مورد نیاز برای عصاره شرایط فرآیند (دما، فشار و...) و سنجش اقتصادی فرآیند بستگی دارد [8]. از روشهای نوین استخراج آنتی اکسیدانها در حال حاضر استفاده از سیال فوق بحرانی و آب زیر دمای بحرانی (SWE)^۴ می باشد. استخراج با سیال فوق بحرانی (SFE^۵) مزیت های بسیاری دارد که از مهمترین آنها می توان به کاهش زمان استخراج و عدم آلودگی محیط زیست اشاره کرد و همچنین حلالیت بالای آنها باعث افزایش انتقال جرم می-شوند. (SFE) خصوصیات مابین یک گاز و یک مایع را داراست. ویژگی اصلی سیال فوق بحرانی برای استخراج، چگالی بالای آن است. سیال فوق بحرانی نفوذ پذیری زیاد، ویسکوزیته کمتری نسبت به حلال های مایع دارد. بهترین حلال برای این روش استخراج، در استخراج ترکیبات طبیعی گیاهان، CO₂ است. زیرا CO₂ یک ترکیب ارزان، خنثی، در دسترس، بی مزه و حلال لیست GRAS می باشد [9]. SWE به عنوان آبی تعریف می شود که دمای آن بین ۱۰۰

واکنشهای اکسیداسیون علاوه بر تغییر ویژگی های ارگانولپتیکی مواد غذایی، ارزش غذایی و عمر نگهداری مواد غذایی را کاهش می دهند و به دلیل تولید ترکیبات نامطلوب که برای سلامتی مصرف کنندگان تاثیر سوئی دارند باعث پیر شدن، ایجاد بیماری های قلبی، ایجاد جهش و ایجاد سرطان می شود، از این رو پایدارسازی مواد غذایی تحت شرایط حرارتی و ذخیره سازی اجتناب ناپذیر است. روش های مختلفی برای پایدارسازی مواد غذایی کاربرد دارد که یکی از مهمترین روش ها استفاده از آنتی اکسیدانها می باشد. [1] علیرغم اینکه آنتی اکسیدان های سنتزی طی فرایندهای حرارتی و شرایط ذخیره سازی موثر عمل می کنند اما استفاده نمودن از این آنتی اکسیدانها از نظر سمی بودن و امنیت مواد غذایی بحث برانگیز است. قویترین آنتی اکسیدان سنتتیک (TBHQ^۱) در ژاپن، کانادا و اروپا اجازه مصرف ندارد و BHA^۲ نیز از لیست ترکیبات GRAS^۳ حذف شده است، بنابراین تحقیق برای آنتی اکسیدان های طبیعی به عنوان جایگزینی برای آنتی اکسیدان های مصنوعی از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد [2] مطالعات نشان داده است که فعالیت آنتی اکسیدانی بعضی از میوه ها و سبزیجات به مقدار کل ترکیبات فنلی آنها بستگی دارد [15]. ترکیبات فنلی یک گروه متابولیت های ثانویه آروماتیک گیاهی بوده که بطور گسترده ای در سراسر گیاه پخش شده اند و دارای اثرات بیولوژیکی متعدد مانند فعالیت آنتی اکسیدانی و فعالیت ضد باکتریایی می باشند [3]. امروزه ضایعات مواد غذایی خوراکی دارای اهمیت و جایگاه ارزشمندی می باشند و میتواند به عنوان منبع سرشار از پلی فنول های آنتی اکسیدانی در نظر گرفته شوند. استفاده از این ضایعات به عنوان منبعی از پلی فنول ها می تواند برای تولید کنندگان مواد غذایی از نظر اقتصادی دارای فواید قابل ملاحظه باشد [4]

5-supercritical fluid extraction

1-tertiary butyl hydroquinone

2- Butylated hydroxyanisole

3 -Generally recognized as safe

4 -Subcritical water extraction

سپس اتانول: آب (۸۰:۲۰) با استفاده از پمپ HPLC در نرخ ۰/۲۵ میلی لیتر بر دقیقه پمپ شد. مخلوط کربن دی-اکسید و اتانول: آب (۸۰:۲۰) به درون اکستراکتور وارد شد. فشار بوسیله یک رگلاتور حرارتی تنظیم شد. کربن دی اکسید و حلال اتانول: آب با استفاده از یک پیش گرمکن برای رسیدن به دمای عملیاتی حرارت داده شد. برای اطمینان از رسیدن به درجه حرارت مورد نظر استخراج، دمای ورودی و خروجی اکستراکتور اندازه گیری شد. دما، زمان و فشار مورد استفاده به ترتیب ۶۰ درجه سانتیگراد، ۳ ساعت و ۲۵ مگاپاسکال بود. محلول استخراج شده ۳۰ دقیقه یکبار در ویال جمع آوری شد و تا زمان استفاده در یخچال نگهداری شد [12] برای استخراج ترکیبات زیست فعال ابتدا ۲۰ گرم از نمونه با ۱۰۰ میلی لیتر حلال کمکی اتانول مخلوط و جهت استخراج ترکیبات فنلی شرایط دستگاه به صورت (دما در محدوده ۳۰۸-۳۸۵ کلوین فشار در محدوده: ۰/۳-۰/۲۵ مگاپاسکال و زمان در محدوده ۳۰ دقیقه) و برای کاروتنوئید شرایط (دما در محدوده ۷۰-۴۰ کلوین فشار در محدوده: ۳۵-۲۵ مگاپاسکال و زمان در محدوده ۳۰ دقیقه) خواهد بود. پس از استخراج، ترکیبات فنلی و کاروتنوئید تا زمان انجام آزمایش در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد نگهداری می-شوند.

۲-۲-۲- استخراج با استفاده از سیال آب زیر بحرانی

برای استخراج کلی عصاره ابتدا ۱۲ گرم پوست کدو به همراه مهره های شیشه ای درون اکستراکتور قرار داده شد. سپس استخراج کننده روی هیتر نصب شد. آب به عنوان حلال با نرخ جریان ۱ میلی لیتر بر دقیقه با استفاده از پمپ HPLC برای رسیدن به فشار مورد نظر پمپ شد. فشار بوسیله یک رگلاتور حرارتی تنظیم شد. آب با استفاده از یک پیش گرمکن برای رسیدن به دمای عملیاتی حرارت داده شد. برای اطمینان از رسیدن به درجه حرارت مورد نظر استخراج، دمای ورودی و خروجی اکستراکتور اندازه گیری شد. دما، زمان و فشار مورد استفاده به ترتیب ۱۲۰ درجه سانتیگراد، ۳

تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد است. یک حلال مؤثر برای ترکیب-های قطبی و غیر قطبی است. حالت مایع خود را در دمای بین ۱۰۰ درجه سانتیگراد (نقطه جوش آب) و ۳۷۴ درجه سانتیگراد (نقطه بحرانی آب) زیر فشار بحرانی ۲۲ مگا پاسکال حفظ می کند. از طرفی دیگر آب مایعی است که در همه جا وجود دارد، غیر سمی است و هزینه مصرفی پایینی دارد. در این راستا SWE یک گزینه ایده آل برای استفاده به عنوان یک حلال برای مواد دارویی و غذایی است [10] با توجه به تاثیر روش استخراج و شرایط استخراج عصاره بر کارایی استخراج و نوع ترکیبات حاصله و از طرفی بهبود کارایی سیستم و افزایش راندمان فرایند بدون افزایش هزینه، در تحقیق حاضر استفاده از سیال فوق بحرانی (SFE) و آب زیر دمای بحرانی (SWE) به عنوان دو روش استخراج ترکیبات (فنلی و کاروتنوئیدها) از پوست کدو حلوایی بدون آسیب حرارتی انجام شد و مورد مقایسه قرار گرفت.

۲ - مواد و روش ها

۲-۱- مواد

کدو حلوایی گونه Cucurbita pepo واریته Styarica که دارای رنگ نارنجی تری نسبت به سایر هستند تهیه و پس از شستشوی کامل، پوست آن ها جدا شد. ضخامت پوست جدا شده 1 ± 0.2 سانتیمتر بود. سپس درون آن تحت خلأ دمای ۴۰ درجه سانتیگراد خشک و با آسیاب به پودر با اندازه ذرات ۲ میلی متر تبدیل شد [11]

۲-۲- روش کار

۲-۲-۱- استخراج با استفاده از سیال فوق بحرانی

برای استخراج عصاره ابتدا ۱۲ گرم پوست کدو به همراه مهره های شیشه ای درون اکستراکتور قرار داده شد. سپس استخراج کننده روی هیتر نصب شد. سیال کربن دی اکسید به عنوان حلال با نرخ جریان ۱۵ میلی لیتر بر دقیقه با استفاده از پمپ HPLC برای رسیدن به فشار مورد نظر پمپ شد.

آزمایشات بعدی در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتیگراد نگهداری می‌گردد.

بعد از عصاره گیری منفرد از پوست کدو با دو روش سیال فوق بحرانی و آب زیر بحرانی به صورت کلی عصاره گیری انجام شد. در نهایت از لحاظ میزان ترکیبات فنلی و قدرت آنتی اکسیدانی، عصاره های حاصل شده از این دو روش استخراج نوین و ترکیبی در پایداری اکسایشی روغن کانولا با هم مقایسه شدند.

ساعت و ۵ مگاپاسکال بود. محلول استخراج شده ۳۰ دقیقه یکبار در ویال جمع آوری شد و تا زمان استفاده در یخچال نگهداری شد [12] در این روش برای استخراج ترکیبات زیست فعال، عصاره گیری توسط استخراج کننده آب زیر نقطه بحرانی با شرایط دستگاهی زیر جهت استخراج ترکیبات فنلی است به صورت (دما در محدوده ۱۰۰-۲۰۰ کلوین فشار در محدوده: ۶/۸۹ مگا پاسکال و زمان در محدوده ۱۰-۵۰ دقیقه) و برای کارتنوئید شرایط (دما در محدوده ۱۶۰-۲۰۰ کلوین فشار در محدوده: ۶/۸۹ مگا پاسکال و زمان در محدوده ۳۰ دقیقه) خواهد بود. مواد مستخرج تا زمان انجام

Table 1: Treatments examined in extract tests

نوع آنتی اکسیدان مورد استفاده	کد تیمار
فاقد آنتی اکسیدان	CON
۱۰۰ ppm آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ	TBHQ
عصاره فنولی استخراج شده با سیال فوق بحرانی	PHSP
عصاره کاروتنوئیدی استخراج شده با سیال فوق بحرانی	CASP
عصاره فنولی استخراج شده با آب زیر بحرانی	PHSB
عصاره کاروتنوئیدی استخراج شده با آب زیر بحرانی	CASB
ترکیبی از عصاره فنولی-کاروتنوئیدی استخراج شده با سیال فوق بحرانی	MIXSP
ترکیبی از عصاره فنولی-کاروتنوئیدی استخراج شده با آب زیر بحرانی	MIXSB

۲-۳-آزمون ها

۲-۳-۱ - اندازه گیری کمی و کیفی فنول کل، فلاونوئید و کاروتن کل عصاره ها

اتیل استات حل شدند و با استفاده از HPLC با ستون XDB-C18 (۵ میکرومتر؛ ۴/۶×۱۵۰ میلی متر) و دتکتور UV-vis آنالیز شدند. جداسازی کروماتوگرافی نمونه های در نرخ ثابت ۱/۵ میلی لیتر بر دقیقه و طول موج ۴۷۰ نانومتر و شستشو با استفاده از حلال ترکیبی استونیتریل: دی کلرومتان (۷۵:۲۵ حجمی/حجمی) انجام شد. کاروتن های موجود در عصاره بر اساس زمان بازداری و مساحت پیک

به منظور تشخیص کمی و کیفی فنول، فلاونوئید و کاروتن های موجود در عصاره ها از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا استفاده شد. عصاره های کاروتنوئیدی استخراج شده در

تشکیل شده با نمونه استاندارد مقایسه شدند. هر عصاره ۲ بار آنالیز شد.

۲-۳-۲- خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره

۲-۳-۲-۱- مهار رادیکال آزاد DPPH

۲/۷ میلی لیتر از محلول تازه تهیه شده DPPH (۵- 10×10^{-3} مول بر لیتر) با ۰/۳ میلی لیتر از غلظت های مختلف ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ ppm از عصاره و ۱۰۰ ppm آنتی اکسیدانی سنتزی TBHQ به عنوان کنترل مثبت ترکیب شد. مخلوط حاضر به شدت به هم زده شد و به مدت ۱ ساعت در تاریکی نگه داشته شد. سپس جذب آنها در ۵۱۷ نانومتر خوانده شد و بر اساس رابطه زیر محاسبه شد

$$\%DPPH \text{ quenched} = [1 - (A_{\text{sample}})/(A_{DPPH})] \times 100$$

در این رابطه A_{sample} و A_{DPPH} به ترتیب جذب عصاره و شاهد فاقد عصاره هستند [13]

۲-۳-۲-۲- احیا آهن

۲/۵ میلی لیتر از محلول عصاره با ۲/۵ میلی لیتر بافر سدیم فسفات ۲۰۰ میلی مول بر لیتر و ۲/۵ میلی لیتر فری سیانید ۱ درصد ترکیب و مخلوط بالا به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد انکوبه شد. سپس ۲/۵ میلی لیتر از تری کلرو استیک اسید ۱۰٪ حجمی / حجمی به آن اضافه شد و سپس مخلوط در ۱۱۶/۲۷۲ g به مدت ۸ دقیقه سانتیفوژ شد. ۵ میلی لیتر از محلول بالایی با ۵ میلی لیتر آب دیونیزه و ۱ میلی لیتر کلرید آهن ۰/۱ درصد ترکیب شد. سرانجام جذب محلول حاصله در ۷۰۰ نانومتر خوانده شد. آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ به میزان ۱۰۰ ppm به عنوان کنترل مثبت استفاده شد [13]

۲-۳-۳- بی رنگ شدن بتا کاروتن- لینولئیک اسید

بدین منظور ابتدا یک محلول پایه تهیه گردید: ۵ میلی گرم از بتاکاروتن در ۱۰ میلی لیتر کلروفرم حل شد، ۶۰۰ میکرو لیتر از محلول تهیه شده به مخلوط ۴۰ میلی گرم لینولئیک اسید و ۴۰۰ میلی گرم توئین ۴۰ اضافه شد. سپس با روش تبخیر در خلا کلروفرم جدا گردید و ۱۰۰ میلی لیتر آب اکسیژنه به آن اضافه و شدیداً هم زده شد. ۵ میلی لیتر از امولسیون تهیه شده فوق به لوله آزمایش منتقل و ۲۰۰ میکرو لیتر از هر عصاره به لوله آزمایش اضافه گردید. جذب نوری نمونه ها با اسپکتروفتومتر در ۴۷۰ نانومتر در زمان صفر و همچنین بعد از ۱۲۰ دقیقه قرار گرفتن در حمام آب ۵۰ درجه سانتیگراد قرائت شد. نمونه شاهد حاوی تمام ترکیبات مذکور به جز عصاره است. ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره به عنوان درصد بازداري با استفاده از فرمول زیر محاسبه می-شود.

$$\% \text{فعالیت آنتی اکسیدانی} = \frac{(DRc - DRs)}{DRc} \times 100$$

DRc = میزان تجزیه نمونه شاهد
 DRs = میزان تجزیه عصاره

مقادیر DRc و DRs بر حسب $\ln(a/b)$ محاسبه می شوند که a جذب در زمان صفر و b جذب بعد از ۱۲۰ دقیقه است [14].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- میزان ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و کاروتنوئیدی عصاره ها

استخراج مرحله مهم و اولیه برای بازیافت و جداسازی ترکیبات زیست فعال از نمونه های گیاهی است [15]. نتایج مربوط به میزان ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و کاروتنوئیدی عصاره ها در جدول ۲ نشان داده شده است. ترکیبات فنولی مسئول مهار رادیکال های آزاد در نمونه های گیاهی هستند و فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه وابسته به نوع و میزان ترکیبات فنولی است. بیشترین میزان ترکیبات فنولی در عصاره

کدو حلوائی افزایش می دهد [19]. Mala و همکاران (۲۰۱۶)، مقدار بتاکاروتن استخراج شده از پوست کدو را ۱۱/۸۹ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم گزارش نمودند. Sing و همکاران (۲۰۱۶)، ضمن بررسی میزان ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی عصاره پوست کدو حلوائی مقدار آن را با استفاده از حلال های مختلف به ترتیب $33/48 \text{ mg GA}/100 \text{ g}$ - $3/79-11/72 \text{ mg QE}/100 \text{ g}$ برای فنول کل و برای فلاونوئید اعلام نمودند که کمتر از مقادیر بدست آمده در پژوهش حاضر است. با توجه به اینکه آنها از روش تکان دادن و حلال برای استخراج عصاره پوست کدو استفاده کرده بودند میتوان گفت روش استخراج با آب زیر بحرانی و سیال فوق بحرانی در استخراج ترکیبات فنولی موثرتر عمل نموده است. هر دو ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدی توانایی کاهش غلظت رادیکال های آزاد یا اکسیژن یگانه، اهدا اتم های هیدروژن و تجزیه رادیکال های آزاد را دارند [17]

PHSP و کمترین میزان ترکیبات فنولی در CASB مشاهده شد. روش استخراج با سیال فوق بحرانی در استخراج ترکیبات فنولی موثرتر از استخراج با آب زیر بحرانی عمل نموده است [16,17]. مقدار ترکیبات فنولی در تفاله کدو را $160/23$ میلی گرم بر گرم وزن خشک تفاله اعلام نمودند [18]. مقدار ترکیبات فنولی کلی عصاره کدو حلوائی را $672/19$ میلی گرم گالیک اسید بر ۱۰۰ گرم عصاره محاسبه نمودند که از مقدار بدست آمده در پژوهش حاضر بیشتر است و دلیل اختلاف روش استفاده شده در استخراج می باشد. بیشترین میزان کاروتن کل در عصاره CASB مشاهده شد. مقدار کاروتن کل استخراج شده در روش آب زیر بحرانی بیشتر از سیال فوق بحرانی بود. اعمال دما و فشار همزمان در روش استخراج با سیال فوق بحرانی نقش مهمی در افزایش قدرت حلالیت کربن دی اکسید دارد و به طور موثری استخراج فیتوکمیکال ها و مواد مغذی را از پوست

Table 2 Amount of phenolic, flavonoids and carotenoid compounds of the extracts

total carotene (mg β -carot/100 g E)	Total flavonoids (mg QE/100 g E)	Total phenol (mg GA/100 g E)	Type of extract
3.88±0.90 ^d	218.72±3.48 ^b	203.8±0.87 ^b	PHSB
12.16±2.47 ^b	2.03±0.36 ^c	9.82±1.68 ^c	CASB
8.04±3.36 ^a	1.11±0.04 ^d	10.29±1.43 ^d	CASP
3.22±2.35 ^c	276.21±2.19 ^a	343.5±8.84 ^a	PHSP

Non-identical lowercase letters in each column indicate statistically significant differences at the 5% level.

اتم هیدروژن خنثی می شوند. این روش ها آسان و ارزان هستند و میتوانند به آسانی در کارخانجات مورد استفاده قرار بگیرند [20]. اکسیداسیون لینولئیک اسید شکل گیری رادیکال های آزاد را تسریع می نماید که در نهایت منجر به بیرنگ شدن مولکول های بتاکاروتن بسیار غیر اشباع میگردد. لذا اضافه کردن یک آنتی اکسیدان به امولسیون بتاکاروتن: لینولئیک اسید ممکن است با خنثی نمودن رادیکال های آزاد لینولات از بیرنگ شدن بتاکاروتن جلوگیری نماید [21,22] قطبیت ترکیبات مهار کننده رادیکال های آزاد یک پارامتر بسیار مهم در تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی آنها می باشد [16]. نتایج مربوط به اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره ها با استفاده از روش مهار رادیکال DPPH، احیا

۳-۲- خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره ها

روش مهار رادیکال آزاد DPPH یکی از روش های سریع برای تعیین ظرفیت اهدا هیدروژن مواد شیمیایی و در نتیجه ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی آنها است. زمانیکه مولکول DPPH با رادیکال پروتون مواجه میشود، رنگ خاکستری آن به سرعت محو میشود [19]. روش ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی DPPH در واقع وابسته به توانایی DPPH به عنوان یک رادیکال آزاد پایدار در جهت رنگبری در حضور آنتی اکسیدان ها است. لذا مقدار کمتر دلیلی برای توانایی بالای عصاره در مهار رادیکال های آزاد است. در روش احیا آهن رادیکال های آزاد با استفاده از انتقال الکترون و یا دفع

نمودند [23,24]. Abootalebian و همکاران (۲۰۱۶)، از روش مهار رادیکال آزاد DPPH به عنوان یک روش سریع جهت اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی چند عصاره خانواده *Mentha* استفاده نمودند و نشان دادند که با افزایش غلظت عصاره از ۵۰ به ۵۰۰ ppm فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره به صورت مهار رادیکال آزاد DPPH افزایش می یابد و فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره بالاتر از آنتی اکسیدان سنتزی BHA بود که مطابق با نتایج بدست آمده از این پژوهش در غلظت ۴۰۰ ppm عصاره است.

آهن و بیرنگ شدن بتاکاروتن: لینولتیک اسید در نمودارهای ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده میشود با افزایش غلظت عصاره ها میزان مهار رادیکال های آزاد، احیا آهن و بیرنگ شدن بتاکاروتن: لینولتیک اسید افزایش یافته است و اختلاف معنی دار آماری ایجاد شده است. [16] نشان دادند که با افزایش میزان ترکیبات فنولی خاصیت آنتی اکسیدانی به صورت مهار رادیکال آزاد DPPH افزایش می یابد که مطابق با نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر است. پژوهشگران دیگر نیز به اتفاق افزایش خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره همراه با افزایش ترکیبات فنولی را گزارش

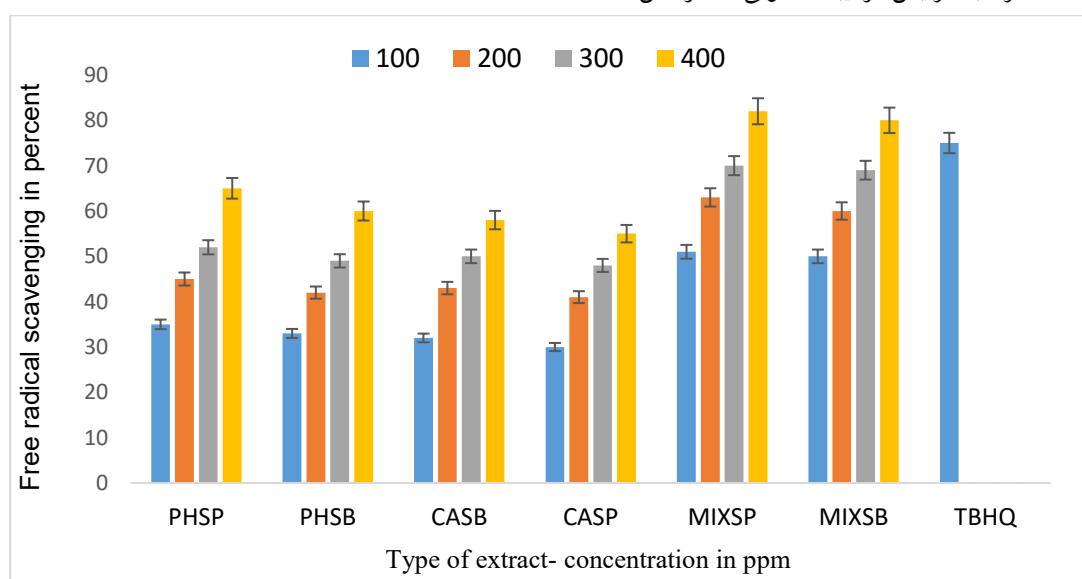


Fig1 DPPH free radical inhibition rate of different concentrations of extract (100-400 ppm) and synthetic antioxidant TBHQ (100 ppm)

غلظت عصاره خاصیت آنتی اکسیدانی افزایش یافته است که مطابق با نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر است. همانطور که مشاهده شد کیفیت ترکیبات فنولی در عصاره های استخراج شده با روش های مختلف متفاوت بود. بنظر میرسد ترکیبات غیر فنولی موجود در عصاره مانند مولکول های با وزن مولکولی پائین پروتئینی و کربوهیدراتی نیز بر میزان مهار رادیکال های آزاد تاثیر دارند [24]. از آنجاییکه فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره ها مرتبط با تعداد و موقعیت گروه های هیدروکسیل ترکیبات فنولی است. به عنوان مثال کافئیک اسید با دو گروه هیدروکسیل دارای فعالیت آنتی اکسیدانی بالاتری نسبت به کوماریک اسید با یک گروه هیدروکسیل

X. Agregán و همکاران (۲۰۱۷)، فعالیت آنتی

اکسیدانی عصاره های گیاهی در آزمون احیا آهن را مرتبط با غلظت عصاره ها دانستند و با افزایش غلظت عصاره روند افزایشی در میزان مهار رادیکال های آزاد گزارش نمودند. نوع ترکیبات موجود در عصاره بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی آنها اثرگذار است. Mala و همکاران (۲۰۱۶)، فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره پوست و پالپ کدو حلوائی را با استفاده از سه روش مهار رادیکال آزاد DPPH احیا آهن و رادیکال ABTS مورد بررسی قرار دادند که مشخص شد در تمام روش های ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی با افزایش

گردید که این آرد در آزمون احیای آهن فعالیت آنتی اکسیدانی از خود نشان می دهد که به دلیل وجود ترکیبات زیست فعال در پوست کدو حلوائی می باشد. John و همکاران (۲۰۱۴)، رابطه مستقیم بین میزان ترکیبات فنولی و خاصیت آنتی اکسیدانی وجود دارد. Maizura و همکاران (۲۰۱۱)، نیز رابطه مستقیمی بین میزان ترکیبات فنولی و خاصیت احیا کنندگی آهن در آزمون FRAP برای عصاره های زردچوبه و زنجبیل گزارش نمودند که مطابق با نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر است. J. Singh و همکاران (۲۰۱۶)، ضمن بررسی اثرات آنتی اکسیدانی عصاره پوست کدو با استفاده از آزمون های مهار رادیکال آزاد DPPH و ABTS و همچنین احیا آهن نشان دادند که بین غلظت ترکیبات فنولی و خاصیت آنتی اکسیدانی رابطه وجود دارد و با افزایش غلظت ترکیبات فنولی فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره ها افزایش می یابد که مطابق با نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر است. Maghsoudlou و همکاران (۲۰۱۷)، فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره پوست و پالپ دو واریته انجیر را با استفاده از آزمون های مهار رادیکال آزاد DPPH و احیا آهن مورد بررسی قرار دادند و مشخص گردید با افزایش غلظت عصاره فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش می یابد که مطابق با نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر است.

است که میزان هر دو فنول ذکر شده در عصاره استخراج شده با آب زیر بحرانی بالاتر از سیال فوق بحرانی بود. کاروتنوئیدهای موجود در عصاره های کاروتنوئیدی از پراکسیداسیون جلوگیری می نمایند. آنها توانایی اهدای اکسیژن یگانه که منجر به تولید رادیکال های آزاد و آسیب به سلول ها میشود را دارا هستند. عصاره ها ترکیبات زیست فعالی هستند که برای کنترل واکنش های اکسیداتیو مورد استفاده قرار میگیرند.

کاروتنوئیدها و ترکیبات فنولی موجود در عصاره به عنوان گیرنده های رادیکالی عمل می نمایند و میتوانند نقش مهمی در جلوگیری از اکسیداسیون بازی کنند. همچنین عصاره فنولی استخراج شده با استفاده از آب زیر بحرانی در هر سه روش ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی، دارای اثرات مهاري بیشتری بود و خاصیت آنتی اکسیدانی بالاتری نشان داد. عصاره های فنولی نسبت به عصاره های کاروتنوئیدی دارای اثرات آنتی اکسیدانی بیشتری بودند. دلیل این امر میتواند مرتبط با حضور پیوندهای دوگانه در ساختمان کاروتنوئیدها باشد. زیرا اکسیداسیون در کاروتنوئیدها در موقعیت ایزومریزاسیون و حضور اکسیژن بیشتر اتفاق می افتد [25]. به عبارت دیگر مولکول های کاروتنوئید در ماتریکس سلول های کدو نسبتا پایدار هستند اما در مواجهه با نور، گرما، اکسیژن و اسید بسیار حساس میشوند [26].

Avila و همکاران (۲۰۱۸)، فعالیت آنتی اکسیدانی آرد پوست کدو حلوائی را اندازه گیری نمودند و مشخص

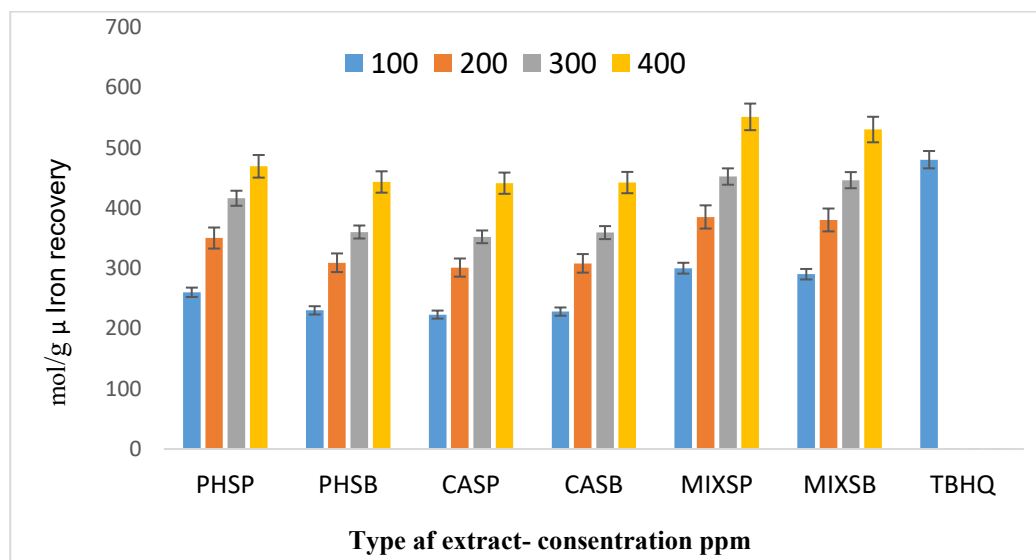


Fig 2 Iron reduction rate of different concentrations of extract (100-400 ppm) and synthetic antioxidant TBHQ (100 ppm)

در عصاره می باشد. Abootalebian و همکاران (۲۰۱۶)، ضمن اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی غلظت های مختلف عصاره های خانواده نعنا نشان دادند که با افزایش غلظت عصاره فعالیت آنتی اکسیدانی آن به صورت بیرنگ شدن بتاکاروتن: لینولئیک اسید افزایش می یابد که همراستا با نتایج بدست آمده از این پژوهش است. مشاهده میشود که در ارزیابی آنتی اکسیدانی هر سه روش بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی مربوط به نمونه های ترکیبی فنولی و کاروتنوئیدی بود که نشان دهنده اثرات سینرژیستی ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدی در بروز خصوصیات آنتی اکسیدانی است.

همانطور که مشاهده میشود در تمامی عصاره ها با افزایش غلظت عصاره ها میزان فعالیت آنتی اکسیدانی آنها افزایش یافته است. در واقع عصاره استخراج شده با روش آب زیربحرانی به دلیل دارا بودن مقادیر بالایی از ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی دارای فعالیت آنتی اکسیدانی بالاتری بود. همچنین ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره وابسته به ساختار شیمیایی ترکیبات سازنده در عصاره خام می باشد [27] و تفاوت در فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره های مختلف که با دو روش متفاوت استخراج شده اند وابسته به نوع و مقدار ترکیبات فنولی و یا کاروتنوئیدی

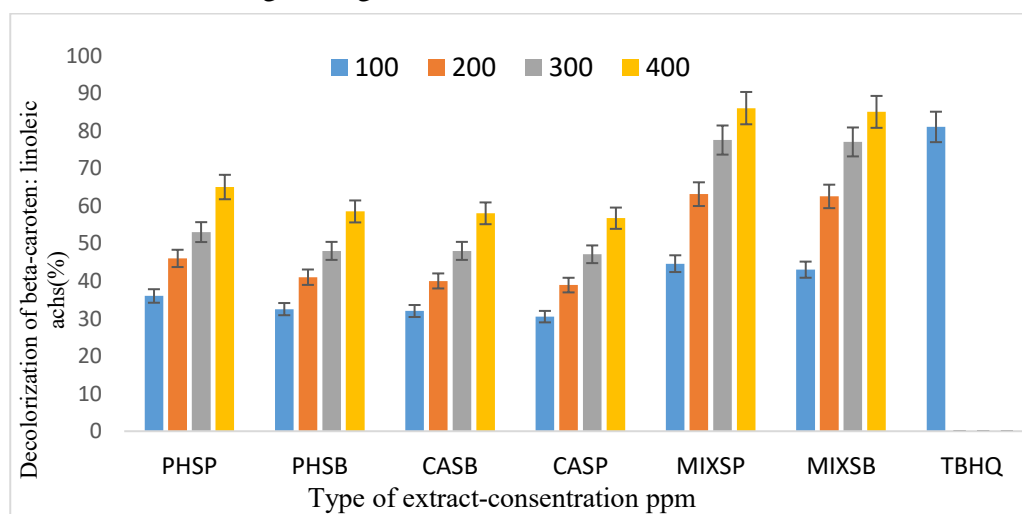


Fig 3 The amount of decolorization of beta-carotene: linoleic acid of different concentrations of extract (100-400 ppm) and synthetic antioxidant TBHQ (100 ppm)

در شرایط فوق بحرانی که مولکول های آن دارای مقدار قطبیت محدود است توسط استفاده توام از کمک حلال قطبی، مقدار قطبیت آن افزایش یافته و در نتیجه توانایی استخراج کربن دی اکسید و حلالیت ترکیبات آلی قطبی بهبود می یابد [18] کاروتنوئید یک ترکیب نامحلول در آب است که در عصاره پوست کدو حاصل از روش آب زیر بحرانی بیشتر مشاهده شده است.

مقایسه میانگین میزان ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدی در عصاره استخراج شده توسط روش سیال فوق بحرانی و آب زیر بحرانی در جدول ۳ نشان داده شده است. بیشترین غلظت ترکیبات فنولی مربوط به عصاره حاصل از روش سیال فوق بحرانی بوده است. مقدار کل ترکیبات فنولیک حاصل از حلال های مختلف به علت قطبیت متفاوت هر حلال و توانایی حل کردن آن ها متفاوت است [28] کربن دی اکسید

Table 3 Amount of phenolic and carotenoid compounds of extracted extracts

Samples	Total phenol (mg GA/100 g E)	total carotene (mg/100 g E)
SWE	213.6 ± 5.87 ^b	15.2 ± 2.35 ^a
SFE	353.5 ± 8.84 ^a	11.48 ± 0.90 ^b

(SWE: extract from subcritical water, SFE: extract from supercritical fluid)

ترکیبات موجود در عصاره بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی آنها اثرگذار است [20]. Abootalebian و همکاران (۲۰۱۶)، نشان دادند که همبستگی بالایی بین میزان ترکیبات فنولی و خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره وجود دارد. فنول ها ترکیبات حساس به حرارت هستند در نتیجه دلیل پایین بودن غلظت فنول عصاره آب زیر بحرانی در مطالعه حاضر این است که احتمالاً رنجی از ترکیبات فنولیک استخراجی در دمای بالا فرایند آب زیر بحرانی تخریب شده اند. Rangsiwong و همکاران (۲۰۰۹)، در بررسی خود کاهش مقدار ترکیبات فنولیک در دما بالاتر فرایند آب زیر بحرانی را، تخریب شدن این ترکیبات تحت دمای بالا دانستند. فعالیت آنتی اکسیدانی مخلوطی از عصاره حاصل از سیال فوق بحرانی و آب زیر بحرانی بیشتر از عصاره SFE و SWE به تنهایی بود. به طوری که عصاره ترکیبی (MIX) (SFE-SWE) در غلظت ۴۰۰ ppm فعالیت بالاتری را نسبت به آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ از خود نشان داد.

۳-۳- خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره ها

نتایج مربوط به اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره ها با استفاده از روش مهار رادیکال DPPH، احیا آهن و بیرنگ شدن بتاکاروتن: لینولئیک اسید در نمودارهای ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود با افزایش غلظت عصاره ها میزان مهار رادیکال های آزاد، احیا آهن و بیرنگ شدن بتاکاروتن: لینولئیک اسید افزایش یافته است و اختلاف معنی دار آماری ایجاد شده است. Konrade و Klava (۲۰۱۷)، نشان دادند که با افزایش میزان ترکیبات فنولی خاصیت آنتی اکسیدانی به صورت مهار رادیکال آزاد DPPH افزایش می یابد که مطابق با نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر است. پژوهشگران دیگر نیز به اتفاق افزایش خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره همراه با افزایش ترکیبات فنولی را گزارش نمودند [24,25]

در غلظت برابر عصاره حاصل از روش سیال فوق بحرانی نسبت به آب زیر بحرانی به علت داشتن میزان فنل بیشتر در نتیجه فعالیت آنتی اکسیدانی بالاتری، از خود نشان داد. نوع

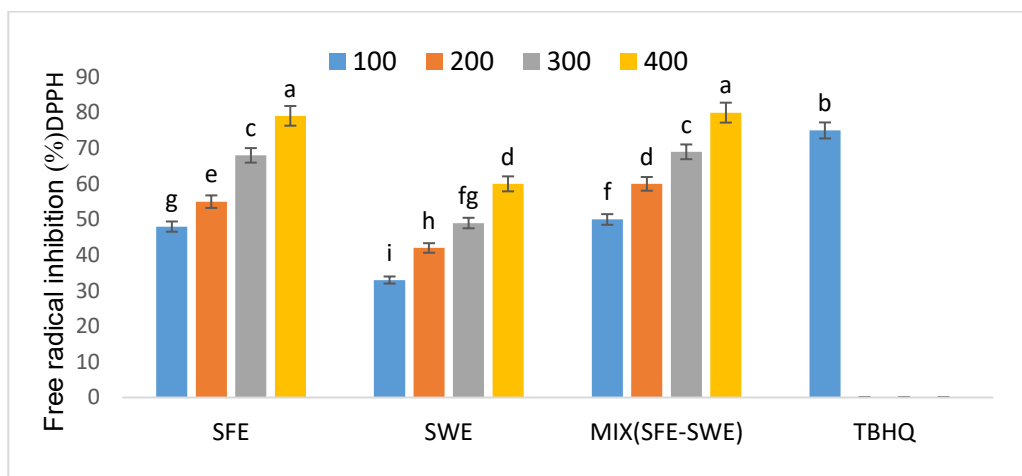


Fig 4 free radical inhibition rate of different DPPH concentrations of extract (100-400 ppm) and synthetic antioxidant TBHQ (100 ppm)

در پوست کدو حلوایی می باشد. John و همکاران (۲۰۱۴)، رابطه مستقیم بین میزان ترکیبات فنولی و خاصیت آنتی اکسیدانی وجود دارد.

Avail و همکاران (۲۰۱۸)، فعالیت آنتی اکسیدانی آرد پوست کدو حلوایی را اندازه گیری نمودند و مشخص گردید که این آرد در آزمون احیای آهن فعالیت آنتی اکسیدانی از خود نشان می دهد که به دلیل وجود ترکیبات زیست فعال

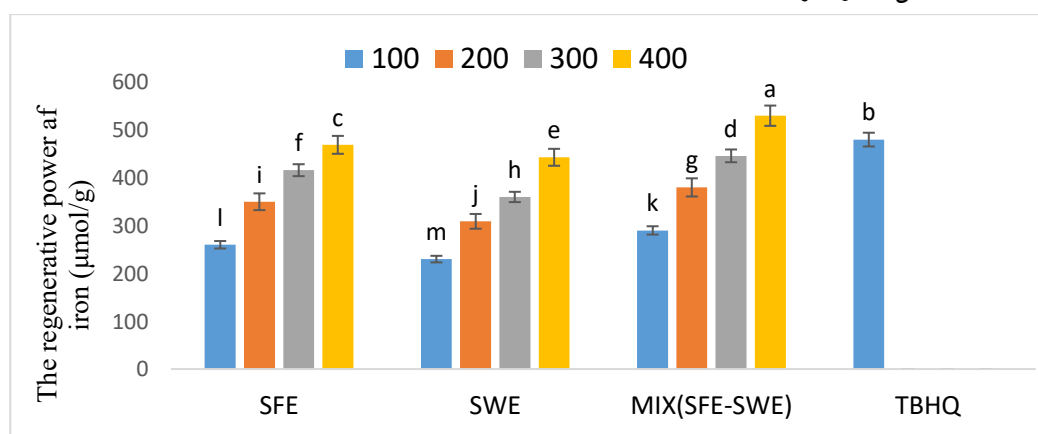


Fig 5 The amount of iron reduction power in different concentrations of extract (100-400 ppm) and synthetic antioxidant TBHQ (100 ppm)

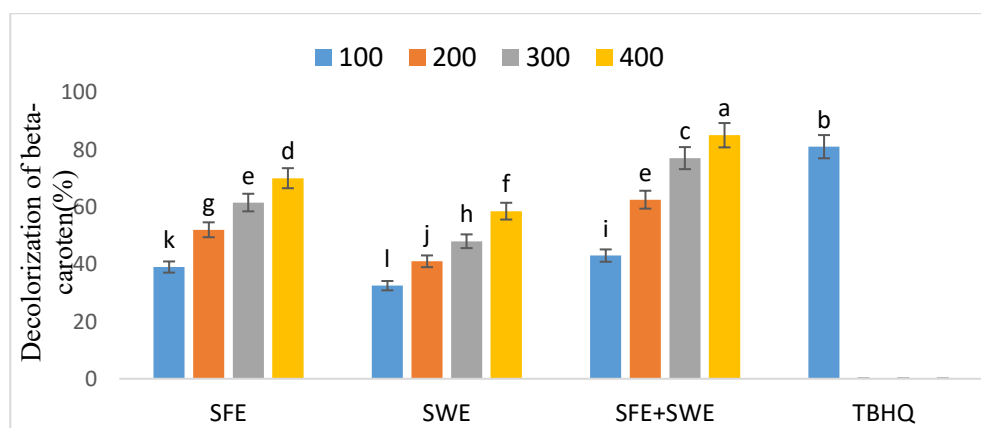


Fig 6 The amount of decolorization of beta-carotene: linoleic acid in different concentrations of extract (100-400 ppm) and synthetic antioxidant TBHQ (100 ppm)

استخراج با آب زیر بحرانی برای استخراج کاروتنوئیدها و روش استخراج با سیال فوق بحرانی برای استخراج ترکیبات فنولی موثرتر عمل نمود. همبستگی قوی بین خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره ها با میزان ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدی آنها مشاهده شد. همچنین عصاره ترکیبی که دارای خاصیت آنتی اکسیدانی بیشتر در هر سه روش مهار رادیکال آزاد، احیا آهن و بیرنگ شدن بتاکاروتن دارای لینولئیک اسید بیشتری نسبت به عصاره های جداگانه بود. پوست کدو فرآورده جانبی کارخانجات فرآوری کدو حلوائی و منبع غنی از ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدی و سایر ترکیبات زیست فعال است. یافته های این پژوهش نشان می دهد که آنتی اکسیدان طبیعی عصاره ترکیبی پوست کدو به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدی میتواند به عنوان یک جایگزین برای آنتی اکسیدان های سنتزی در کارخانجات مواد غذایی مورد استفاده قرار بگیرند.

۴ - نتیجه گیری

در این پژوهش عصاره فنولی و کاروتنوئیدی پوست کدو حلوائی با استفاده از روش های استخراج با سیال فوق بحرانی و استخراج با آب زیر بحرانی جمع آوری شد. خصوصیات آنتی اکسیدانی عصاره ها در غلظت های مختلف اندازه گیری و با آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ مقایسه شد و مشخص گردید عصاره های ترکیبی به دلیل خاصیت سینرژیستی عصاره ها دارای بالاترین خاصیت آنتی اکسیدانی در هر سه روش مورد بررسی را داشتند. بطور کلی در تمام روش های ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره ترکیبی استخراج شده با استفاده از سیال فوق بحرانی و پس از آن عصاره ترکیبی استخراج شده به روش آب زیر بحرانی بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی را نشان دادند. همچنین روش

۵-منابع

- [1] Moshiry, A., Sari, A., & Aghajani, N. 2018. Optimizing the extraction conditions of the acetone extract of Ajowan seed and its effect on the stabilization of crude soybean oil. Quarterly Journal of New Food Technologies, 5, 3, 469-483.
- [2] Esmaeilzadeh Kenari, R., Mehdipour, S.Z., & Razavi, R. 2017. Investigating the changes of fatty acids and antioxidant properties of kiwi peel extract in the stabilization of sunflower oil during thermal conditions. Quarterly Journal of Food Science and Industry. 68, 14, 125-135
- [3] Caili, F., Huan, S., & Quanhong, L. 2006. A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. Plant Foods for Human Nutrition, 61(2), 70-77.
- [4] Kabir, F., Tow, W. W., Hamauzu, Y., Katayama, S., Tanaka, S., & Nakamura, S. 2015. Antioxidant and cytoprotective activities of extracts prepared from fruit and vegetable wastes and by-products. Food Chemistry, 167, 358-362.
- [5] Ashwini Sopan, B., Vasantrao, D., & Ajit, S. 2014. Total phenolic content and antioxidant potential of cucurbita maxima (pumpkin) powder. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 5, 1903-1907
- [6] Bhat, M. A., & Anju, B. 2013. Study on physico-chemical characteristics of pumpkin blended cake. Journal of Food Processing and Technology, 4(9).
- [7] Ghaboos, S. H. H., Ardabili, S. M. S., Kashaninejad, M., Asadi, G., & Aalami, M. 2016. Combined infrared-vacuum drying of pumpkin slices. Journal of food science and technology, 53(5), 2380-2388.
- [8] Aliakbarian, B., Fathi, A., Perego, P., & Dehghani, F. 2012. Extraction of antioxidants from winery wastes using subcritical water. The Journal of Supercritical Fluids, 65, 18-24.
- [9] Gelmez, N., Kincal, N. S., & Yener, M. E. 2009. Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of antioxidants from roasted wheat germ based on yield, total phenolic and tocopherol contents, and antioxidant activities of

the extracts. *The Journal of Supercritical Fluids*, 48(3), 217-224

[10] Shitu, A., Izhar, S., & Tahir, T. 2015. Sub-critical water as a green solvent for production of valuable materials from agricultural waste biomass: a review of recent work. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 1(3), 255-264.

[11] Cuco, R. P., Cardozo-Filho, L., & da Silva, C. 2019. Simultaneous extraction of seed oil and active compounds from peel of pumpkin (*Cucurbita maxima*) using pressurized carbon dioxide as solvent. *The Journal of Supercritical Fluids*, 143, 8-15

[12] Setyorini, D., Aanisah, R., Machmudah, S., Winardi, S., Kanda, H., & Goto, M. 2018. Extraction of Phytochemical Compounds from *Eucheuma cottonii* and *Gracilaria* sp using Supercritical CO₂ Followed by Subcritical Water. Paper presented at the MATEC Web of Conferences.

[13] Esmaeilzadeh Kenari, R., Mohsenzadeh, F., Amiri, Z. R. J. F. s., & nutrition. 2014. Antioxidant activity and total phenolic compounds of Dezful sesame cake extracts obtained by classical and ultrasound-assisted extraction methods. 2(4), 426-435.

[14] Amarowicz, R., Pegg, R., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B., & Weil, J. J. F. c. 2004. Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. 84(4), 551-562.

[15] Singh, J., Singh, V., Shukla, S., & Rai, A. 2016. Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Selected Cucurbit Fruits Extracted with Different Solvents. *J Nutr Food Sci*, 6(565), 2.

[16] Konrade, D., & Klava, D. 2017. Total Content of Phenolics and Antioxidant Activity in Crispbreads with Plant By-product addition. *Rural Sustainability Research*, 38(333), 24-31.

[17] Kubola, J., & Siriamornpun, S. 2011. Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng). *Food Chemistry*, 127(3), 1138-1145.

[18] Priecina, L., & Karklina, D. 2014. Natural antioxidant changes in fresh and dried spices and vegetables. *Int J Biol Vet Agric Food Eng*, 8, 480-484.

[19] Prado, J. M., Veggi, P. C., & Meireles, M. A. A. 2014. Extraction methods for obtaining carotenoids from vegetables-review. *Current Analytical Chemistry*, 10(1), 29.

[20] Agregán, R., Lorenzo, J. M., Munekata, P. E., Dominguez, R., Carballo, J., & Franco, D. 2017. Assessment of the antioxidant activity of *Bifurcaria bifurcata* aqueous extract on canola oil. Effect of extract concentration on the oxidation stability and volatile compound generation during oil storage. *Food research international*, 99, 1095- 1102.

[21] Hiranvarachat, B., & Devahastin, S. 2014. Enhancement of microwave-assisted extraction via intermittent radiation: Extraction of carotenoids from carrot peels. *Journal of Food Engineering*, 126, 17-26.

[22] Sarikurkcü, C., Tepe, B., Daferera, D., Polissiou, M., & Harmandar, M. 2008. Studies on the antioxidant activity of the essential oil and methanol extract of *Marrubium globosum* subsp. *globosum* (lamiaceae) by three different chemical assays. *Bioresource Technology*, 99(10), 4239-4246.

[23] Singh, R., Chidambara Murthy, K., & Jayaprakasha, G. 2002. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(1), 81-86.

[24] Sojak, M., Jaros, M., & Głowacki, S. 2014. Analysis of giant pumpkin (*Cucurbita maxima*) quality parameters in various technologies of convective drying after long-term storage. *Drying Technology*, 32(1), 106-116.

[25] Zargar, F. A., Kumar, S., Bhat, Z. F., & Kumar, P. 2014. Effect of pumpkin on the quality characteristics and storage quality of aerobically packaged chicken sausages. *SpringerPlus*, 3(1), 39.

[26] Gallardo, G., Guida, L., Martinez, V., López, M. C., Bernhardt, D., Blasco, R. Hermida, L. G. J. F. R. I. 2013. Microencapsulation of linseed oil by spray drying for functional food application. 52(2), 473-482.

- [27] Zepka, L. Q., & Mercadante, A. Z. 2009. Degradation compounds of carotenoids formed during heating of a simulated cashew apple juice. *Food Chemistry*, 117(1), 28-34.
- [28] Amorim-Carrilho, K., Cepeda, A., Fente, C., & Regal, P. 2014. Review of methods for analysis of carotenoids. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 56, 49-73.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Comparison of bioactive compounds extracted from pumpkin skin using supercritical fluid and subcritical water methods

Azadeh Salami¹, Narmella Asefi^{2*}, Reza Ismailzadeh Kenari³, Mehdi Gharekhani⁴

1. Ph.D. in Department of Food Science and Technology, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Food Science and Industry, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Mazandaran.
4. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2022/10/24 Accepted: 2023/6/26	One of the most important problems in the food industry is food oxidation. Pumpkin skin has been noted for having phenolic and carotenoid compounds with antioxidant properties. In this research, phenolic and carotenoid extracts of pumpkin peel were obtained using sub-critical water extraction and supercritical fluid extraction methods and then phenolic and carotenoid compounds were measured. The combined extracts had the highest antioxidant properties due to the synergistic properties of the extracts. In general, in all the antioxidant activity evaluation methods, the combined extract extracted using supercritical fluid and then the combined extract extracted using subcritical water showed the highest antioxidant activity. Also, the extraction method with subcritical water was more effective for extracting carotenoids and the extraction method with supercritical fluid was more effective for extracting phenolic compounds. There was a relationship between the amount of phenolic and carotenoidal compounds of the extracts and the antioxidant activity. In all three methods antioxidant activities of extracts increased by increasing in extract concentration. The results showed that the combined phenolic-carotenoid extract of pumpkin skin can be a suitable alternative to synthetic antioxidants as a natural antioxidant.
Keywords: Pumpkin, subcritical water, supercritical fluid, canola oil, antioxidant.	
DOI: 10.22034/FSCT.22.163.50. *Corresponding Author E- narmela@iau.ac.ir	



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

فرمولاسیون نوشیدنی ورزشی سین بیوتیک فراسودمند بر پایه پرمیت آب پنیر هیدرولیزشده

مریم سلطانی^۱، وحید مفید^{۲*}، محمد ربانی^۱، سید امیر محمد مرتضویان^۲

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	نوشیدنی ایزوتونیک مبتنی بر پرمیت آب پنیر با محتوای بالاتر الکترولیت ها و
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲	کربوهیدرات ها، به عنوان یک منبع هیدراتاسیون جایگزین برای نوشیدنی های ورزشی
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸	معمولی مطرح است. در این مطالعه، نوشیدنی فراسودمند بر پایه پرمیت آب پنیر
کلمات کلیدی:	هیدرولیزشده و تلقیح شده با لاکتوباسیلوس پلاننتاروم و لاکتوباسیلوس کازئی به غلظت
پرمیت آب پنیر،	$10^8 \times 1/3$ CFU.ml-1 تهیه شد. لاکتوز موجود در پرمیت آب پنیر با استفاده از آنزیم β -
پری بیوتیک،	گالاکتوزیداز هیدرولیز گردید. در این راستا، تأثیر پری بیوتیک های افزوده شده (اینولین و
پرو بیوتیک،	الیگوفروکتوز) و هیدرولیز لاکتوز بر روی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی و میکروبی در طول
لاکتوز،	نگهداری در دمای یخچال بررسی شد. محصول به دست آمده زنده ماندنی خوبی را برای
ترکیبات فنولیک	کشت استارتر با مقدار 10^8 CFU.ml-1 پس از ۴ هفته نگهداری در شرایط یخچال نشان
DOI: 10.22034/FSCT.22.163.65.	داد. افزوده شدن پری بیوتیک ها به نوشیدنی موجب افزایش قابل توجهی در محتوای فنلی
* مسئول مکاتبات:	و خاصیت آنتی اکسیدانی محصول شد ($p < 0/05$). الیگوفروکتوز و اینولین امتیازات
vmofid@sbmvaeir	حسی را بهبود بخشیدند. تیمار حاوی هر دو پرو بیوتیک و پری بیوتیک ها بالاترین امتیازات
	حسی را در طول مدت نگهداری نشان دادند ($p < 0/05$). هیدرولیز لاکتوز به همراه
	بهبود پذیرش نوشیدنی ورزشی، می تواند برای افرادی که دچار عدم تحمل لاکتوز هستند،
	گزینه مناسبی باشد. بر اساس نتایج به دست آمده، این نوشیدنی می تواند جایگزین خوبی
	برای نوشیدنی های ورزشی و مواد آلرژی زای حاوی لاکتوز باشد.

۱- مقدمه

است. از این ترکیبات می‌توان به اینولین و الیگوفروکتوز اشاره کرد [۲].

پری بیوتیک‌ها کربوئیدرات‌های غیر قابل هضمی هستند که به طور انتخابی سبب تحریک رشد و فعالیت تعدادی از باکتری‌های روده شده و اثرات سودمندی بر میزبان اعمال می‌کنند. از پری بیوتیک‌های می‌توان به اینولین، صمغ‌های فیبری، رافیتیلین، پیرو دکستترین، زایلان، استاکیوز، مالتو دکستترین، لاکتیلول، گزیلو اولیگوساکارید، لاکتوسوکروز، رافیتلوز، لاکتولوز و فروکتو الیگوساکارید اشاره کرد. در میان الیگو ساکاریدهای غیر قابل هضم، اینولین و الیگو فروکتوز پری بیوتیک‌های شناخته شده‌ای هستند که اثرات مفید، آنها به اثبات رسیده بطوریکه به صورت گزینشی توسط باکتریهای مفید روده‌ای از جمله، بیفیدوباکتریها و لاکتوباسیلوس تخمیر شده، سبب تحریک رشد این باکتریهای مفید در روده می‌شوند [۳].

اگرچه مطالعات زیادی در زمینه تهیه نوشیدنی از آب پنیر غنی شده با پروبیوتیک‌ها و پریبیوتیک‌ها وجود دارد [۵] و [۴]، اما در مورد فرمولاسیون نوشیدنی هیدروالکتریک بر پایه ی پرمیت آب پنیر هیدرولیز شده که همزمان با باکتری‌های پریبیوتیک و پروبیوتیک‌ها غنی سازی شده باشد مطالعه‌ای یافت نشد. هدف این مطالعه تولید نوشیدنی ورزشی فراسودمند بر پایه ی پرمیت آب پنیر به عنوان محصول جانبی به دست آمده از تولید پنیر به همراه پری بیوتیک‌ها (اینولین و الیگوفروکتوز) و باکتری‌های پروبیوتیک شامل لاکتوباسیلوس پلانتروم^۱ و کازئی^۲ بود که می‌تواند بعنوان یک محصول جایگزین کاملاً طبیعی و ارزان قیمت برای نوشیدنی‌های ورزشی موجود در بازار معرفی شود.

۲- مواد و روش‌ها

نوشیدنی‌های ورزشی، مایعاتی هستند که به منظور تأمین آب و الکترولیت‌ها، انرژی و مواد مغذی مورد نیاز بدن ورزشکاران طراحی شده‌اند. این نوشیدنی‌ها معمولاً حاوی آب، الکترولیت‌ها (مانند سدیم و پتاسیم)، کربوهیدرات‌ها و ویتامین‌ها هستند. نوشیدنی ایزوتونیک مبتنی بر آب پنیر به دلیل غلظت الکترولیت بالاتر و محتوای کربوهیدرات مشابه، به عنوان یک منبع هیدراتاسیون جایگزین برای نوشیدنی‌های ورزشی پیشنهاد شده است. آب پنیر، محصول جانبی حاصل از فرآیند اولترافیلتراسیون آب پنیر شیرین، حاوی لاکتوز (به عنوان ماده اصلی تشکیل دهنده) به علاوه چندین ویتامین محلول در آب است که آن را از نظر تغذیه‌ای مهم می‌کند [۱].

تخمیر یک روش مؤثر برای تولید هیدرو الکترولیت‌های کاربردی بر پایه ی پرمیت آب پنیر^۱ است که می‌تواند همزمان به عنوان یک حامل مهم برای پروبیوتیک‌ها باشد. علاوه بر این، باکتری‌های اسید لاکتیک مواد بازدارنده مختلفی تولید می‌کنند که می‌توانند ماندگاری محصولات تخمیر شده را افزایش دهند [۲].

باکتری‌های پروبیوتیک به علت حساسیت به شرایط محیطی در فرآوری محصولات غذایی و همچنین محیط دستگاه گوارش توان زنده‌مانی کمی دارند که از مهم‌ترین چالش‌های موجود در حوزه تولید و فرآوری محصولات پروبیوتیکی به شمار می‌آید. در این راستا استفاده از مواد پری بیوتیک که تحریک کننده رشد پروبیوتیک‌ها در روده هستند و می‌توانند به زنده‌مانی بهتر آن‌ها در زمان نگهداری محصول کمک کند، در تولید غذاهای پروبیوتیکی ضروری به نظر می‌رسد و برای تولید انبوه و اقتصادی محصولات پروبیوتیکی بسیار مناسب

مدت 5 دقیقه غیرفعال کردند. سپس نمونه‌های آماده‌شده به سرعت تا دمای اتاق خنک شده و در ادامه فیلتر شدند تا کدورت آنها از بین برود [۶].

برای ارزیابی سطح لاکتوز اولیه و قند های حاصل از هیدرولیز لاکتوز از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) استفاده شد. یک سیستم HPLC مارک واترز به همراه آشکارساز UV-vis برای تعیین سطح هیدرولیز لاکتوز استفاده شد. در این دستگاه از ستون Eurokat H و فاز متحرک اسید سولفوریک (0/01 نرمال) با سرعت 0/05 میلی لیتر در دقیقه استفاده شد. میزان کمی قند ها بر اساس سطح زیر منحنی محاسبه شد [۷].

۲-۲- آماده‌سازی کشت پروبیوتیکی

سویه‌های باکتری‌های پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پلانتاروم (PTCC 1058) و لاکتوباسیلوس کازئی (PTCC 1608) با شماره دسته مشخص از مرکز تک ژن و محیط‌های MRS broth و MRS agar نیز از ایبرسکو تهیه شدند. برای تهیه میزان تلقیح باکتریایی از کشت استوک، سویه‌های باکتری‌های پروبیوتیک در محیط کشت MRS broth در دمای 37 درجه سانتی‌گراد برای زمان 24 ساعت فعال گردیدند و پس از آن کشت دوم از محیط کشت MRS broth بر روی براث دیگر به مدت 24 ساعت و در دمای 37 درجه سانتی‌گراد صورت پذیرفت. سپس لوله‌های استریل تهیه شد و به آنها ۵ میلی‌لیتر از محیط مایع استریل اضافه گشت و از کشت دوم مقادیر مختلفی به داخل کووت منتقل شد و با بهره‌گیری از اسپکتروفتومتری جذب نوری در طول موج 600 نانومتر که طول موج مخصوص باکتری‌ها و منحنی رشد است، خوانده شد. پس از آن، از این لوله‌های کووت به منظور شمارش تعداد باکتری‌ها استفاده شد و در انتها، لوله کووت که حاوی

پرمیت آب پنیر (فرآورده اولترافیلترشده و تغلیظ‌شده از شیر بدون چربی گاو با روش اسمز معکوس) از شرکت لبنیات رامک کرج تهیه شد. اینولین (6 گرم در 100 گرم با درجه پلیمریزاسیون ≤ 23) و الیگوفروکتوز (96 گرم در 100 گرم با درجه پلیمریزاسیون 8) از شرکت (BENE-O-Rafti®، برزیل) تهیه شدند. استارتر لاکتوباسیلوس پلانتاریوم² (PTCC 1058) و لاکتوباسیلوس کازئی³ (PTCC 1608) از شرکت تک ژن زیست (تهران، ایران) با تعداد سلول‌های زنده اولیه 10^9 CFU/ml و محیط کشت MRS⁴ آگار توسط از شرکت Ibersco (تهران، ایران) تهیه شد.

۲-۱- هیدرولیز لاکتوز

هیدرولیز پرمیت آب پنیر با pH اولیه 6/45 توسط آنزیم β -گالاکتوزیداز (با منشأ میکروبی از باکتری کلائیورومایسس لاکتیس) و با غلظت آنزیمی معادل 1/11 گرم در لیتر در شیکر چرخشی (با 150 دور در دقیقه) در دمای 37 درجه سانتی‌گراد انجام شد. فعالیت این آنزیم برابر با 2000 واحد لاکتاز خنثی به ازای هر گرم آنزیم بود. یک واحد لاکتاز خنثی مقدار آنزیمی است که 3/1 میکرومول o-nitrophenol-B-D-galactoside در مدت یک دقیقه از o-nitrophenol-B-D-galactoside آزاد می‌کند. سپس از محلول KOH (۱ نرمال) برای تنظیم pH اسیدی محلول آنزیمی و بهینه‌سازی فعالیت آن استفاده شد و pH بر روی 6/5 تنظیم گردید. نمونه‌های به دست آمده در دمای 37 درجه سانتی‌گراد به مدت 4 ساعت انکوبه شدند و در نهایت آنزیم در دمای 60 درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه غیرفعال شد. این دما تقریباً مشابه دمای گزارش شده توسط Beuciler و همکاران (2005) است، جایی که آنها از آنزیم لاکتاز در دمای 37 درجه سانتی‌گراد به مدت 3 ساعت برای هیدرولیز پرمیت آب پنیر استفاده کردند و سپس آنزیم را در دمای 63 درجه سانتی‌گراد به

4- De Man-Rogosa-Sharpe

2- L. Plantarum

3- L. casei

گرم در 100 گرم) استریل توزین شدند و برای دو دقیقه با دستگاه استومکر SCIENTZ-09 (، چین) همگن گردیدند. توسط سمپلر 1000-100 میکرولیتری مقدار 1 میلی لیتر برای تهیه رقت های 10 تایی متوالی در لوله های شیشه ای محتوای 9 میلی لیتر محلول استریل آب پیتونه 0/1% ریخته شد و سری رقت ها با افزایش 1 میلی لیتر از هر رقت به 9 میلی لیتر آب پتون استریل تهیه گشت. سپس از محتویات هر یک از لوله های تهیه رقت 0/1 میلی لیتر با سمپلر استریل برداشته شد و در سطح پلیت MRS agar جامد کشت داده شد. پلیت ها برای 72 ساعت در دمای 37 درجه سانتی گراد گرمخانه گذاری شدند و تعداد کلنی های لاکتوباسیلوس پلانتاروم در نمونه های نوشیدنی 14، 1 و 28 روز پس از نگهداری در یخچال شمارش شدند. پلیت های دارای تعداد قابل شمارش از کلنی ها و به طور معمول پلیت های دارای 30 الی 300 کلنی انتخاب گردیدند و کلنی های کروی شکل، مقعر با قطر 1-1/5 سانتی متر با لبه های صاف و واضح و یا بدون هاله در اطراف کلنی، شمارش شدند و تعداد کلنی های هر پلیت بعد از تعیین تعداد در هر میلی لیتر ثبت گردید. محاسبه تعداد کلنی های رشد کرده روی آگار به شرح ذیل انجام پذیرفت. رابطه (1):

$$\frac{1}{\text{فاکتور رقت}} \times \text{تعداد کلنی} = \text{میلی لیتر/کلنی}$$

۲-۴-۲- شمارش باکتری لاکتوباسیلوس کازئی

شمارش باکتری لاکتوباسیلوس کازئی با روش پورپلیت و استاندارد صفحه ای بر روی محیط MRS agar انجام شد. ابتدا رقت های مناسب تهیه گردید و پس از کشت بر روی محیط MRS agar، محیط کشت به مدت 72 ساعت در دمای 37 درجه سانتی گراد گرماگذاری شد و شمارش کلنی صورت پذیرفت [۸].

نیم مک فارلند، معادل $10^8 \times 1/3$ باکتری در هر میلی لیتر بود، به منظور تهیه دوز تلقیح انتخاب شد. همچنین، یک قطره از محتوای محیط کشت MRS broth در سطح محیط جامد MRS agar جهت گرفتن تک کلنی خالص کشت شد.

2-3- تهیه ی نوشیدنی ورزشی

100 میلی لیتر پرمیت آب پنیر اولترافیلتراسیون و تغلیظ شده در فلاسک های ارلن مایر 250 میلی لیتری قرار گرفت. دو گروه تیماره مختلف به شرح زیر تهیه شدند: (I) پرمیت هیدرولیز شده (v/v) با 1٪ باکتری های لاکتوباسیلوس پلانتاروم و لاکتوباسیلوس کازئی، و (II) پرمیت هیدرولیز شده (v/v) با 1٪ باکتری های لاکتوباسیلوس پلانتاروم و لاکتوباسیلوس کازئی به همراه 1٪ پری بیوتیک (اینولین + الیگوفروکتوز). نمونه ها پس از افزودن کشت پروبیوتیکی و پری بیوتیک، در دمای 42 درجه سانتی گراد جهت تخمیر انکوبه شدند. زمان انکوباسیون 4 تا 4/5 ساعت تا رسیدن به pH برابر با 5 در نظر گرفته شد. سپس محصولات در دمای 4 درجه سانتی گراد در یخچال قرار گرفتند و به مدت 28 روز در این شرایط نگهداری شدند.

۲-۴-۲- شمارش باکتری های پروبیوتیک

ارزیابی جمعیت پروبیوتیکی یک محصول فراسودمند از ضرورت های مهم محسوب می شود تا معلوم شود جمعیت پروبیوتیکی کل به واسطه وجود دو نوع باکتری پروبیوتیک در طول نگهداری متحمل چه تغییراتی می شود.

۲-۴-۱- شمارش باکتری لاکتوباسیلوس پلانتاروم

جهت شمارش سلول های زنده، روش رقت سازی دهگانی و روش کشت پورپلیت^۵ به کار گرفته شد. به منظور تهیه رقت، مقدار ۱۰ سی سی از نمونه تولیدی همگن شده در کیسه های زیپ دار استریل حاوی ۹۰ میلی لیتر تری سدیم سترات (2)

۲-۵- خواص فیزیکوشیمیایی

۲-۵-۱- اندازه‌گیری اسیدیته و pH

جهت ثبات طعم محصول در طول نگهداری، به‌طوری که محصول در روز اول که توسط مصرف‌کننده خریداری می‌شود و روزیست و هشتم طعمی مشابه داشته باشد، باید تغییرات pH و اسیدیته ارزیابی شود و نمونه‌ای انتخاب گردد که کمترین میزان تغییرات را داشته باشد پس از تولید نوشیدنی، تغییرات pH توسط دستگاه pH متر (Metrohm model 827, Swiss) در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شد.

درصد اسیدیته قابل تیتراسیون از مقدار 0/1 NaOH (نرمال) مصرف شده برای تیتراسیون 18 گرم از نمونه تا رسیدن به pH نهایی 8/3، محاسبه شد [۹].

۲-۵-۲- ارزیابی فعالیت مهار رادیکال آزاد

قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH تیمارها با بهره‌گیری از روش سانچز و همکاران توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در 517 نانومتر تعیین گردید. DPPH رادیکال چربی دوستی است که در طول موج 517 نانومتر جذب بیشینه دارد. در آزمون DPPH، گروه‌های هیدروکسیل ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با دادن H به رادیکال‌های آزاد DPPH باعث کاهش مولکول‌های DPPH می‌شوند که با تغییر رنگ محلول واکنش از رنگ بنفش تیره به زرد روشن توأم است. در نتیجه جذب کاهش می‌یابد. جذب در طول موج 517 نانومتر مبین مقدار DPPH باقیمانده است. بدین منظور، 39/43 میلی‌گرم DPPH در 100 میلی‌لیتر متانول حل شد، سپس با متانول به نسبت 1 به 10 رقیق گردید. 0/1 میلی‌لیتر از نمونه‌های نوشیدنی با غلظت‌های مختلف با 3/9 میلی‌لیتر از محلول متانولی 0/1 میلی‌مولار DPPH جهت رسیدن به حجم 4 میلی‌لیتر مخلوط شد و به مدت 30 ثانیه با ورتکس (Stuart مدل SA7) هم زده شد. مخلوط حاصل برای 30 دقیقه جهت انجام واکنش در دمای اتاق و

در مکان تاریک قرار گرفت، سپس جذب نوری نمونه‌ها در طول موج 517 نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر در برابر بلانک حاوی متانول خوانده شد. درصد مهار رادیکال‌های آزاد با کمک فرمول زیر محاسبه گردید.

رابطه (3):

$$\%IP = (A_{\text{control}} - A_{\text{sample}} / A_{\text{control}}) \times 100$$

IP درصد مهار رادیکال‌های آزاد. A_{control} جذب کنترا (حاوی همه اجزاء واکنشگر بدون نمونه) و

A_{sample} جذب نمونه (حاوی حجم‌های مختلف عصاره گیاهی، متانول و محلول DPPH) است [۱۰].

2-5-3- اندازه‌گیری ترکیبات فنلی

تعیین کمی فنول کل با بهره‌گیری از روش طیف‌سنجی براساس واکنش با معرف فولین-سیوکالتیو^۶ انجام شد. روش فولین-سیوکالتیو از رایج‌ترین روش‌های اندازه‌گیری ترکیبات فنولی محسوب می‌شود. مبنای کار این روش، احیاء معرف فولین توسط ترکیبات فنولی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ است که حداکثر جذب را در طول موج 760 نانومتر نشان می‌دهد. در این روش، 0/5 میلی‌لیتر نمونه نوشیدنی با 2/5 میلی‌لیتر معرف فولین-سیوکالتیو 0/2 نرمال درون لوله آزمایش مخلوط شدند. بعد از گذشت 5 دقیقه، 2 میلی‌لیتر محلول 75 گرم بر لیتر سدیم کربنات به محتوای لوله آزمایش اضافه شد. پس از آن، میزان جذب رنگ نمونه‌ها بعد از گذشت 2 ساعت، با اسپکتروفتومتر در طول موج 760 نانومتر اندازه‌گیری شد و میزان کل ترکیبات فنولی با کمک منحنی استاندارد اسید گالیک ($R^2 = 0.9912$) بدست آمد. جهت ترسیم نمودار اسید گالیک، از غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از این ماده استفاده شد و در انتها، نتایج به

۴- تجزیه و تحلیل آماری

طراحی آزمایش‌ها با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح تصادفی در سه تکرار انجام شد. جهت پیدا کردن تفاوت معنادار میان میانگین داده‌های حاصل شده، از آزمون نتایج آنالیز واریانس (ANOVA)، تست چند دامنه‌ای دانکن^۷ با استفاده از نرم افزار SPSS22 استفاده شد. در تمام آنالیزهای آماری، سطح معنی‌داری ($p < 0.05$) در نظر گرفته شد.

۵- نتایج و بحث

۵-۱- هیدرولیز لاکتوز

شکل (۱) کروماتوگرام هیدرولیز لاکتوز را پس از مخلوط شدن با آنزیم β -گالاکتوزیداز نشان می‌دهد. پیک گلوکز و گالاکتوز (دو جزء اصلی لاکتوز) و همچنین پنتوز (به احتمال زیاد آرابینوز) به ترتیب در ۱۱/۷، ۱۴/۷ و ۲۰ دقیقه مشاهده شد. بر اساس کروماتوگرام بدست آمده تمام لاکتوز موجود در پرمیت آب پنیر به قند‌های سازنده اش تبدیل شد. مارتینز و همکاران (۲۰۱۱) هنگامی که از β -گالاکتوزیداز (تولید شده توسط *K. lactis*) برای هیدرولیز لاکتوز ماست معمولی استفاده کردند، به نتایج مشابهی دست یافتند [۱۳].

صورت میلی گرم اسید گالیک به ازای ۱۰۰ میلی گرم نمونه گزارش گردید [۱۱].

۳- ارزیابی حسی نمونه‌ها

آثار حسی ناشی از افزودن باکتری‌های پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پلانتروم، لاکتوباسیلوس کازئی و پری‌بیوتیک‌ها به نمونه نوشیدنی با بهره‌گیری از آزمایش قابلیت پذیرش حسی ارزیابی شد. نمونه‌های نوشیدنی در ظروف شیشه‌ای ۱۰ میلی‌لیتری قرار داده شده و به منظور ممانعت از مخلوش شدن نتایج، ظروف به صورت تصادفی کدگذاری شدند. ارزیابی حسی نمونه‌ها پس از یک شب ذخیره‌سازی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد توسط ۱۲ داور چشایی و با آزمون هدیونیک پنج امتیازی انجام گرفت. از هر یک از ارزیاب‌ها خواسته شد که ارزیابی رنگ، طعم، بو، احساس دهانی و پذیرش کلی نوشیدنی سین بیوتیک را برای هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتری با استفاده از عبارات (۱) خیلی بد، (۲) بد، (۳) متوسط، (۴) خوب و (۵) خیلی خوب ارائه دهند [۱۲].

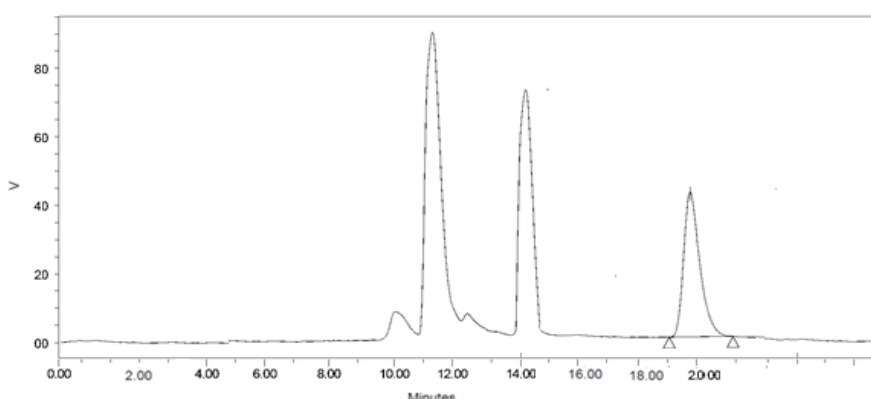


Figure 1. chromatogram of sugar analysis by the HPLC method

پرمیت آب پنیر هیدرولیز شده و در حضور و عدم حضور اینولین و الیگوفروکتوز را نشان می دهد.

5-2- اسیدیته و pH

جدول (1) میزان اسیدیته و pH در نوشیدنی های مختلف در طول ۲۸ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی گراد بر پایه

Table 1. pH and titratable acidity of samples during storage

Treatment	Storage time	Hydrolyzed permeate/probiotic	Hydrolyzed permeate/probiotic/prebiotic
pH	1 st day	4.82 ± 0.189 ^{dA}	4.84 ± 0.19 ^{dB}
	7 st day	4.72 ± 0.10 ^{cA}	4.72 ± 0.12 ^{cB}
	14 st day	4.56 ± 0.03 ^{bA}	4.69 ± 0.23 ^{bB}
	28 st day	4.25 ± 0.32 ^{aA}	4.50 ± 0.15 ^{aB}
	1 st day	0.68 ± 1.19 ^{dA}	0.78 ± 1.09 ^{dB}
acidity (%)	7 st day	0.85 ± 0.28 ^{cA}	0.88 ± 0.08 ^{cB}
	14 st day	1.05 ± 0.15 ^{bA}	0.97 ± 0.15 ^{bB}
	28 st day	2.68 ± 0.10 ^{aA}	1.88 ± 0.10 ^{aB}

standard deviation. Different lowercase letters indicate significance in the column ($p \pm$ Numbers are expressed as means <0.05). Different capital letters indicate significance in the row ($p <0.05$)

و در نتیجه باعث بالارفتن ثبات پروبیوتیک ها می شود. همچنین این امر مانع رشد میکروارگانیسم های بیماری زا می شود [۱۴].

عامل اصلی کاهش یافتن pH و افزایش اسیدیته در طول دوره ماندگاری، ممکن است در نتیجه تجزیه اسیدهای آلی و تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر باشد [۱۵]. در مطالعه Shah و همکاران (۲۰۰۱)، اثر پری بیوتیک های لاکتولوز، اینولین و اولیگوفروکتوز در ماست پروبیوتیک به نتایج مشابهی درباره اسیدیته و pH اشاره کردند [۱۶].

5-3- ترکیبات فنولیک و خاصیت آنتی اکسیدانی

تغییر در محتوای فنل کل و فعالیت آنتی اکسیدانی در نوشیدنی های تخمیر شده که در دمای ۴ درجه به مدت 28 روز ذخیره شده اند در جدول (2) نشان داده شده است.

مطابق جدول ۱، با مقایسه میانگین، بین تیمارهای مختلف تفاوت معناداری مشاهده گردید ($p \leq 0/05$). با افزایش میزان اینولین و الیگوفروکتوز در نوشیدنی، میزان اسیدیته به شکل معناداری کاهش یافت و pH به نحوی معنادار، افزایش پیدا کرد ($p \leq 0/05$). به علاوه، با گذشت زمان، اسیدیته به نحوی معنادار افزایش و pH به همان نحو، کاهش یافت ($p \leq 0/05$). در مجموع می توان چنین نتیجه گرفت که با افزودن اینولین و الیگوفروکتوز به نوشیدنی ها، میزان اسیدیته و pH دچار تغییر می شود.

طبق نتایج بدست آمده در طی مرحله تخمیر، اسیدیته به واسطه فعالیت سلولهای میکروبی افزایش پیدا کرده است. باکتری لاکتوباسیلوس پلانتروم کازئی، اسید لاکتیک و مجموعه ای از اسیدهای آلی مانند استیک اسید تولید می کند. کاهش pH و افزایش اسیدیته، با تولید اسیدهای آلی مرتبط است. بر اساس مطالعات، میزان pH در حدود 3/5- 4/5 در فرمولاسیون غذا به کاهش pH دستگاه گوارش می انجامد

Table 2. Total phenolic content and percentage of DPPH measured for 28 days at 4 ° C

Treatment	Storage time	Hydrolyzed permeate/probiotic	Hydrolyzed permeate/probiotic/prebiotic
TOTAL PHENOL (mg GAE/ 100 mL)	1 st day (before fermentation)	17.5 ± 0.05 ^{aA}	19.5 ± 0.05 ^{aA}
	1 st day (after fermentation)	16.5 ± 0.05 ^{bB}	25.04 ± 0.16 ^{aB}

	7 st day	20.19 ± 0.75 ^{bC}	25.96 ± 0.38 ^{aC}
	14 st day	23.63 ± 1.30 ^{bD}	26.56 ± 1.8 ^{aD}
	28 st day	25.20 ± 0.14 ^{bE}	28.43 ± 1.25 ^{aE}
DPPH (%)	1 st day (before fermentation)	0.02 ± 0.24 ^{bA}	0.09 ± 0.24 ^{aA}
	1 st day (after fermentation)	2.14 ± 1.24 ^{bB}	4.64 ± 1.22 ^{aB}
	7 st day	6.15 ± 1.15 ^{bC}	9.65 ± 1.05 ^{aC}
	14 st day	8.02 ± 1.45 ^{bD}	15.32 ± 1.15 ^{aD}
	28 st day	15.37 ± 0.25 ^{bE}	18.72 ± 1.25 ^{aE}

Numbers are expressed as means ± standard deviation. Different lowercase letters indicate significance in the column ($p < 0.05$). Different capital letters indicate significance in the row ($p < 0.05$).

[۲۰]. افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نوشیدنی تخمیر شده می‌تواند به دلیل افزایش غلظت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند پلی‌فنل، فلاونوئید و بتا کاروتن در طی تخمیر توسط باکتری‌های اسید لاکتیک باشد [۲۱].

افزایش فنول کل طی فرآیند تخمیر و در نتیجه بهبود خاصیت آنتی‌اکسیدانی توسط بسیاری از محققین به اثبات رسیده است و علت آن به هیدرولیز ترکیبات فنولی گلیکوزیل و ایجاد فنول آزاد نسبت داده شده است. میکروارگانیسم‌های یادشده توانایی افزایش فنول را در طی فرآیند تخمیر دارند. با این حال، در نمونه بدون پری‌بیوتیک‌ها، میزان ترکیبات فنولی در طی زمان تغییر کمتری را به نسبت نمونه حاوی پری‌بیوتیک از خود نشان داده‌اند. در پژوهشی مشابه، پژوهشگران بیان داشتند که محتوای فنول کل آب زغال‌اخته، انگور و توت‌فرنگی بعد از تخمیر با سراتیا واکسینی، افزایش معناداری داشته است، به‌طوری که پس از تخمیر توت‌فرنگی به مدت ۵ روز، مقدار فنل کل از 385 به 771 میلی‌گرم اسید گالیک به‌ازای هر لیتر رسیده است [۲۲].

5-3- شمارش باکتری‌های لاکتوباسیلوس کازئی و لاکتوباسیلوس پلاننتاروم

ترکیبات فنولیک در هر دو نمونه نوشیدنی، پس از تخمیر به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت ($p < 0/05$)، اما نوشیدنی-های تخمیر شده حاوی اینولین و الیگو فروکتوز بیشترین میزان ترکیبات فنولیک را داشتند. این امر می‌تواند به دلیل هیدرولیز ترکیبات فنولی گلیکوزیل و تولید ترکیبات فنلی آزاد از طریق تخمیر باشد [۱۷].

نتایج نشان می‌دهد که تخمیر نوشیدنی‌ها توسط LAB، جزء فعال زیستی نوشیدنی سین‌بیوتیک را حفظ می‌کند [۱۸]. اگرچه یک رژیم غذایی غنی از فیبر غذایی و پلی‌فنول‌ها اثرات مثبتی بر سلامت انسان دارد، اما فعالیت‌های زیستی آنها می‌تواند تحت تأثیر فعل‌وانفعالات مولکولی بین یکدیگر قرار گیرد [۱۹].

فعالیت آنتی‌اکسیدانی روند مشابهی را نشان داد. محتوای فنلی کل نوشیدنی عملکردی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی مطابق با جدول (2) همبستگی مثبت داشت. افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در هر دو مورد در نوشیدنی تخمیر شده دیده شد ولی این میزان بصورت معناداری در نوشیدنی حاوی پری‌بیوتیک‌ها بالاتر بود. نتایج ارائه‌شده مطابق با مطالعه Pereira و همکاران (۲۰۱۲) است که تأثیر تخمیر اسید لاکتیک را بر روی آب سیب بادام هندی ارزیابی کردند

شکل (۲) زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها را در طول نگهداری سرد به مدت ۲۸ روز نشان می‌دهد.

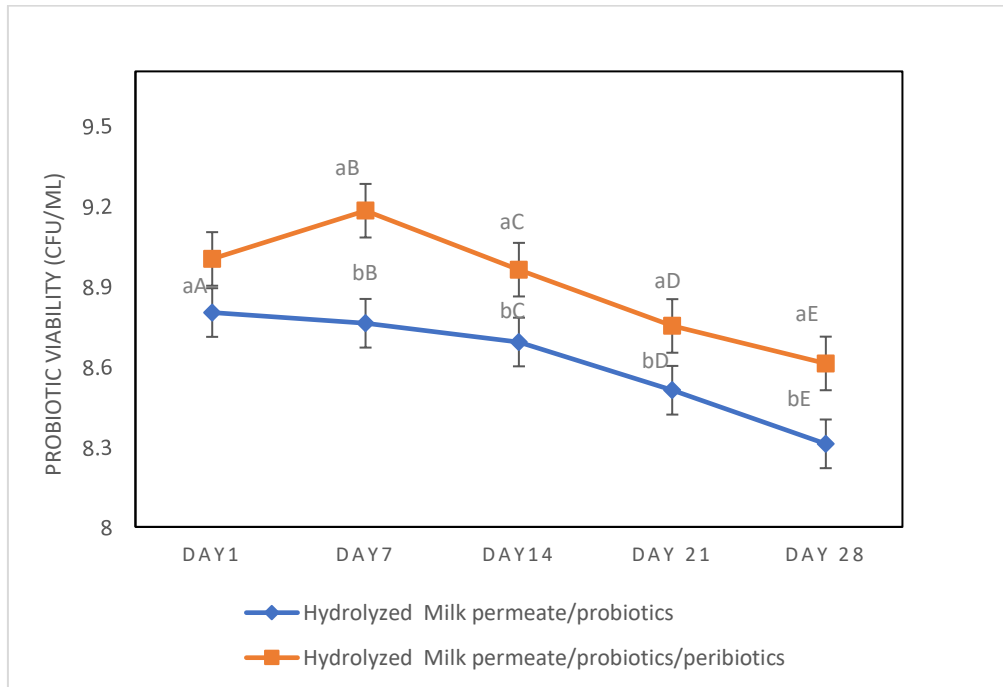


Figure 2. Survival of probiotic bacteria in beverages during storage

تحریک‌کننده پری بیوتیک‌ها بر رشد و زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک در محصول، با پژوهش‌های مشابه تطابق داشت [۲۶]. در این زمینه نوری و همکاران در سال (۲۰۱۷) گزارش دادند که عصاره جوانه چاودار با فعالیت پری بیوتیکی رشد و زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک را افزایش داد [۲۷].

۵-۴- ویژگی‌های حسی

جدول (۳) امتیازات ارزیابی حسی نمونه‌های نوشیدنی را طی مدت نگهداری نشان می‌دهد. ارزیاب‌ها تغییر حسی چشمگیری را در نمونه‌های مختلف طی ۲۸ روز گزارش کردند ($P < 0/05$).

نتایج نشان می‌دهد که باکتری‌های پروبیوتیک در طول ذخیره‌سازی زنده‌مانی خوبی با شمارش 10^8 CFU. mL⁻¹ داشتند. کاهش میزان باکتری‌های پروبیوتیک در طول ذخیره‌سازی ممکن است به کاهش pH محیط و تجمع اسید آلی در نتیجه رشد و تخمیر باکتری‌ها مرتبط باشد. در این راستا، Jayamanne و Adams (۲۰۰۹) کاهش قابل توجهی در تعداد زنده‌مانی *Bifidobacterium lactis* در محصولات در طول زمان نگهداری سرد گزارش کردند [۲۳]. بر اساس نتایج، میزان پروبیوتیک‌ها در تمام تیمارها در پایان هفته چهارم به حدود 10^8 CFU.mL⁻¹ رسیده است. این میزان، با حد استانداردهای بین‌المللی (10^8) برای باکتری‌های پروبیوتیک زنده در هر میلی‌لیتر از محصول در زمان مصرف مطابقت دارد [۲۴]. این نتایج با پژوهش‌های پیشین مطابقت داشت [۲۵].

افزودن پری بیوتیک‌ها (اینولین و اولیگو فروکتوز) زنده‌مانی *L. plantarum* و *L. casei* را به نحو چشمگیری ($P < 0/05$) در نوشیدنی‌های سین بیوتیک افزایش داد. اثر

Table 3. Predominant sensory scores (1–5) * for taste, odour, and overall acceptability of sport drink samples: HWP/Pro (Hydrolyzed Whey Permeate and Probiotic) and HWP/Pro/Pre (Hydrolyzed Whey Permeate, Probiotic, and Prebiotic) for 28 days storage at 4 °C.

parameter	Group	Day(s)				
		1	7	14	21	28
Taste	HWP/Pro	5 ± 0.00 ^D	4.10 ± 0.23 ^{aC}	4 ± 0.00 ^{aC}	3.5 ± 0.00 ^{aB}	3 ± 0.00 ^{aA}
	HWP/Pro/Pre	5 ± 0.00 ^D	5 ± 0.00 ^{bD}	4.70 ± 0.55 ^{bC}	4.52 ± 0.85 ^{bB}	4.01 ± 0.08 ^{bA}
Odour	HWP/Pro	5 ± 0.00 ^D	4.82 ± 0.23 ^D	4 ± 0.00 ^{aC}	3.6 ± 0.83 ^{aB}	3 ± 0.00 ^{aA}
	HWP/Pro/Pre	5 ± 0.00 ^C	4.80 ± 0.00 ^C	4.56 ± 0.21 ^{bB}	4.22 ± 0.24 ^{bA}	3.99 ± 0.82 ^{bA}
Overall Acceptability	HWP/Pro	5 ± 0.00 ^D	4.5 ± 0.00 ^{aD}	4 ± 0.00 ^{aC}	3.54 ± 0.16 ^{aB}	3.25 ± 0.23 ^{aA}
	HWP/Pro/Pre	5 ± 0.00 ^C	5 ± 0.00 ^{bC}	4.77 ± 0.16 ^{bB}	4.50 ± 0.33 ^{bAB}	4.20 ± 0.16 ^{bA}

Data are means ± SD. Means in a column shown with different lowercase letters are significantly different ($p < 0.05$). Means in a row shown with different uppercase letters are significantly different a row ($p < 0.05$).

ترکیبات پری بیوتیک شامل اینولین و الیگوفروکتوز طراحی شد تا در کنار بهبود خواص حسی و طعم محصول از طریق هیدرولیز لاکتوز، خواص عملکردی نوشیدنی نیز افزایش یابد. میزان زنده ماندن قابل قبولی از پروبیوتیک ها در طول ذخیره سازی تا روز ۲۸ مشاهده شد. هیدرولیز لاکتوز به مونوساکارید سازنده آن، خواص حسی نوشیدنی را به طور چشمگیری بهبود بخشید و به کارگیری پری بیوتیک (اینولین و الیگوفروکتوز) تاثیر مثبتی بر زنده ماندن باکتری های پروبیوتیک در طول ذخیره سازی داشتند. بنابراین، نوشیدنی ایزوتونیک فراسودمند فرموله شده می تواند جایگزین مناسبی برای نوشیدنی های ورزشی موجود باشد. همچنین این نوشیدنی می تواند یک نوشیدنی مناسب برای افراد مبتلا به بیماری عدم تحمل لاکتوز در نظر گرفته شود.

امتیاز طعم در هر دو گروه بعد از تخمیر قابل قبول ارزیابی شد. دلیل آن را می توان هیدرولیز لاکتوز موجود در پرمیت به قندهای سازنده اش قبل از تخمیر دانست. نمونه های نوشیدنی حاوی اینولین و الیگوفروکتوز بالاترین امتیازهای حسی را در طول نگهداری نشان دادند ($p \leq 0.05$). به علاوه، با گذشت زمان امتیاز طعم به نحو معناداری کاهش پیدا کرد ($p \leq 0.05$). این کاهش می تواند در ارتباط با افزایش درصد اسدیت و کاهش pH در نمونه ها در طول نگهداری باشد. امتیازات حسی مربوط به بو در مقایسه با طعم کمتر بود که ممکن است به علت بوی اسیدی نمونه ها باشد.

۶- نتیجه گیری

یک نوشیدنی ورزشی بر پایه پرمیت آب پنیر هیدرولیز شده حاوی پروبیوتیک های *L. plantarum* و *L. casei* و

۷- منابع

[1] Berry, C. W., Murray, B., & Kenney, W. L. (2022). Scientific basis for a milk permeate-based sports drink—A critical review. *International Dairy Journal*, 127, 105296.

[2] Gamage, S. M., Mihirani, M. K. S., Perera, O. D. A. N., & Weerahewa, H. L. (2016). Development of synbiotic beverage from beetroot juice using beneficial probiotic

- Lactobacillus Casei 431. *Ruhuna Journal of Science*, 7(2 December).
- [3] Ejaz, A., Afzaal, M., Saeed, F., Waliat, S., Shah, Y. A., Imran, A., Akram, N., Asghar, A., Ateeq, H., Alomar, S.Y., & Nawaz, A. (2023). Development and characterization of symbiotic microcapsules to enhance the viability of probiotic under stressed conditions. *International Journal of Food Properties*, 26(2), 2838-2853.
- [4] Rivas, J. C., Cabral, L. M. C., & Rocha-Leão, M. H. M. D. (2021). Microencapsulation of guava pulp using prebiotic wall material. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24, e2020213.
- [5] Guimarães, J. T., Silva, E. K., Alvarenga, V. O., Costa, A. L. R., Cunha, R. L., Sant'Ana, A. S., ... & Cruz, A. G. (2018). Physicochemical changes and microbial inactivation after high-intensity ultrasound processing of prebiotic whey beverage applying different ultrasonic power levels. *Ultrasonics sonochemistry*, 44, 251-260.
- [6] Beucler, J., Drake, M., & Foegeding, E. A. (2005). Design of a beverage from whey permeate. *Journal of food science*, 70(4), S277-S285.
- [7] Jeon, I. J., Galitzer, S. J., & Hennessy, K. J. (1984). Rapid determination of lactose and its hydrolyzates in whey and whey permeate by high performance liquid chromatography. *Journal of Dairy Science*, 67(4), 884-887.
- [8] Institute of Standards and Industrial Research of Iran (1393). standard 5272-2.
- [9] Becker, A. F., Rebelatto, E., Sabadin, K., Becker, J., Steffens, J., Bagatini, L., ... & Rigo, E. (2021). Evaluation of whey permeate obtained through nanofiltration for the formulation sports drinks. *Brazilian Journal of Development*, 7(2), 18753-18769.
- [10] Gad, A. S., Emam, W. H., Mohamed, G. F., & Sayd, A. F. (2013). Utilization whey in production of functional healthy beverage whey-mango beverages. *American Journal of Food Technology*, 8(3), 133-148.
- [11] AbdulAlim, T. S., Zayan, A. F., Campelo, P. H., & Bakry, A. M. (2018). Development of new functional fermented product: Mulberry-whey beverage. *J Nutr Food Technol*, 1(3), 64-69.
- [12] Stokes, C. N., O'Sullivan, M. G., Kerry, J. P. (2017). Hedonic and descriptive sensory evaluation of instant and fresh coffee products. *European Food Research and Technology*, 243, 331-340.
- [13] Martins, A. R., Monteiro, R. L., Burkert, J. F. D. M., & Burkert, C. A. V. (2012). Simultaneous enzymatic hydrolysis and lactic fermentation to obtain a yogurt with low lactose content. *Ciência e Agrotecnologia*, 36, 551-559.
- [14] Garro, M.S., de Valdez, G.F., Oliver, G. and de Giori, G.S., 1998. Growth characteristics and fermentation products of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus casei* and *L. fermentum* in soymilk. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 206(1), pp.72-75.
- [15] Pan, X.D., Chen, F.Q., Wu, T.X., Tang, H.G. and Zhao, Z.Y., 2009. Prebiotic oligosaccharides change the concentrations of short-chain fatty acids and the microbial population of mouse bowels. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 10(4), pp.258-263.
- [16] Shah, N., 2001. Functional foods from probiotics and prebiotics. *Food Technology*. 55.46-53.
- [17] Jayamanne, V.S. and Adams, M.R., 2009. Modelling the effects of pH, storage temperature and redox potential (Eh) on the survival of bifidobacteria in fermented milk. *International journal of food science & technology*, 44(6), pp.1131-1138.
- [18] Khalil, R., El-Halafawy, K., Mahrous, H., Kamaly, K., Frank, J. and El Soda, M., 2007. Evaluation of the probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from faeces of breast-fed infants in Egypt. *African Journal of Biotechnology*, 6(7).
- [19] Kumar, A. and Kumar, D., 2016. Development of antioxidant rich fruit supplemented probiotic yogurts using free and microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* culture. *Journal of food science and technology*, 53(1), pp.667-675.
- [20] Pereira ALF, Maciel TC, Rodrigues S. Probiotic beverage from cashew apple juice fermented with *Lactobacillus casei*. *Food Res Int* 2011; 44: 1276– 1283.
- [21] Pan, X.D., Chen, F.Q., Wu, T.X., Tang, H.G. and Zhao, Z.Y., 2009. Prebiotic oligosaccharides change the concentrations of

short-chain fatty acids and the microbial population of mouse bowels. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 10(4), pp.258-263.

[22] Quirós-Sauceda, A.E., Ayala-Zavala, J.F., Sáyago-Ayerdi, S.G., Vélez-de La Rocha, R., Sañudo-Barajas, A. and González-Aguilar, G.A., 2014. Added dietary fiber reduces the antioxidant capacity of phenolic compounds extracted from tropical fruit. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 87.

[23] Jayamanne, V.S. and Adams, M.R., 2009. Modelling the effects of pH, storage temperature and redox potential (Eh) on the survival of bifidobacteria in fermented milk. *International journal of food science & technology*, 44(6), pp.1131-1138.

[24] Tewari, S., Dubey, K.K. and Singhal, R.S., 2018. Evaluation and application of prebiotic and

probiotic ingredients for development of ready to drink tea beverage. *Journal of food science and technology*, 55(4), pp.1525-1534.

[25] Towo, E., Matuschek, E. and Svanberg, U., 2006. Fermentation and enzyme treatment of tannin sorghum gruels: effects on phenolic compounds, phytate and in vitro accessible iron. *Food Chemistry*, 94(3), pp.369-376.

[26] Wu, S.C., Su, Y.S. and Cheng, H.Y., 2011. Antioxidant properties of *Lactobacillus*-fermented and non-fermented *Graptopetalum paraguayense* E. Walther at different stages of maturity. *Food Chemistry*, 129(3), pp.804-809.

[27] Noori, N., Hamed, H., Kargozari, M. and Shotorbani, P.M., 2017. Investigation of potential prebiotic activity of rye sprout extract. *Food bioscience*, 19, pp.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Formulation of Health Beneficial Synbiotic Sports Drink based on Hydrolyzed Whey Permeate

Maryam Soltani ¹, Vahid Mofid ^{*2}, Mohammad Rabbani ¹, Seyed Amir Mohammad Mortazavian ²

1- Department of Food Science and Industry, Islamic Azad University, Science and Research Unit, Tehran, Iran.

2- Department of Food Science and Industry, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2023/2/21 Accepted: 2025/3/8	An isotonic beverage based on whey permeate with higher levels of electrolytes and carbohydrates is presented as an alternative hydration source to conventional sports drinks. In this study, a functional beverage was prepared from hydrolyzed whey permeate inoculated with <i>Lactobacillus plantarum</i> and <i>Lactobacillus casei</i> at a concentration of 1×10^8 CFU/ml. The lactose present in whey permeate was hydrolyzed using the enzyme β-galactosidase. In this context, the effects of added prebiotics (inulin and oligofructose) and lactose hydrolysis on physicochemical and microbiological factors during storage in refrigeration were examined. The resulting product exhibited good viability for the starter culture, maintaining a concentration of 1×10^8 CFU/ml after 4 weeks of refrigeration. The addition of prebiotics significantly increased the phenolic content and antioxidant properties of the beverage ($p < 0.05$). Oligofructose and inulin improved the sensory attributes. The treatment containing both probiotics and prebiotics showed the highest sensory scores throughout the storage period ($p < 0.05$). Lactose hydrolysis, along with improved acceptability of the sports beverage, may provide a suitable option for individuals with lactose intolerance. Based on the results obtained, this beverage can be a good alternative to sports drinks and allergenic products containing lactose.
Keywords: whey permeate, prebiotics, probiotics, lactose, phenolic compounds	
DOI: 10.22034/FSCT.22.163.65. *Corresponding Author E- vmofid@sbmvaeir	



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی تاثیر مکمل فیبری بافت داده شده (تفاله سیب - سبوس جو دوسر) بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و کیفی

کیک مافین

الناز میلانی^{۱*}، مرتضی میرزایی^۲

۱- دکتری جهاددانشگاهی.

۲- کارشناسی ارشد جهاددانشگاهی کاشمر.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۱۶

کلمات کلیدی:

اکستروژن،

فیبر،

تفاله سیب،

سبوس جو دوسر

افزایش تقاضای مصرف فراورده های غذایی با کیفیت و ارزش تغذیه ای بالا، کاربرد فیبرهای رژیمی را به نوعی چالش میان پژوهشگران تبدیل کرده است. در این پژوهش اثر افزودن مکمل فیبری بافت داده شده (اکستروژن) حاصل از تفاله سیب- سبوس جو دوسر در سطوح ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد، بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و کیفی کیک مانند رطوبت، قوام، تخلخل، مولفه های رنگ مغز، بیاتی و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزودن مکمل بافت داده شده به نمونه های کیک تاثیر معنی داری روی پروتئین و چربی آنها نداشته است، اما سبب افزایش درصد رطوبت، فیبر و خاکستر در نمونه های کیک گردید. افزودن مکمل فیبری بافت داده شده سبب کاهش میزان سفتی بافت کیک در طول دوره ماندگاری شد؛ به طوری که کمترین میزان سفتی بافت مربوط به نمونه های حاوی ۱۰ درصد بود. با بررسی فاکتورهای مربوط به رنگ نمونه های کیک مشخص گردید که افزودن مکمل فیبری به نمونه های کیک موجب کاهش سفیدی، کاهش فاکتور b^* و افزایش فاکتور a^* گردید. نتایج ارزیابی حسی نمونه ها نشان داد که افزودن مکمل فیبری بافت داده شده تا سطح ۱۰ درصد، سبب افزایش معنی دار امتیاز عطر و طعم، پذیرش کلی گردید $p \leq 0.05$. در حالی که قوام و تخلخل خمیر افزایش یافت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مکمل فیبری بافت داده شده، به عنوان فراورده جنبی خط تولید و منبع ارزان و غنی از ترکیبات سلامتی زامی تواند بطور موفقیت آمیزی جایگزین قسمتی از آرد مصرفی برای تولید فراورده های پخت مورد استفاده قرار گیرد. بالاترین مقبولیت شامل کیک غنی شده با ۱۰٪ پودر مکمل فیبری بافت داده شده بود.

DOI: 10.22034/FSCT.22.163.78.

* مسئول مکاتبات:

۱- مقدمه

تغییر شیوه زندگی، فقدان تحرک و استرس روزانه باعث ایجاد بیماری های مختلف شده است [۱]. توسعه فراورده های غذایی غنی از مواد فراسودمند می تواند نقش اساسی در تضمین سلامتی داشته باشد [۱]. فیبرهای رژیمی، پلی ساکاریدهای غیرنشاسته ای هستند که توسط روده کوچک قابل هضم نمی باشند و تنها در روده بزرگ به صورت جزئی یا کلی امکان تخمیر آنها وجود دارد، به همین دلیل دارای مزایای زیادی برای سلامتی بدن هستند. این ترکیبات شامل سلولز، همی سلولزها، صمغ ها و لیگنین می باشند [۲]. سازمان غذا و دارو FDA مقدار مصرف فیبر غذایی روزانه را ۳۸ - ۲۵ گرم توصیه نموده است. فرآورده های پخت یکی از انواع مواد غذایی هستند که در جهان بیشترین مصرف کننده و تقاضا را دارند. در بین این فرآورده ها، کیک طرفداران ویژه ای را در اقشار مختلف جامعه داراست [۳ و ۲]. با توجه به نقش سلامتی زایی فیبرهای غذایی، جایگزینی آنها با آرد در فرمولاسیون کیک، ضمن حفظ ویژگی های حسی و تکنولوژیکی در تامین امنیت غذایی و سلامت مصرف کننده نقش ویژه ای ایفا می نماید. سبوس جو دو سر منبع غنی از فیبر خوراکی، پروتئین، کلسیم، آهن، منیزیم، فسفر، پتاسیم، سدیم، روی، مس، منگنز، سلنیوم، ویتامین های گروه ب و فولات می باشد. بتا گلوکان جو دوسر در افراد دیابتی موجب تنظیم گلوکز خون می گردد. تفاله سیب، محصول جانبی باارزشی است که سالیانه حدود ۲ میلیون تن در جهان تولید می شود. منبع غنی از پکتین و پلی فنول هایی است که سبب افزایش خاصیت آنتی اکسیدانی فرآورده غذایی می شود. لذا در صورتی که زمینه فراوری و بازگشت آن به چرخه تولید فراهم شود، سبب تامین توسعه پایدار کشاورزی و ارزش افزوده بالا خواهد شد [۴ و ۲]. یکی از تکنولوژی های مهم برای فراوری منابع فیبری رژیمی به منظور حذف آلودگی میکروبی و افزایش ویژگی های عملگری در مقیاس صنعتی، اکستروژن مواد غذایی است.

نتیجه فرایند شامل شکستن پیوندهای هیدروژنی در بین و داخل زنجیره های همی سلوز و لیگنین بوده و ماده ای با ساختار متخلخل تر و رنگ روشن تولید می شود. تغییر ساختار سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب، تورم فیبر و بهبود ویژگی های تکنولوژیکی و سلامتی زایی آن می گردد [۵، ۶ و ۷]. در مطالعه لوسی و تزی (۲۰۱۱) تاثیر جایگزینی سبوس جو، ذرت و برنج تا سطح ۳۰ درصد بر ویژگی های کیفی کیک در طی دوره نگهداری بررسی گردید. مطابق نتایج تخلخل و حجم ویژه کیک با افزودن فیبر رژیمی افزایش یافت و سطح افزودن ۱۰ درصد سبوس غلات برای تولید کیک، مطلوب ارزیابی گردید [۸]. میلانی و همکاران (۱۴۰۰) اثر افزودن مکمل فیبری بافت داده شده از ضایعات فرآوری قهوه- سبوس گندم را بر ویژگی های کیک مافین در طی نگهداری، بررسی نمودند. نتایج بیانگر تاثیر مطلوب فیبر بافت داده شده تا سطح ۱۵ درصد در مقایسه با نمونه شاهد بود. از این رو؛ در پژوهش حاضر، ابتدا طی فناوری اکستروژن، مکمل فیبری کامپوزیت تولید شده و سپس تاثیر افزودن مکمل فیبری بافت داده شده در چهار سطح (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) بر ویژگی های کیک مافین در طول دوره نگهداری بررسی شد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد اولیه

تفاله سیب از آبمیوه فروشی های سطح شهر جمع آوری و بلافاصله توسط آون گذاری خشک گردید؛ سبوس جو دوسر نیز از شرکت ا.آ.ب تهیه گردید. نمونه ها به وسیله آسیاب آزمایشگاهی، آسیاب و به منظور دانه بندی یکنواخت، آرد آسیاب شده، از الک با مش ۵۰ عبور داده شدند. برای اندازه گیری رطوبت، خاکستر، پروتئین، فیبر و چربی مواد اولیه از روش AOAC، (۲۰۰۰) استفاده گردید.

۲-۲- تولید مکمل فیبری بافت داده شده

پخت اکستروژن توسط اکسترودر دو ماریپچ با چرخش هم جهت مدل DS56 ساخت شرکت Jinan Saxin کشور چین انجام پذیرفت. بدین منظور ابتدا تأثیر رطوبت خوراک ورودی (۱۶ و ۱۲ درصد) تحت شرایط دمای ثابت اکسترودر ۱۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، سرعت خوراک دهی ۴۰ کیلوگرم در ساعت، سرعت چرخش ۱۵۰ دور بر دقیقه و قطر دای ۳ میلی‌متر بر ویژگی‌های جذب و نگهداری آب مکمل فیبری کامپوزیت سبوس جودوسر: تفاله سیب با نسبت ۱:۱ بررسی گردیده و نمونه مطلوب از حیث افزایش جذب آب به منظور جایگزینی با آرد گندم کیک مورد استفاده قرار گرفت [۱ و ۷].

۲-۳- تهیه خمیر و تولید کیک مافین

برای تهیه خمیر از روش مخلوط کردن دو مرحله ای استفاده شد؛ در این روش در مرحله اول، کلیه مواد جامد شامل ۱۰۰ گرم آرد گندم، ۷۰ گرم شکر، ۱۲ گرم پودر شیرخشک، ۴ گرم بیکینگ پودر به همراه مکمل فیبری مورد نظر در مخلوط کن ریخته و با سرعت کم حدود ۳۰ ثانیه مخلوط شد و بعد در حال حرکت، آب، به مخلوط اضافه شد تا خمیر شکل بگیرد. در مرحله دوم سرعت افزایش یافته و باقیمانده آب تا ۳۸ گرم، ۷۰ گرم تخم مرغ و ۵۵ گرم روغن مایع طبق فرمولاسیون به ظرف مخلوط کن اضافه گردید و تا ۹۰ ثانیه با دور متوسط همزده شد. سپس معادل ۱۲۰ گرم از مخلوط حاصل در هر یک از کپسول های کاغذی مافین ریخته و داخل فر (مدل ONIX ساخت کشور ایتالیا) با دمای ۱۹۰- ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۵ دقیقه قرار داده شد. سپس کیک های آماده شده از فر خارج و خنک گردید. نمونه ها تا انجام مراحل آزمایش، داخل کیسه های پلی اتیلنی و در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند [۳].

۲-۴- قوام خمیر

برای اندازه گیری قوام خمیرکیک، خمیر در قیفی با قطر داخلی دهانه گشاد ۱۰ سانتی متر و قطر داخلی دهانه باریک ۱/۶ سانتی متر ریخته شد. قیف بطور کامل با خمیر پر شده،

سپس وزن خمیر خارج شده از قیف در مدت زمان ۱۵ ثانیه اندازه گیری و قوام خمیر برحسب گرم بر ثانیه گزارش شد. بطوری که اعداد بزرگتر ثبت شده نشان دهنده قوام کمتر خمیر است [۳].

۲-۵- بافت سنجی در طول دوره نگهداری (۱، ۷ و ۱۴ روز پس از تولید)

برای ارزیابی بافت کیک از دستگاه Texture Analyzer مدل Lloyd استفاده شد. بافت کیک های تولیدی با استفاده از دستگاه بافت سنج ارزیابی شد. قطعاتی از کیک با ابعاد یکسان (۲/۵×۲/۵ سانتی متر) و سطوح یکنواخت برش خورده و تحت اثر پروب مخصوص آزمون فشار قرار داده شد. سرعت حرکت پروب قبل از فشار و در حین نفوذ ۱ میلی متر بر ثانیه بود. بیشترین نیروی وارد شده به نمونه در پایان عمل فشردن بر حسب نیوتن گزارش شد [۱].

۲-۶- ارزیابی رنگ و تخلخل مغز کیک

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز نمونه های کیک از تکنیک پردازش استفاده شد [۹]. آنالیز رنگ پوسته و مغز کیک مطابق روش سان و همکاران (۲۰۰۸) بوسیله دستگاه هانتربل و از طریق ۳ پارامتر L^* ، a^* و b^* انجام شد. L^* بیانگر میزان تیرگی و روشنی، a^* قرمزی را نشان می‌دهد و b^* زردی را نشان می‌دهد [۱۰].

۲-۷- ارزیابی خصوصیات حسی

خصوصیات حسی توسط ۱۰ داور آموزش دیده مورد ارزیابی قرار گرفت و پارامترهای حسی شامل رنگ، ظاهر، عطر و طعم، بافت و پذیرش کلی در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، بر اساس روش هدونیک ۵ نقطه ای، امتیازدهی گردید [۱۱].

۲-۹- طرح آزمایشات و تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق به منظور مطالعه تاثیر افزودن مکمل فیبری بافت داده شده در سطوح (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) در طی دوره نگهداری (۰، ۷ و ۱۴ روز) نگهداری کیک از طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی استفاده شد. نتایج و تجزیه و تحلیل آماری ارزیابی کیک های تولیدی به کمک نرم افزار

17. Minitab انجام و مقایسه میانگین ها با آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ترکیبات شیمیایی مواد اولیه و فراورده نهایی

ویژگی های فیزیکوشیمیایی سبوس جو دوسر و تفاله سیب در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر ویژگی های فیزیکوشیمیایی سبوس جو دوسر و تفاله سیب در این مطالعه مشابه سایر پژوهش ها بود. اختلاف جزئی مقادیر به دست آمده با گزارشات موجود را می توان به دلایلی همچون گونه، منطقه جغرافیایی و شرایط آب و هوایی مرتبط دانست [۲ و ۴].

شایان ذکر است از میان دو مکمل فیبری تولیدی ابتدا آزمون جذب آب به منظور گزینش نمونه بهینه انجام و نمونه با رطوبت خوراک ورودی (۱۶ درصد) بدلیل محتوای جذب آب و نگهداری آب بالاتر (۴۶ درصد) به عنوان نمونه نهایی برای آزمونهای کیک انتخاب گردید. درخصوص تاثیر مکمل فیبری بافت-داده شده بر میزان فیبر، پروتئین، خاکستر و چربی کیک؛ مقایسه میانگین داده ها نشان داد؛ نمونه شاهد دارای کمترین محتوی فیبری بود و با افزایش میزان مکمل فیبری بافت داده شده در فرمولاسیون کیک مقدار فیبر افزایش یافت. بطوری که بیشترین مقدار فیبر در نمونه حاوی ۱۵ درصد مشاهده شد. فیبر رژیمی موجود در کیک حاوی مکمل بافت داده شده بین ۱/۶-۰/۲۸ درصد متغیر بود. بنابراین فرمولاسیون پیشنهاد شده می تواند به افزایش محتوای فیبر رژیمی غذایی تا ۶ برابر نسبت به کیک شاهد منجر شود. تغییرات فیزیکی و شیمیایی فیبر به علت

شرایط دمایی بالا و شرایط برشی فرآوری اکستروژن مرتبط است. فرآوری حرارتی یا ترمومکانیکی منجر به توزیع مجدد بخشی از فیبر رژیمی نامحلول به ترکیبات حاوی فیبر محلول می شود که مقدار فیبر کل را افزایش می دهد. این افزایش ممکن است به دلیل تکه تکه شدن یا شکستگی دیگر اجزاء نامحلول فیبر باشد [۵ و ۱۲]. در پژوهش دیگری از تفاله سیب خشک شده به عنوان منبع فیبر و پلی فنول ها جهت غنی سازی کیک اسفنجی استفاده کردند. پودر تفاله سیب در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد جایگزین آرد گندم شده و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی کیک ها گزارش شده است. حجم کیک ها کاهش و جذب آب افزایش یافت. مقدار پلی فنل ها و فیبر کیک های غنی شده افزایش یافت [۲].

مقایسه میانگین داده ها نشان داد که با افزایش میزان مکمل فیبری بافت داده شده در فرمولاسیون کیک، مقدار خاکستر افزایش یافت. طبق آزمون دانکن، افزودن مکمل فیبری بافت داده شده تا سطح ۱۵ درصد اختلاف معنی داری با نمونه و شاهد داشت. افزایش میزان خاکستر در نمونه های کیک نشان دهنده وجود املاح فراوان می باشد و عمدتاً شامل عناصر معدنی همچون پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سولفور و فسفر در خاکستر وجود دارد [۱۱]. با افزودن سبوس جو دوسر به دلیل بالاتر بودن میزان خاکستر سبوس نسبت به آرد گندم، میزان خاکستر به طور معنیداری افزایش یافته است. نتایج تحقیقات نیز نشان داد با افزایش فیبر رژیمی جو، میزان خاکستر کیک بدون گلوتن در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافته است که با یافته های این بخش مطابقت دارد [۱۳].

TABLE1. Proximate compositions (g/100g) of Apple pomace (AP) and Oat Bran (OB)

Component	Apple pomace (AP)	Oat Bran (OB)
Fat	2.25±0.189	7.44±0.25
Protein	2.35±0.149	16.78±0.509
Ash	1.69±0.366	2.75±0.51
Moisture	8.12±0.4	6.35±0.24
Total Fiber	58.31±0.709	16.34±0.424
Soluble Fiber	12.82±1.22	5.95±0.99
Insoluble Fiber	35.68±0.709	10.31±0.709

TABLE 2. The effect of fiber supplement addition on physicochemical properties of cake

Treatment	Fat (%)	Protein (%)	Ash (%)	Total fiber (%)
Control	19.05 ^a	8.5 ^a	1.45 ^b	0.93^d
Fiber supplement (5%)	20.34 ^a	8.57 ^a	1.48 ^a	3.67^c
Fiber supplement (10%)	19.03 ^a	8.46 ^a	1.58 ^a	7.66^b
Fiber supplement (15%)	20.20 ^a	8.45 ^a	1.71 ^a	11.58^a

*Significant at $P \leq 0.05$; ** significant at $P \leq 0.01$; *** significant at $P \leq 0.001$

۲-۳- تاثیر نوع مکمل فیبری بر قوام خمیر

قوام خمیر به عبارتی زمان اندازه گیری جریان هر سیالی نظیر مایعاتی، نیمه جامدات، گازها بوده (مقدار خمیر عبور کرده از دهانه قیف در هر ثانیه) و پارامتر مهمی در جهت تعیین کیفیت و کارآمدی محصول صورت می گیرد. افزایش قوام خمیر کیک از خروج حبابهای هوایی وارد شده به خمیر در مراحل اولیه پخت، جلوگیری کرده و کیک، ساختار بسیار متخلخل و مطلوبی خواهد داشت. پایین یا بالا بودن بیش از حد قوام خمیر کاهش حجم کیک را به دنبال دارد [۳]. اثر افزودن مکمل های فیبری بر قوام خمیر کیک در شکل ۱ آمده است. باتوجه به رابطه معکوس عدد بوستویک با قوام خمیر، بنابر نتایج با افزایش سطح جایگزینی مکمل فیبری میزان قوام خمیر به طور معنی داری افزایش یافت. در این شکل اعداد بالاتر (مقدار خمیر عبور کرده از دهانه قیف در

هر ثانیه) نشان دهنده قوام کم تر (شل بودن خمیر کیک) و برعکس اعداد پایین تر نشان دهنده قوام بیش تر خمیر است. این مساله میتواند به دلیل غنی بودن سبوس جو دوسر و تفاله سیب از ترکیبات فیبری و کربوهیدرات مانند بتاگلوکان و پکتین باشد. هیدروکلوئیدهای موجود با توانایی جذب آب و نیز واکنش با پروتئین ها، نشاسته و دیگر هیدروکلوئیدهای آرد و تشکیل شبکه، مقداری از آب آزاد را که در حرکت ذرات در خمیر مؤثر است به دام انداخته و بدین ترتیب قوام، و پیوستگی خمیر را بالا میبرند [۱۴]. همچنین؛ احتمالاً به دلیل اتصال بهتر ماتریکس آب-نشاسته و فیبر است طی فرآیند اکستروژن نیروهای اعمال شده فیبرهای نامحلول به فراکسیون محلول فیبری تبدیل شده که قابلیت اتصال بهتری با آب نشان می دهند [۱ و ۱۲].

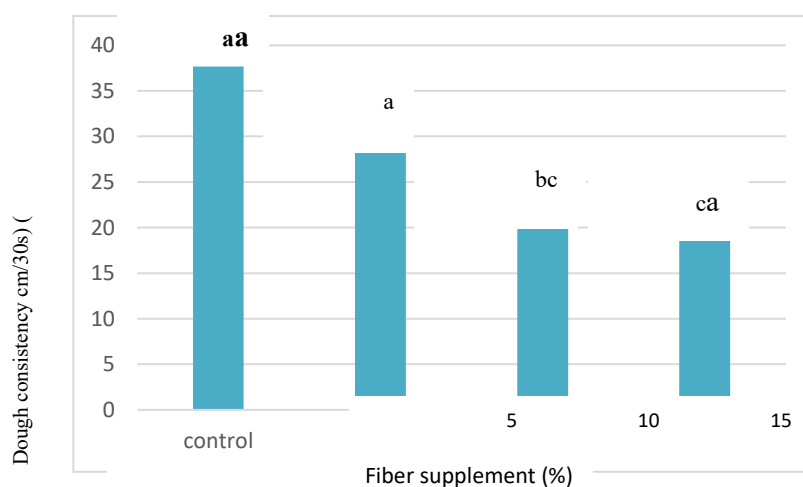


FIG.1. The effect of different treatments on dough consistency

۳-۳- تاثیر نوع مکمل فیبری بر تغییرات رطوبت کیک

محتوای آب کل در غذا بیانگر دوام غذا و کیفیت آن است [۱۴]. مطابق نتایج جدول ۳، آنالیز واریانس بیانگر تاثیر معنی دار مکمل فیبری بافت داده شده بر افزایش مقدار رطوبت کیک در روزهای ۱، ۷ و ۱۴ بعد از پخت نسبت به نمونه شاهد بود ($P \leq 0.05$). علت نتیجه حاصل، بالا بودن تعداد گروههای هیدروکسیل موجود در ساختار فیبر است که سبب افزایش جذب آب گردید [۱۵]. قابل توجه اینکه در انواع فیبرها گروه های هیدروکسیل آزاد وجود دارد که این گروه ها توانایی اتصال به هیدروژن آب را دارند. از سوی دیگر اکثر فیبرها نظیر فیبر بتاگلوکان سبوس جو دوسر و پکتین تفاله سیب، رفتاری مشابه هیدروکلوئیدها دارند و این امر سبب افزایش جذب آب محصول می گردد [۱۲]. در واقع به دلیل ساختار شبکه مانند فیبرها، زنجیره های پلی ساکاریدی فیبر مقدار آب زیادی را از طریق پیوندهای هیدروژنی در خود نگهداری می کنند و یا ممکن است آب

از طریق جذب سطحی در ساختار فیبر نگه داشته شود. این خاصیت کاربردی سبب بهبود محتوای رطوبتی و نگهداری رطوبت در محصول می گردد [۲ و ۴]. وجود گروههای هیدروکسیل فراوان در ساختار صمغ ها و فیبرها، از طریق ایجاد پیوندهای هیدروژنی با مولکولهای آب، جذب آب را افزایش می دهند. سودها و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان تفاله سیب در مخلوط خمیر کیک محتوای رطوبتی محصول نهایی نیز افزایش یافت که به علت بالابودن ظرفیت نگهداری آب توسط فیبر در کیک غنی شده با تفاله سیب می باشد. در پژوهشی، از فیبر کاکائو در تهیه کیک مافین استفاده کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که ۲۴ ساعت پس از پخت، محتوای رطوبتی نمونه شاهد به صورت معنی داری کمتر از نمونه های حاوی فیبر بود و دلیل آن را ظرفیت نگهداری زیاد آب فیبر کاکائو بیان کردند [۱۶]. نتایج این بخش از تحقیق با نتایج محققان فوق مطابقت داشت.

TABLE 3. The effect of different fiber supplement treatments on cake moisture during the storage period

Treatment	Moistur/Day1	Moistur/ Day7	Moistur/ Day14
Control	17.45 ^a	14.69 ^b	12.93 ^c
Fiber supplement (5%)	18.54 ^a	15.57 ^b	14.67 ^{bc}
Fiber supplement (10%)	20.83 ^a	17.88 ^b	14.96 ^c
Fiber supplement (15%)	21.41 ^a	18.90 ^b	16.58 ^c

*Significant at $P \leq 0.05$; ** significant at $P \leq 0.01$; *** significant at $P \leq 0.001$

۳-۴- تاثیر نوع مکمل فیبری بر تغییرات تخلخل کیک

انتقال آب به صورت مؤثر به میزان زیادی وابسته به ساختار ماده غذایی است. افزایش یا کاهش میزان آب ماده غذایی موجب فروپاشی غیر قابل بازگشت ماده غذایی و تغییر در تخلخل میشود. عوامل مؤثر بر توزیع مناسب آب میتوانند بر تخلخل مؤثر باشند. یکی از مهم ترین ویژگی های کیفی کیک، داشتن ساختاری متخلخل می باشد که این ساختار از طریق انبساط حباب های هوا و افزایش حجم در طی فرایند پخت ایجاد می شود. ترکیبات موجود در خمیر، بر پایداری خمیر در طی مرحله پخت و در نتیجه افزایش اندازه و تعداد

حباب های هوا و توزیع آنها در بافت محصول مؤثر است [۱۷]. تخلخل محصولات فیبری عمدتاً به عواملی مانند اندازه ذرات، شکل و ترکیبات شیمیایی فیبرهای مورد استفاده وابسته می باشد. مطابق نتایج جدول ۴- آنالیز واریانس داده ها نشان داد؛ با افزایش درصد جایگزینی مکمل فیبری بافت داده شده به جای آرد گندم، تخلخل تمامی نمونه ها نسبت به شاهد به طور معنی دار کاهش یافته است و بیشترین میزان تخلخل مربوط به شاهد بود [۱].

نتایج خداداده و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که در همه نمونه های کیک فیبری به جز نمونه حاوی ۱۵ درصد پودر

محصول می شود [۹]. در پژوهشی، کاهش تخلخل کیک اسفنجی را با افزودن فیبر حاصل از آناناس گزارش شد [۱۹]. در مطالعه ای دیگر، افزودن فیبر حاصل از سیب درختی به فرمولاسیون کیک، میزان تخلخل بطور معنی داری کاهش یافته است [۱۶]. نتایج این بخش از تحقیقات با نتایج این محققین مطابقت داشت.

TABLE 4. The effect of different fiber supplement treatments on the Porosity of cake

Treatment	Control	Fiber supplement (5%)	Fiber supplement (10%)	Fiber supplement (15%)
Porosity	4.45 ^a	4.13 ^{ab}	3.93 ^{ab}	3.49 ^b

*Significant at $P \leq 0.05$; ** significant at $P \leq 0.01$; *** significant at $P \leq 0.001$

تیمار مذکور با تیمار حاوی ۵ درصد مکمل فیبری طی هر سه بازه زمانی مشاهده نشد. حضور ۱۰ درصد مکمل فیبری بافت داده شده در کاهش میزان بیاتی نمونه های کیک در مقایسه با سایر سطوح مصرفی، تاثیر بیشتری داشته است. دلیل کاهش بیاتی در نمونه های کیک حاوی مکمل فیبری در مقایسه با نمونه شاهد وجود مقادیر بالای فیبر بتاگلوکان موجود در سبوس جوی دو سر و پکتین موجود در تفاله سیب بوده که به شدت جاذب الرطوبه می باشد و در به تعویق انداختن بیاتی موثر است. ترکیبات مذکور با نگه داشتن آب درون ساختار خود میتوانند بیاتی را به تاخیر بیندازد [۱۴، ۱۶ و ۱۷]. فیبر سیب و جو دوسر نه تنها ظرفیت نگهداری آب بالایی دارد بلکه آب را بسیار محکم باند می کند و می توانند رتروگراسیون را به تاخیر بیندازد. نتایج مذکور با نتایج حاصل از سایر پژوهش ها مطابقت داشت که عنوان نمودند به کارگیری روغن ها و ترکیبات فیبری میتواند در به تعویق انداختن سرعت بیاتی محصولات غله ای موثر باشد [۲۰].

در پژوهشی، جایگزینی فیبر تفاله سیب به عنوان جایگزین چربی بر ویژگیهای شیمیایی و بافتی کیک بررسی شد. مطابق نتایج، زمان اثر افزایشی بر روی میزان سفتی کیک داشته است؛ اما با افزایش میزان درصد فیبر میزان سختی کیک تولیدی کاهش قابل توجهی از خود نشان داده و با افزایش

فیبر باگاس، تخلخل نسبت به نمونه شاهد کاهش پیدا کرد. اثر افزودن ایزومالت بر ویژگیهای کیک اسفنجی نیز سبب کاهش تخلخل در نمونه های کیک گردید [۱۸]. به طور کلی جایگزینی مواد فیبری به دلیل تضعیف شبکه گلوآنی، عدم امکان رشد و توزیع نامناسب سلول های گازی سبب کاهش تخلخل می شود که زمینه ساز افزایش فشردگی و سفتی

۳-۵- تاثیر نوع مکمل فیبری بر تغییرات میزان بیاتی

کیک های تولیدی به روش دستگاهی

بیاتی یا سفت شدن بافت فرآورده های پخت طی مدت زمان نگهداری، فرآیند پیچیده ای است که عوامل متعددی مانند رتروگراسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش مقدار رطوبت و توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل می باشند [۱۷]. به عبارت بهتر، فرآیند سفت شدن مغز کیک معمولاً به دو علت می باشد: سفتی که ناشی از انتقال رطوبت مغز به پوسته است و سفت شدن ذاتی مواد سلولی که به کریستالیزاسیون مجدد نشاسته بر می گردد. مقاومت مغز کیک به تغییر شکل، یک ویژگی بافتی است که بیانگر ثبات و استحکام مغز کیک می باشد و درجه این استحکام و افزایش آن با گذشت زمان عامل مهمی در ارزیابی بیاتی کیک است [۴ و ۱۳].

با توجه به نتایج مقایسه میانگین ارزیابی میزان بیاتی به روش دستگاهی در جدول ۵- مشخص گردید، زمان اثر افزایشی بر روی میزان سفتی کیک داشته و مقدار سفتی مغز کیک با زیاد شدن زمان آزمون یعنی با گذشت زمان بالاتر است اما با افزایش مقدار تیمارهای مکمل فیبری در حال کاهش می باشد. به طور کل نمونه شاهد دارای بیشترین درصد سفتی بافت کیک در روزهای ۱، ۷ و ۱۴ پس از پخت را نشان داد ($P \leq 0.05$). ضمن آنکه تفاوت معنی داری بین

میزان درصد فیبر تا ۱۵ درصد میزان سختی کیک، افزایش یافت [۲۱].

Aydogdu و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از منابع فیبر گیاهی در تولید کیک، گزارش کردند که استفاده از فیبر در سطوح بالاتر، منجر به افزایش سفتی بافت کیک های تولیدی گردید [۱۰].

اثر جایگزینی آرد گندم با پودر هسته انار را بر ویژگیهای کیفی کیک اسفنجی بررسی گردید. مطابق نتایج، تیمار شاهد نسبت به نمونه بهینه بیشترین افزایش سفتی را در طی ۱۴ روز نگهداری نشان داد. که مشخص میشود افزایش میزان جایگزینی و صمغ زانتان در فرمولاسیون کیک سبب به تاخیر انداختن سفت شدن بافت محصول نهایی در طی ۱۴ روز نگهداری میشود. دلیل آن حفظ و نگهداری رطوبت به دلیل مقادیر بالای فیبر میباشد که آب را در خود نگه داشته و به

مرور آزاد میکند که همین رهايش رطوبت باعث کاهش سفتی کیک در طول زمان میشود. به همین دلیل بین سفتی کیک و درصد رطوبت آن رابطه معکوس وجود دارد [۲۲]. در پژوهش دیگری؛ با افزودن فیبر پرتقال به کیک مافین سفتی بافت کاهش یافته است. با توجه به کاهش سفتی بافت در نتیجه افزودن مکمل فیبری بافت داده شده می توان این طور بیان نمود که حضور گروه-های آبدوست در ساختار فیبر مصرفی سبب افزایش جذب آب مغزی و جلوگیری از مهاجرت آب به پوسته و افزایش نرمی شده است. در نتیجه این امر سفتی بافت در نمونه های حاوی مکمل فیبری کاهش یافته است. نتایج این بخش با نتایج به دست آمده توسط محققین فوق مطابقت داشت [۲۳].

TABLE 5. The effect of different fiber supplement treatments on the Hardness of cake during the storage period

Treatment	Hardness(N) Day1	Hardness(N) Day7	Hardness(N) Day14
Control	3.45 ^a	6.61 ^a	9.13 ^a
Fiber supplement (5%)	2.57 ^b	4.59 ^c	7.37 ^b
Fiber supplement (10%)	2.81 ^b	5.78 ^b	8.11 ^b
Fiber supplement (15%)	3.11 ^{ab}	6.00 ^a	9.08 ^{ab}

*Significant at $P \leq 0.05$; ** significant at $P \leq 0.01$; *** significant at $P \leq 0.001$

قرار داشت. همچنین بین کلیه تیمارها تفاوت معنی دار مشاهده گردید ($p \leq 0.05$) بعلاوه نتایج آنالیز واریانس نشان دهنده تاثیر معنی دار مکمل فیبری بافت داده شده بر قرمزی نمونه ها بود.

فاکتور قرمزی نمونه های حاوی مکمل فیبری در مقایسه با شاهد افزایش یافت به طوری که تیمار حاوی ۱۵ درصد مکمل فیبری دارای بیشترین میزان قرمزی و شاهد دارای کمترین میزان فاکتور a^* بود. فاکتور (زردی) در تیمار شاهد بیشترین مقدار بوده که به دلیل زردی طبیعی روغن مصرفی کیک تولیدی بوده است و پس از آن نمونه های حاوی ۵ درصد مکمل فیبری قرار داشتند که به دلیل سطوح مصرف بیشتر و وجود رنگدانه های بیشتر تفاله سیب و

۶-۳- تاثیر نوع مکمل فیبری بر تغییرات مولفه های رنگ مغز کیک

در بین خصوصیات فیزیکی مواد غذایی، رنگ به عنوان مهم ترین ویژگی ظاهری در درک کیفیت شناخته شده است. مشتری تمایل دارد که رنگ را با طعم، ایمنی، ماندگاری، کیفیت و خصوصیات تغذیه ای محصولات غذایی مرتبط سازد [۲]. با توجه به نتایج مندرج در جدول ۶ مشخص گردید که افزودن مکمل فیبری سبب کاهش روشنی نمونه های کیک در مقایسه با تیمار شاهد شده است به طوری که در بین کلیه تیمارها، نمونه شاهد از بیشترین میزان روشنائی و پس از آن تیمار حاوی ۵ درصد مکمل فیبری

سبوس، از فاکتور b^* بیشتری برخوردار بودند. طی فرآیند پخت، تغییراتی در رنگ کیک اتفاق میافتد که مربوط به واکنش های میلارد و کاراملیزه شدن بوده و نتایج چنین واکنش هایی ایجاد رنگ قهوه ای در محصول است که خود بیانگر کاهش شدت رنگ زرد در فراورده نهایی می باشد. ترکیبات پروتئینی و قندی موجود در سبوس جو دو سر و تفاله سیب در فرمولاسیون کیک می تواند بر شدت رنگ موثر باشد همچنین رنگریزه های طبیعی موجود در سبوس، بر شدت تیرگی رنگ نمونه ها و افزایش شدت قرمزی تأثیر گذاشته است [۶، ۱۰ و ۱۱].

افزون بر مطلب اخیر، علت کاهش شدید روشنایی نمونه حاوی مکمل نسبت به نمونه شاهد فاقد مکمل فیبری را می توان این گونه بیان کرد که در طی فرآیند پخت کیک، با افزایش دمای خمیر، پوسته کیک آب خود را از دست داده و در درجه حرارت های زیاد، رنگ پوسته به دلیل واکنش قهوه ای شدن میلارد به تدریج قهوه ای می شود. بنابراین مقدار

قند، نشاسته و پروتئین موجود در فرمول محصول و نیز شرایطی که این مواد تحت آن وارد عمل می شوند نظیر دما و کاهش آب سطح بر شدت تیره شدن رنگ پوسته موثر است [۴ و ۱۷]. اما علت تغییرات ملایم تر مولفه های روشنایی، زردی و قرمزی در مغز کیک نسبت به پوسته آن را می توان با چنین استدلالی توجیه کرد که در طول فرایند پخت، کاهش رطوبت از درون به بیرون کیک ها انجام می شود. همانطور که دما افزایش می یابد محتوای رطوبت در لایه بیرونی سریع تر کاهش یافته و واکنش های میلارد با سرعت بیشتری صورت می گیرد. این موارد به رنگ تیره تر پوسته منجر می شود. در قسمت های درونی تر کیک ها، افت آب کمتر و فعالیت آبی بالاتری وجود دارد و دمای مغز کیک ها بالاتر از ۱۰۵ درجه سانتی گراد نمی رسد. تحت چنین شرایطی واکنش های میلارد به کندی پیشرفت کرده و بنابراین مغز کیک، تغییرات رنگی بسیار کمی را به خود می بیند [۲۱، ۱۰ و ۱۱].

TABLE 6. The effect of different fiber supplement treatments on the color parameters of cake

Treatment	L*	a*	b*
Control	63.81 ^a	-2.31 ^a	34.47 ^a
Fiber supplement (5%)	61.25 ^b	2.81 ^c	29.17 ^b
Fiber supplement (10%)	58.79 ^b	4.08 ^b	28.41 ^b
Fiber supplement (15%)	54.35 ^c	6.24 ^a	27.88 ^a

*Significant at $P \leq 0.05$; ** significant at $P \leq 0.01$; *** significant at $P \leq 0.001$

۷-۳- تاثیر نوع مکمل فیبری بر تغییرات امتیاز پذیرش کلی نمونه های کیک در طول دوره ماندگاری

نتایج ارزیابی حسی افزودن مکمل فیبری بافت داده شده به فرمولاسیون کیک در جدول ۷ قابل مشاهده است. چنانچه مشاهده می شود در مقاله حاضر امتیاز پذیرش کلی که برای امتیاز رنگ، عطر و طعم، بافت و احساس دهانی نمونه های کیک می باشد؛ گزارش گردیده است. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده ها مشخص شد که تاثیر مکمل فیبری بافت داده شده بر امتیاز رنگ پوسته کیک معنی دار بوده است. اگرچه با افزایش سطح مکمل فیبری بافت داده شده

رنگ پوسته کاهش یافت، اما بر اساس نتایج مقایسه میانگین اختلاف امتیاز رنگ پوسته تا سطح افزودن ۱۰ درصد با شاهد معنی دار نبود. با توجه به تشدید واکنش قهوه ای شدن در حضور ترکیبات پروتئینی و ترکیبات فنولیک در نمونه ها با سطوح بالاتر مکمل فیبری و در نتیجه تیره تر شدن رنگ پوسته کیک، کاهش امتیاز رنگ پوسته کیک دور از انتظار نیست.

از نظر صفت ویژگی پوسته و شکستگی و پارگی، حفره ای و دانه ای بودن مغز کیک، رنگ مغز کیک، عطر و بو، طعم و مزه، قابلیت جویدن و بافت مغز کیک در تیمارهای حاوی مکمل فیبری بافت داده شده دارای بالاترین امتیاز و

بر اساس نتایج امتیاز بخش عطر و طعم، همگام با افزایش سطوح افزودن مکمل فیبری بدلیل توسعه طعم سبب، امتیاز این بخش افزایش یافت. بطور کلی مشخص شد که نمونه های شاهد و حاوی ۱۰ درصد مکمل فیبری بافت داده شده از بالاترین امتیاز برخوردار بود. به گونه ای که حتی داوران چشایی خصوصیات حسی (پذیرش کلی) این نمونه هارا بیش از سایر نمونه ها قابل قبول دانستند.

تیمار شاهد از کمترین میزان صفت مذکور برخوردار بود. نتایج حاصل با پژوهش به عمل آمده توسط Lee و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت داشت [۲۳]. مطابق گزارش نامبردگان؛ ترکیبات فیبری بویژه جو دوسر با ویژگی انتشار کند و یکنواخت گاز CO₂ در خمیر سبب حفظ بیشتر گاز در خمیر، افزایش میزان تخلخل و حفره ای شدن بافت و ایجاد تقارن بهتر در محصولات پخت می گردد. وجود ترکیبات موثره نظیر برخی اسیدهای چرب غیراشباع و آلدئیدی در تفاله سبب و سبوس جوی دوسر میتواند دلیل بهبود عطر و بوی نمونه های کیک تولیدی باشد.

TABLE 7. The effect of different fiber supplement treatments on Total acceptance of cake during the storage

Treatment	Total acceptance Day1	Total acceptance Day7	Total acceptance Day14
Control	4.9 ^a	4.1 ^b	4 ^a
Fiber supplement (5%)	4.9 ^b	4.5 ^a	4.3 ^a
Fiber supplement (10%)	4.8 ^a	4.4 ^a	4.3 ^a
Fiber supplement (15%)	3.9 ^b	3.6 ^b	3.7 ^b

*Significant at $P \leq 0.05$; ** significant at $P \leq 0.01$; *** significant at $P \leq 0.001$

کشاورزی در قالب پسماند از چرخه فناوری خارج می شود. نتایج حاکی از تاثیر مثبت جایگزینی بر ویژگی های شیمیایی، کیفی و حسی محصول بود. مکمل فیبری بافت داده شده عاری از آلودگی میکروبی بوده و کاربرد آن در فرمولاسیون فراورده های پخت می تواند راهکاری مناسب برای تولید محصولی جدید و غنی شده و مطلوب باشد. کاربرد منابع فیبری اکسترودر در فرمولاسیون کیک علاوه بر تامین فیبر روزانه مصرف کنندگان و کاهش ابتلاء به بیماریهای مزمن، سبب کاهش هزینه های تولید با کاهش هزینه های ماده اولیه و افزایش ماندگاری کیک می گردد.

۴- نتیجه گیری

مصرف فیبر رژیمی در نیم قرن اخیر به عنوان یکی از اجزای اصلی غذاهای عملگر مورد توجه قرار گرفته است. منابع متنوعی برای تولید فیبرهای خوراکی، وجود دارد. در این زمینه، فراورده های جنبی کشاورزی و صنایع تبدیلی از اهمیت زیاد برخوردارند؛ زیرا علاوه بر حجم انبوه تولید و ارزان بودن، منابعی سرشار از پروتئین، ویتامین، فیبر رژیمی، آنتی اکسیدان و انواع ریزمغذی ها می باشند. براساس آمارهای بین المللی، سالانه حدود ۱۰ تا ۵۰ درصد از تولیدات بخش

۷- منابع

- [1] Milani, E. Hashemi, N. Golimovahhed, Gh. and Davari, F. 2021. Properties Assessment of Muffin Cakes Enriched with Composite Dietary Fibers from Wheat Bran Coffee Processing Byproducts, *journal of nutrition sciences & food technology*, 16(1): 85-94
- [2] Sudha, M. L., Baskaran, V., Leelavathi, K. (2007). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological

characteristics and cake making. *Food Chem.*, 104, 686-692.

- [3] Salehi, F. Kashaninejad, M. Alipour, N. 2016. Evaluation of Physicochemical, Sensory and Textural Properties of Rich Sponge Cake with Dried Apples Powder. *Innovative Food Technologies*. 3(3): 39-47

- [4] Farahnaky, A., Ghiasi, F., Hedayati, S., Habibi, M., and Majzoobi, M. 2015. Effects of

- commercial oat fiber on characteristics of batter and sponge cake. *Journal of agricultural science and technology*, 17(1):99-107.
- [5] Mialni E, Hashemi N, Golimovehhd Q, Hashemi M. 2020. A feasibility study of fiber solid foam based on food by products (Spent coffee – wheat bran). *FSCT*; 17 (103) :67-81
- [6] Lotfi, S., Koocheki, A, Milani, E, 2020. Production of high fiber ready-to-eat expanded snack from barley flour and carrot pomace using extrusion cooking technology. *Journal of Food Science and Technology*. 57, pages 2169–2181
- [7] Millani E. Goli movahhd gh. Jafari m. Influence of Formulation Variables and Extrusion Cooking Conditions on Functional and Nutritional Characteristics of Wheat Bran. *Journal of food technology and nutrition*. 17(1): 5-14
- [8] Lebesi DM and Tzia C, 2011. Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. *Journal of food and bioprocess technology* 4(5): 710-722.
- [9] Nouri, M., Nasehi, B., Samavati, V. & Mehdizadeh, S. A. 2017. Optimizing the effects of Persian gum and carrot pomace powder for development of low-fat donut with high fiber content. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fiber*. 9. 39-45.
- [10] Aydogdu A., Sumnu G., & Sahin S. 2018. Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. *Journal of food science and technology*; 55(2), 667-677.
- [11] Gularte MA, Hera E, Gómez M and Rosell CM, 2012. Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. *LWT - Food Science and Technology* 48(2): 209-214.
- [12] Huang Y, and Ma Y, 2016. The effect of extrusion processing on the physicochemical properties of extruded orange pomace. *Food Chemistry* 192:363-369.
- [13] McMinn, W. A. M., McKee, D. J., Ronald, T. and Magee, A. 2007. Moisture Adsorption Behavior of Oatmeal Biscuit and Oat Flakes. *J. Food Eng.*, 79: 481-493.
- [14] Majzoobi, M. Habibi, S. Hedayati, F. Ghiasi, A. 2015. Effects of Commercial Oat Fiber on Characteristics of Batter and Sponge Cake M. J. Agr. Sci. Tech. 17: 99-107
- [15] Adegunwa M.O, Kayode B.I. Kayode R.M.O, Akeem S.A, Adebawale A.A & Baker H.A. 2020. Characterization of Wheat flour enriched with cashew apple (*Anacardium occidentale* L) fiber for cake production. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 14(4)120-134.
- [16] Pourabedin A. Arabi, M. 2018. Evaluation of Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) Flour on Quality and Organoleptic Properties of Toast Bread. *Journal of Food Technology and Nutrition*. 15(2): 45-54
- [17] Khodazadeh Mehssa, Nashi Behzad. Investigating the physicochemical, sensory and textural characteristics of sponge cake enriched with bagasse fiber powder. *Iranian journal of food science and industry*. 1397; 15 (79):21-29
- [18] Offia-Olua, B.I., and Ekwunife, O.A., 2015. Production and evaluation of the physico-chemical and sensory qualities of mixed fruit leather and cakes produced from apple (*Musa Pumila*), banana (*Musa Sapientum*), pineapple (*Ananas Comosus*). *Nigerian Food Journal*, 33:22-28.
- [19] Hashemi, N. Milani. E, Mortazavi, S.A. Tabatabai. F. 2016. microstructural and textural properties of puffed snack prepared from partially defatted almond powder and corn flour. *Journal of Food Processing and Preservation*. 41(5): 320-331.
- [20] Sabet Ghadam M, Saeedi Asl M R, Sharifi A, Armin M, Pedram nia A. 2022. Effect of fat replacement with apple pomace fiber on the chemical and textural properties of the cake. *FSCT*; 18 (119) :259-274
- [21] Eivani f. Nasehi b. Noshad m. Noshad m. Barzegar H. 2020. Effect of flour replacement with pomegranate seed powder on the properties of Sponge Cake. *Iranian food science and technology research journal*: 437-452
- [22] Khaledi S, Movahhd S, Shakouri M J. 2019. Effect of Adding Mango Fiber on the Qualitative Properties of Sponge Cake. *FSCT*; 16 (89) :165-175
- [23] Lee S, Kim S and Inglett GE, 2005. Effect of shortening replacement with oatrim on the physical and rheological properties of cakes. *Cereal Chem*. 82: 120-124.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigating the effect of textured fiber supplement (apple pomace-oat bran) on the quality characteristics of muffin cake

Elnaz Milani^{1*}, Morteza Mirzaei²

1- PhD in Academic Jihad.

2- Master's degree in Academic Jihad, Kashmar

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2023/5/3 Accepted: 2023/8/7 Keywords: Extrusion, Oat bran, apple pomace, cake DOI: 10.22034/FSCT.22.163.78. *Corresponding Author E-	The increasing demand for food products with high quality and nutritional value has turned the use of dietary fibers into a challenge among researchers. In this project, the effect of textured (extruded) fiber supplement obtained from apple pomace-oat bran at levels of 0, 5, 10 and 15%, on the physicochemical and quality characteristics of the muffin cake containing moisture, consistency, porosity, crumb color, Hardness and overall acceptability were evaluated. The results showed that adding the texture supplement to the cake samples did not have a significant effect on their protein and fat, but it caused an increase in the percentage of moisture, fiber and ash in the cake samples. The addition of the fiber supplement caused a reduction of hardness in the samples during the storage period; So that the lowest amount of hardness was related to the muffin cake containing 10%. Examining the factors related to the color of the cake samples showed that the addition of fiber supplement to the cake samples decreased the whiteness, decreased the b* factor and increased a* factor. The results of the sensory evaluation of the samples showed that the addition of fiber supplement to the level of 10% caused an increase in aroma and taste, porosity and an increase in the overall acceptance score. While the consistency and porosity of the dough increased. The results of this research showed that the fiber supplement, as a food by-product, which is low price with a valuable source of nutritional compounds, can be successfully used to replace part of the flour applied for the production of baking products. The highest acceptability included the cake enriched with 10% textured fiber supplement powder.



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی فعالیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس زیره سیاه بر روی گوشت گوساله

سهیلا نخودچی^۱، بهاره حاجی رستمی^{۱*}، محسن وظیفه دوست^۱، زهره دیدار^۱

۱. گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	ترکیبات ضد میکروبی گیاهی جایگزین بسیار مناسب و ایمنی نسبت به نگهدارنده های سنتزی هستند. از طرفی تکنولوژی نانو اثرگذاری ترکیبات مؤثره گیاهان بر روی سلول های هدف را افزایش داده و بهبود می بخشد. در این مطالعه اثر ضد میکروبی (باکتری های مزوفیل هوازی و باکتری های سرماگرا) و آنتی اکسیدانی (TBARS و PV) پوشش خوراکی ژلاتین-کیتوزان حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس زیره سیاه (۱/۵٪ و ۳٪) در نمونه های گوشت گوساله تحت شرایط دمایی ۴ درجه سانتی گراد در طول دوره ۱۶ روزه (۰، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶) بررسی گردید. آنالیز اسانس توسط دستگاه GC-MS نشان داد که ترکیبات مؤثره اسانس کومین آلدئید و گاما تریپنین می باشند. نتایج حاصل از بررسی اثر ضد میکروبی پوشش های تهیه شده نشان داد که بین نمونه شاهد و نمونه های پوشش داده شده اختلاف معنی داری وجود دارد ($p<0.05$). افزودن اسانس زیره سیاه و افزایش غلظت اسانس باعث افزایش خاصیت ضد میکروبی گردید. همچنین نتایج ارزیابی فعالیت ضد میکروبی نشان داد نمونه حاوی پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی غلظت ۳٪ نانوامولسیون اسانس زیره سیاه دارای اثر ضد میکروبی بالاتری در مقایسه با نمونه های دیگر بود. نتایج اندازه گیری شاخص پراکسید و اسید تیوباریتوریک نشان داد که بین نمونه شاهد و نمونه های پوشش دهی شده اختلاف معنی داری وجود دارد ($p<0.05$). افزودن اسانس زیره سیاه به دلیل دارا بودن ترکیبات آنتی اکسیدانی باعث بهبود و افزایش خاصیت آنتی اکسیدانی پوشش ژلاتین-کیتوزان گردید و بالاترین خاصیت آنتی اکسیدانی مرتبط با پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی نانوامولسیون ۱/۵٪ و ۳٪ اسانس زیره سیاه بود. در مجموع نتایج بدست آمده نشان داد که پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی اسانس زیره سیاه دارای قدرت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی بالایی بوده و می تواند باعث بهبود ماندگاری گوشت گوساله نگهداری شده در یخچال گردد. همچنین می توان از این پوشش تهیه شده به عنوان یک بسته بندی زیست تخریب پذیر در صنعت غذایی بهره برد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۳۱	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۱	
کلمات کلیدی:	
اسانس زیره سیاه، ژلاتین، فعالیت ضد میکروبی، فعالیت آنتی اکسیدانی، کیتوزان، گوشت گوساله.	
DOI: 10.22034/FSCT.22.163.90.	
* مسئول مکاتبات: b.hajirostamloo@iauneyshabur.ac.ir	

۱-مقدمه

در جوامع امروزی، به دلیل افزایش جمعیت و تنوع غذایی و همچنین روش ها و عملیات گسترده در تهیه و توزیع مواد غذایی، احتمال آلودگی محصولات غذایی با میکروارگانیسم های پاتوژن و عامل فساد افزایش پیدا کرده است. به همین جهت، امروزه محققان صنعت غذا، از روش های جدید و کارآمد جهت حفاظت از مواد غذایی و حفظ کیفیت و امنیت محصولات غذایی استفاده می کنند [۱].

بسته به ترکیب، ارزش غذایی، روش نگهداری و محیط در تماس با غذا، تنوع میکروبی موجود در غذا تغییر کرده و بسته به این ویژگی ها از روش ها و ترکیبات متنوعی جهت حفاظت مواد غذایی استفاده می شود. اکثر مواد غذایی خصوصاً مواد غذایی پروتیینی مانند گوشت قرمز محیط مناسبی برای رشد میکروارگانیسم ها بوده و مستعد فساد میکروبی می باشد [۲]. گوشت قرمز سرشار از پروتیین، املاح، مواد معدنی و ویتامین ها می باشد و از حیوانات مختلفی مانند گوساله، گاو، گاو میش، شتر، گوسفند، بز و گوزن تهیه می شود [۳]. حضور میزان بالای رطوبت، ریز مغذی ها و پروتیین بالا در گوشت گاو و گوساله سبب شده است که در صورت نگهداری این ماده غذایی در شرایط نامساعد، با سرعت بالا دچار فساد شده و به میکروارگانیسم های پاتوژن آلوده می گردد. زمان ظهور علائم فساد از جمله بذرنگی، تولید گاز، بد بویی و تولید اسلایم زمانی است که میزان بار میکروبی گوشت به بالاتر از 10^6 CFU برسد. در این رابطه هر چقدر شرایط نگهداری نامناسب تر، رطوبت و ریز مغذی ها بالاتر باشند، سرعت فساد بالاتر رفته و علائم فساد با شدت و سرعت بالاتری نمایان می شوند [۴]. از اینرو محققان و مدیران صنایع غذایی از راه کارهایی جهت بهبود زمان نگهداری و حفاظت از مواد غذایی در برابر میکروارگانیسم های پاتوژن و عامل فساد استفاده می کنند.

یکی از روش هایی که از قدیم تا به امروز جهت افزایش مدت زمان نگهداری مواد غذایی خصوصاً محصولات

گوشتی استفاده می شود، بهره بردن از دماهای پایین یخچالی (دمای صفر تا ۷ درجه سانتی گراد) و دمای فریزری (دمای زیر صفر درجه سانتی گراد) می باشد. اکثر میکروارگانیسم های پاتوژن و عامل فساد در دمای پایین توانایی رشد ندارند و رشد آن ها در سرما متوقف می گردد. از طرف دیگر در دماهای پایین واکنش های آنزیمی و شیمیایی در خود ماده غذایی متوقف شده و یا به تاخیر می افتد و از این رو گوشت با سرعت کمتری دچار فساد و آلودگی می گردد [۵].

از روش های جدید دیگری که امروزه در صنعت غذا رواج یافته است، استفاده از پوشش ها، ترکیبات خوراکی و زیست تخریب پذیر می باشد. پوشش های خوراکی به عنوان لایه های نازکی از ترکیبات خوراکی و زیست فعال تلقی می شوند که به صورت اسپری یا غوطه وری بر روی مواد غذایی شکل می گیرند و به منظور کنترل جمعیت میکروبی محصولات غذایی و همچنین کنترل عوامل پاتوژن و عامل فساد استفاده می شوند [۶]. پوشش کیتوزان، یکی از پلی ساکاریدهای رایج در تولید بسته بندی های خوراکی زیست تخریب پذیر می باشد که حاصل از کیتین استخراج شده از سخت پوستان و بی مهرگان می باشد. پوشش و فیلم بدست آمده از این ترکیب، مانع عبور اکسیژن به ماده غذایی شده و همچنین سدی دفاعی در برابر میکروارگانیسم ها بوده و دارای خاصیت ضد میکروبی نسبتاً خوبی می باشد و باعث بهبود زمان ماندگاری و حفظ کیفیت مواد غذایی می شود [۷].

پوشش ژلاتین، پروتیینی بوده و از کلاژن بدست می آید. این پوشش دارای خاصیت آنتی اکسیدانی خوبی بوده و بسته به غلظت مورد استفاده، می تواند تولید ژل مناسبی داشته باشد [۹]. این ترکیب برخلاف کیتوزان خاصیت ضد میکروبی ندارد و معمولاً به صورت ترکیبی با دیگر ترکیبات ضد میکروبی استفاده می شود [۱۰].

استفاده ترکیبی از پوشش ژلاتین و کیتوزان باعث بهبود خواص فیزیکوشیمیایی و مکانیکی این پوشش ها شده و

به پیشرفت‌هایی که اخیراً در فناوری نانو صورت گرفته است، دانشمندان مشتاق به استفاده از فناوری نانو، به دلیل سهولت در آماده‌سازی و ویژگی‌های عملکردی مطلوب در طراحی سیستم‌های دارورسانی (Delivery Systems) و محصولات غذایی هستند [۱۶]. نانوامولسیون‌ها مایعاتی پایدار با اندازه حدود ۱۰۰-۱۰ نانومتر می‌باشند. جهت تولید نانوامولسیون‌ها از روش‌های مختلفی مانند هم زدن با دور بالا و فشار بالا و اولتراسوند استفاده می‌کنند که رایج‌ترین و پرکاربردترین روش جهت تولید نانوامولسیون‌ها استفاده از روش اولتراسوند می‌باشد [۱۷].

بدین منظور در این مطالعه از پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی نانوامولسیون و امولسیون اسانس زیره سیاه جهت افزایش مدت زمان نگهداری گوشت گوساله در یخچال استفاده شد و پس از شناسایی ترکیبات موثره اسانس، خاصیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی پوشش خوراکی تهیه شده در طول دوره ۱۶ روزه بر روی گوشت گوساله نگهداری شده در یخچال بررسی گردید. از آنجا که تاکنون مطالعه‌ای بر روی پوشش خوراکی ژلاتین-کیتوزان حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس زیره سیاه ارائه نشده است، هدف از این مطالعه بررسی و مقایسه تاثیر ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس زیره سیاه بر روی گوشت گوساله بود.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه و آنالیز اسانس زیره سیاه

پس از تهیه بذر زیره سیاه از استان کرمان، با استفاده از کلونجر اسانس گیری انجام شد. آنالیز شیمیایی اسانس بدست آمده با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی متصل به طیف سنج جرمی ($GC-MS^1$) (Agilent HP-6890) (Palo Agilent technologies, Alto, CA, USA) بررسی شد.

جهت حفاظت از مواد غذایی خصوصاً محصولات گوشتی (گوشت ماهی، مرغ، گاو و گوساله و...) استفاده می‌شوند. از آنجا که این پوشش ترکیبی، خاصیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی بالایی ندارد و همچنین وجود یک ویژگی مناسب در این پوشش‌ها در استفاده همزمان این ترکیبات با مواد آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی مانند امولسیون‌ها و نانوامولسیون‌های اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی، به طور معمول از این ترکیبات به صورت توأم و همزمان جهت پوشش دهی مواد غذایی و بهبود ماندگاری محصولات غذایی استفاده می‌کنند [۴].

اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی ترکیبات بدست آمده از بخش‌های مختلف (ریشه، ساقه، برگ، میوه و دانه) گیاهان است که به روش‌های متفاوت از گیاه استخراج می‌شوند. اسانس‌های گیاهی سرشار از ترکیبات ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی نظیر ترپن‌ها و فنول‌ها بوده و در تحقیقات متفاوت از این ترکیبات به عنوان ضد باکتری، ضد قارچ، ضد ویروس و ضد انگل استفاده کرده‌اند [۱۱].

یکی از گیاهان باارزش و بومی ایران، گیاه چندساله زیره سیاه کرمانی (ایرانی) با نام علمی *Bunium persicum* می‌باشد. این گیاه متعلق به خانواده *Apiaceae* بوده و در آسیا و جنوب شرق اروپا یافت می‌شود [۱۲]. این گیاه سرشار از خواص درمانی بوده و برای پیشگیری، کنترل و درمان بسیاری از بیماری‌ها نظیر کاهش کلسترول بد خون، بهبود شکستگی‌های استخوانی، کاهش تب و بیماری‌های دستگاه گوارش و تنفس استفاده می‌شود. این گیاه منبع غنی از ترکیبات آنتی اکسیدان و ضد باکتریایی از جمله گاما ترپینن، کومین آلدئید، آلفا پینن و لیمونن بوده [۱۳] و در صنعت غذا بعنوان طعم دهنده و نگهدارنده استفاده می‌شود [۱۴].

امولسیون‌ها مخلوطی از دو یا چند مایع غیر قابل امتزاج هستند که پایداری نسبتاً کمی داشته و جهت پایداری آن‌ها از امولسیفایر استفاده می‌کنند [۱۵]. از طرفی دیگر با توجه

۲-۲- تهیه نانوامولسیون اسانس زیره سیاه و تعیین سائز ذرات نانوامولسیون

جهت تهیه نانوامولسیون اسانس زیره سیاه، غلظت های ۱/۵٪ و ۳٪ اسانس زیره سیاه با استفاده از آب دیونیزه و توپین ۸۰ تهیه گردید و سپس و با استفاده از دستگاه سونیکارتور (Sonopuls, Bendelin, Berlin, Germany) با فرکانس ۳۰ کیلو هرتز به مدت ۱۵ دقیقه و در دمای ۱۵ درجه ی سلسیوس، تهیه شد. سائز ذرات نانوامولسیون با استفاده از دستگاه اندازه گیری سائز ذرات (DLS) اندازه گیری گردید.

۲-۳- تهیه پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس زیره سیاه

محلول پوشش خوراکی با مخلوط کردن ژلاتین ماهی (۳٪) (Sigma, Aldrich) در آب مقطر به مدت ۳۰ دقیقه تهیه گردید. پس از حرارت دادن محلول در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه تحت همزن مغناطیسی، کیتوزان (۳٪) (Sigma, Aldrich) در محلول اسید استیک ۱٪ (Merck, Germany)، گلیسرول (Merck, Germany) و غلظت ۱/۵٪ و ۳٪ امولسیون و نانوامولسیون

اسانس زیره سیاه به آن اضافه گردید و کاملاً همگن گردید. سپس بلافاصله پوشش دهی نمونه های گوشت گوساله انجام شد [۱۸].

۲-۴- تهیه گوشت گوساله

گوشت گوساله از مراکز معتبر در سطح شهر خریداری و در کنار یخ به آزمایشگاه منتقل گردید. گوشت پس از جداسازی قطعات چربی با آب لوله کشی شسته شده و سپس به قطعات ۱۰ گرمی تقسیم شد.

۲-۵- تهیه تیمارهای مورد مطالعه

جهت پوشش دهی قطعات گوشت گوساله، نمونه ها در گروه های مختلف مطابق جدول ۱ طبقه بندی شدند. سپس نمونه ها در محلول های مورد نظر به مدت ۳ دقیقه غوطه ور و بمدت ۲ دقیقه اجازه داده شد تا آب چک کند و سپس در کیسه های پلی اتیلنی به مدت ۱۶ روز در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری و هر ۴ روز یکبار (۰، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶) مورد ارزیابی قرار گرفت.

Table 1. The treatment studied

Treatment	Chitosan (%)	Gelatin (%)	Emulsion of <i>Bunium persicum</i> essential oil (%)	Nanoemulsion of <i>Bunium persicum</i> essential oil (%)
Con	0	0	0	0
CH/G	3	3	0	0
CH/G + BPE 1.5%	3	3	1.5	0
CH/G + BPE 3%	3	3	3	0
CH/G + BPNE 1.5%	3	3	0	1.5
CH/G + BPNE 3%	3	3	0	3

۲-۶- ارزیابی فعالیت ضد میکروبی پوشش های تهیه شده

جهت بررسی میکروبی نمونه ها، ۱۰ گرم از نمونه ها در ۹۰ میلی لیتر محلول پپتون واتر ۰/۱٪ بطور کامل هموزن شدند. سپس رقت های سریالی از نمونه ها تهیه گردیده و شمارش

باکتری های مورد نظر صورت گرفت. جهت شمارش باکتری های مزوفیل هوازی از رقت های تهیه شده بر روی محیط

با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) انجام شد. جهت مقایسه داده ها از Oneway ANOVA استفاده گردید. برای مقایسه دوتایی گروه ها از Dunkan's post hoc test استفاده شد. در تمامی ارزیابی ها $p < 0/05$ به عنوان حد معنی داری در نظر گرفته شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- آنالیز اسانس زیره سیاه

نتایج تعیین ترکیبات اسانس زیره سیاه با استفاده از دستگاه GC-MS در جدول ۲، بیان گردیده است. ترکیبات موثره اسانس زیره سیاه کومین آلدئید (۲۵/۱۱٪) و گاما ترپینن (۲۰/۱۵٪) بودند. از عوامل موثر بر نوع و میزان ترکیبات موثره گیاهان می توان به شرایط جغرافیایی، آب و هوایی، فصلی و نحوه تهیه اسانس و عصاره اشاره کرد [۲۰]. در مطالعات انجام شده بر روی اسانس زیره سیاه کومین آلدئید، گاما ترپینن، بتا پینن و پاراسایمن بعنوان ترکیبات اصلی زیره سیاه گزارش گردید [۲۱]. در مطالعات انجام شده بر روی ترکیبات موثره اسانس زیره سیاه، کیخسروی و همکاران (۲۰۲۰)، بیان کردند که کومین آلدئید (۳۸/۳۹٪)، پاراسایمن (۵/۲۳٪) و گاما ترپینن (۴/۴۴٪) بیشترین ترکیبات اسانس زیره سیاه را به خود اختصاص دادند که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد [۲۲].

کشت PCA^2 ، کشت سطحی انجام شد. سپس پلیت های کشت داده شده در دمای ۳۰ درجه بمدت ۴۸ ساعت گرمخانه گذاری شدند. جهت شمارش باکتری های سایکروتروف (سرماگرا) از رقت های تهیه شده بر روی محیط کشت PCA، کشت انجام شد. سپس پلیت های کشت داده شده در دمای ۷ درجه به مدت ۱۰ روز گرمخانه گذاری شدند.

۲-۷- ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی پوشش های تهیه شده

۲-۷-۱- اندازه گیری اندیس پراکسید (PV^3)

محصولات اولیه اکسیداسیون با استفاده از روش یدومتری تعیین شد. میزان ید آزاد شده بوسیله تیترا کردن با تیوسولفات سدیم و میزان پراکسید به صورت میلی اکسی والان پراکسید در کیلو گرم چربی بیان شد [۱۹].

۲-۷-۲- اندازه گیری اسید تیوباربیتوریک ($TBARS^4$)

محصولات ثانویه اکسیداسیون با استفاده از آزمون TBARS مطابق روش جعفری نیا و همکاران (۲۰۲۲)، اندازه گیری شد و براساس میلی گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم گوشت گوساله بیان شد [۱۹].

۲-۸- آنالیز آماری

کلیه آزمایش ها در سه تکرار انجام پذیرفت و نتایج بر اساس میانگین و انحراف معیار بیان گردید. تجزیه و تحلیل داده ها

Table2. Chemical composition of *Bunium persicum* essential oil.

Compounds	Concentration (Peak area %)	Retention time (min)
β -Phellandrene	0.50	10.02
β -Pinene	5.30	10.25
α -Phellandrene	1.31	11.47
p-Cymene	10.03	12.11
D-Limonene	6.63	12.62
γ -Terpinene	20.15	14.11
Terpinolene	0.56	15.21
4-Terpineol	0.43	19.82
Cuminaldehyde	25.11	21.41
Carbamodithioic acid, formyl-, methyl ester	9.23	23.82

4. Thiobarbituric Acid Reactive Substances

2. Plate Count Agar

3. Peroxide Value

1,4-p-Menthadien-7-al	18.36	24.56
Carvacrol	0.91	28.31
Myristicine	0.39	43.47
Total	98.91	

خوب و تازگی گوشت است. شمارش TVC و باکتری های سرماگرا در تمامی نمونه های پوشش داده شده در طول دوره مطالعه افزایش یافت به طوریکه در روز ۱۶ مطالعه در نمونه شاهد، میزان باکتری های TVC و سرماگرا به ترتیب به $10^{1.18}$ CFU/g و $10^{0.95}$ log CFU/g رسید. میانگین شمارش باکتری های TVC و سرماگرا در نمونه های پوشش داده شده با ژلاتین-کیتوزان فاقد اسانس در طول دوره نگهداری بطور معنی داری کمتر از نمونه شاهد بود ($p < 0.05$) که می تواند ناشی از خاصیت ضد میکروبی کیتوزان باشد. طبق مطالعات انجام گرفته تاکنون، فعالیت ضد میکروبی کیتوزان اثبات گردیده و محققان بسیاری تاثیر پوشش کیتوزان را به صورت توام با ترکیبات ضد میکروبی گیاهی جهت بهبود ماندگاری محصولات غذایی بررسی کرده اند [۲۴]. در روز ۱۲ مطالعه میزان TVC و باکتری های سرماگرا در نمونه شاهد به بالاتر از حد مجاز $10^{0.5}$ log CFU/g رسید [۲۵] در صورتی که در نمونه های حاوی نانوامولسیون اسانس زیره سیاه میزان شمارش باکتری کمتر از حد مجاز استاندارد بود. براساس نتایج بدست آمده، افزودن اسانس به هر دو صورت امولسیون و نانوامولسیون، خاصیت ضد میکروبی پوشش ژلاتین-کیتوزان را افزایش داد اما زمانی که از نانوامولسیون اسانس استفاده گردید خصوصاً در غلظت بالاتر نانوامولسیون (۳٪)، خاصیت ضد میکروبی بطور معنی داری افزایش یافت ($p < 0.05$). بطور کلی نتایج نشان داد موثر ترین و بهترین تیمار، تیمار پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی غلظت ۳٪ نانوامولسیون اسانس زیره سیاه بود. هم راستا با مطالعه حاضر، کیخسروی و همکاران (۲۰۲۰)، در بررسی خاصیت ضد میکروبی فیلم کیتوزان حاوی نانوامولسیون اسانس زیره سیاه و آویشن شیرازی به نتایج مشابهی دست یافتند. میزان اولیه باکتری های TVC و سرماگرا در این مطالعه به ترتیب $10^{3.35}$ CFU/g و $10^{2.55}$ CFU/g بود و در طول دوره ۱۸ روزه مطالعه افزایش

۲-۳- اندازه ذره ای و شاخص پراکندگی نانوامولسیون اسانس زیره سیاه

میانگین اندازه ذرات و شاخص PDI نانوامولسیون اسانس زیره سیاه در جدول ۳، بیان شده است. در این مطالعه نانوامولسیون اسانس زیره سیاه با کمک روش اولتراسونیک تهیه شد و اندازه ذرات $125.10/10$ نانومتر و شاخص PDI در دامنه $0.27/0.03$ تعیین گردید. در مطالعه کیخسروی و همکاران (۲۰۲۰)، نانوامولسیون اسانس زیره سیاه در نتیجه ترکیب اسانس زیره سیاه، آب، توپین ۸۰ و لسیترین با استفاده از دستگاه اولتراسوند بدست آمد. نتایج نشان داد میانگین اندازه ذرات و شاخص PDI در اسانس زیره سیاه به ترتیب $154/26$ و 0.24 بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت داشت [۲۲]. براساس تحقیقات انجام شده، غلظت و نوع سورفاکتانت می تواند بر روی سایز قطرات تاثیر گذار بوده و با افزایش میزان سورفاکتانت، سایز ذرات کاهش می یابد اما افزایش میزان سورفاکتانت می تواند منجر به کاهش فعالیت ضد میکروبی اسانس های گیاهی گردد [۲۳].

Table 3. Particle size.

Z-average (nm)	PDI
125.10 ± 1.95	0.27 ± 0.03

۳-۳- ارزیابی فعالیت ضد میکروبی پوشش های مورد مطالعه

نتایج بررسی فعالیت ضد میکروبی پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس زیره سیاه در جدول ۴، عنوان شده است. طبق نتایج بدست آمده، میانگین شمارش باکتری های مزوفیل هوازی (TVC) و باکتری های سرماگرا در گوشت گوساله در نمونه شاهد به ترتیب $10^{3.57}$ log CFU/g و $10^{2.55}$ log CFU/g بود که نشان دهنده کیفیت

ژلاتین باعث کنترل رشد میکروبی در طول دوره مطالعه در گوشت ماهی گردید [۲۶]. در مطالعات دیگر تاثیر پوشش و فیلم خوراکی کیتوزان-ژلاتین حاوی ترکیبات ضد میکروبی طبیعی، بر روی رشد میکروبی در طول دوره نگهداری محصولات غذایی از جمله گوشت بوقلمون و ماهی مورد بررسی قرار گرفته است که همگی حاکی از تاثیر مثبت و بالای بسته بندی محصولات غذایی با ژلاتین-کیتوزان حاوی اسانس های گیاهی داشته و فعالیت ضد میکروبی و بهبود ماندگاری محصولات غذایی در اثر پوشش دهی با این ترکیبات به اثبات رسیده است [۲۷ و ۲۸].

یافت. آن ها بیان کردند استفاده از نانوامولسیون اسانس های آویشن شیرازی و زیره سیاه، باعث محدود کردن رشد میکروبی از جمله باکتری های مزوفیل هوازی و سرماگرا گردیده است و کمترین میزان شمارش باکتری های مذکور مرتبط با نمونه های پوشش داده شده با محلول پوشش کیتوزان حاوی نانوامولسیون اسانس های گیاهی می باشد [۲۲]. در بررسی انجام شده بر روی پوشش کیتوزان و ژلاتین حاوی اسانس برازمبل نیز محققان بیان کردند که ژلاتین به تنهایی خاصیت ضد میکروبی نداشته، اما بدلیل خاصیت ضد میکروبی پوشش کیتوزان، افزودن آن به پوشش

Table 4. Antimicrobial activity of the studied treatments on beef meat during the storage period

Treatment	Storage time (days)				
	0	4	8	12	16
(a) Total viable count					
Con	3.57 ± 0.33 ^{aE}	5.12 ± 0.27 ^{aD}	6.61 ± 0.29 ^{aC}	8.99 ± 0.37 ^{aB}	10.18 ± 0.19 ^{aA}
CH/G	3.52 ± 0.21 ^{aE}	4.66 ± 0.32 ^{bD}	6.18 ± 0.19 ^{bC}	7.93 ± 0.27 ^{bB}	8.94 ± 0.18 ^{bA}
CH/G + BPE 1.5%	3.56 ± 0.37 ^{AE}	4.71 ± 0.23 ^{bD}	5.88 ± 0.04 ^{bC}	7.52 ± 0.27 ^{bcB}	8.43 ± 0.11 ^{cA}
CH/G + BPE 3%	3.46 ± 0.26 ^{AE}	4.52 ± 0.11 ^{bcD}	5.53 ± 0.16 ^{cC}	7.30 ± 0.17 ^{cB}	8.10 ± 0.10 ^{dA}
CH/G + BPNE 1.5%	3.63 ± 0.27 ^{aE}	4.34 ± 0.16 ^{bcD}	5.22 ± 0.10 ^{cC}	6.34 ± 0.21 ^{dB}	7.89 ± 0.17 ^{dA}
CH/G + BPNE 3%	3.55 ± 0.32 ^{AE}	4.16 ± 0.08 ^{cD}	4.87 ± 0.20 ^{dC}	5.61 ± 0.12 ^{eB}	6.72 ± 0.12 ^{eA}
(b) Psychrotrophic bacteria					
Con	2.55 ± 0.18 ^{aE}	4.52 ± 0.32 ^{aD}	6.35 ± 0.23 ^{aC}	7.57 ± 0.17 ^{aB}	8.95 ± 0.24 ^{aA}
CH/G	2.49 ± 0.22 ^{aE}	4.34 ± 0.17 ^{abD}	5.71 ± 0.14 ^{bC}	6.88 ± 0.20 ^{bB}	8.59 ± 0.26 ^{bA}
CH/G + BPE 1.5%	2.47 ± 0.23 ^{aE}	4.09 ± 0.13 ^{bD}	5.26 ± 0.21 ^{cC}	6.42 ± 0.20 ^{cB}	7.70 ± 0.12 ^{cA}
CH/G + BPE 3%	2.46 ± 0.27 ^{aE}	3.55 ± 0.14 ^{cD}	4.70 ± 0.16 ^{dC}	6.09 ± 0.08 ^{dB}	7.29 ± 0.11 ^{dA}
CH/G + BPNE 1.5%	2.51 ± 0.32 ^{aE}	3.24 ± 0.09 ^{cD}	4.47 ± 0.18 ^{dC}	5.70 ± 0.15 ^{dB}	6.63 ± 0.14 ^{eA}
CH/G + BPNE 3%	2.48 ± 0.34 ^{aE}	2.90 ± 0.17 ^{dD}	3.40 ± 0.21 ^{eC}	5.07 ± 0.19 ^{fB}	6.28 ± 0.13 ^{fA}

Values represent mean ± standard deviation (n = 3).

Means in the same row with different capital letters are significantly different (p<0.05).

Means in the same column with different small letters are significantly different (p<0.05).

میزان PV، نشان دهنده افزایش میزان پراکسید و هیدروپراکسید های تولید شده در مراحل اولیه اکسیداسیون لیپید و میزان TBARS مرتبط با تولید متایولیت های ثانویه ناشی از اکسیداسیون ثانویه لیپید می باشد (۱۳). مقادیر PV

۳-۴- ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی پوشش های مورد مطالعه

اکسیداتیو در گوشت چرخ شده گوساله گردید [۲۹]. همانطور که در جدول ۵، گزارش شده است، پایین ترین میزان PV و TBARS مرتبط با نمونه ژلاتین-کیتوزان حاوی ۳٪ نانوامولسیون اسانس زیره سیاه بود که در روز آخر مطالعه، مقدار PV و TBARS در این نمونه به ترتیب به میزان $4/61 \text{ meq/kg}$ و $1/30 \text{ mg MDA/kg}$ رسید. در بررسی اثر آنتی اکسیدانی اسانس زیره سیاه، تحقیقات متعددی انجام شده و همگی دلالت بر فعالیت آنتی اکسیدانی بالای این اسانس دارند. نتایج مطالعه انجام شده بر روی فعالیت آنتی اکسیدانی پوشش کیتوزان حاوی نانوامولسیون اسانس زیره سیاه در گوشت بوقلمون، نشان داد سرعت افزایش میزان PV و TBARS در نمونه شاهد بطور معنی داری بالاتر از نمونه های پوشش داده شده بوده ($p < 0.05$) و حضور نانوامولسیون اسانس زیره سیاه، به صورت موثری، باعث کنترل روند اکسیداسیون گردید [۲۲]. همچنین در ارزیابی خاصیت آنتی اکسیدانی فیلم زیست تخریب پذیر نشاسته حاوی نانوامولسیون اسانس زیره سیاه، طعمی و همکاران (۲۰۲۲)، بیان کردند که به دلیل حضور ترکیبات آنتی اکسیدانی در اسانس زیره سیاه، پوشش نشاسته حاوی اسانس زیره سیاه دارای خاصیت آنتی اکسیدانی خوبی بوده و می توان به عنوان بسته بندی فعال جهت نگهداری مواد غذایی از آن استفاده نمود [۳۰].

و TBARS در جدول ۵، گزارش شده است. مقدار شاخص پراکسید بین 10 meq/kg الی 20 mg MDA/kg و میزان TBARS کمتر از 5 mg MDA/kg به عنوان حد قابل قبول گزارش گردیده است [۲۲]. در این مطالعه میزان اولیه PV و TBARS در گوشت گوساله در نمونه شاهد به ترتیب $1/32 \text{ meq/kg}$ و $0/28 \text{ mg MDA/kg}$ بود و در پایان روز ۱۶ به $9/43 \text{ meq/kg}$ و $3/27 \text{ mg MDA/kg}$ رسید. بررسی نتایج مطالعه نشان داد، در طول دوره نگهداری هر دو شاخص اکسیداسیون لیپیدی، روند افزایشی داشتند و سرعت افزایش در نمونه شاهد که فاقد هرگونه ترکیبات آنتی اکسیدانی و پوششی بود، بالاتر بود. نتایج نشان داد سرعت افزایش PV و TBARS در نمونه های پوشش داده شده با ژلاتین-کیتوزان بطور معنی داری کمتر از نمونه شاهد بود ($p < 0.05$)، که نشان دهنده خاصیت آنتی اکسیدانی پوشش ژلاتین-کیتوزان می باشد، این نتایج با نتایج سایر محققان مطابقت دارد و نشانگر خاصیت آنتی اکسیدانی این ترکیبات است [۲۵]. افزودن اسانس زیره سیاه به محلول پوشش، خاصیت آنتی اکسیدانی را افزایش داد و با بالا بردن غلظت اسانس و همچنین کاهش ذرات امولسیون اسانس با استفاده از اولتراسوند فعالیت آنتی اکسیدانی پوشش ژلاتین-کیتوزان افزایش یافت که مطابق با نتایج امیری و همکاران (۲۰۱۹)، بود. آن ها بیان کردند که استفاده از نانوامولسیون و کاهش ذرات نانوامولسیون اسانس آویشن شیرازی، باعث پایداری

Table 5. Antioxidant activity of the studied treatments on beef meat during the storage period

Treatment	Storage time (days)				
	0	4	8	12	16
(a) PV					
Con	$1.35 \pm 0.24 \text{ aE}$	$3.95 \pm 0.21 \text{ aD}$	$5.94 \pm 0.59 \text{ aC}$	$8.31 \pm 0.19 \text{ aB}$	$9.43 \pm 0.34 \text{ aA}$
CH/G	$1.27 \pm 0.15 \text{ aE}$	$3.29 \pm 0.33 \text{ bD}$	$5.14 \pm 0.16 \text{ bC}$	$7.09 \pm 0.31 \text{ bB}$	$8.27 \pm 0.24 \text{ bA}$
CH/G + BPE 1.5%	$1.34 \pm 0.33 \text{ aE}$	$2.57 \pm 0.34 \text{ cD}$	$4.16 \pm 0.16 \text{ cC}$	$6.36 \pm 0.35 \text{ cB}$	$7.27 \pm 0.18 \text{ cA}$
CH/G + BPE 3%	$1.44 \pm 0.41 \text{ aD}$	$2.07 \pm 0.39 \text{ dD}$	$3.57 \pm 0.29 \text{ dC}$	$5.60 \pm 0.18 \text{ dB}$	$6.33 \pm 0.41 \text{ dA}$
CH/G + BPNE 1.5%	$1.38 \pm 0.25 \text{ aD}$	$1.67 \pm 0.02 \text{ deD}$	$2.66 \pm 0.15 \text{ eC}$	$4.19 \pm 0.32 \text{ eB}$	$5.40 \pm 0.17 \text{ eA}$
CH/G + BPNE 3%	$1.43 \pm 0.32 \text{ aD}$	$1.55 \pm 0.17 \text{ eD}$	$2.19 \pm 0.12 \text{ eC}$	$2.89 \pm 0.29 \text{ fB}$	$4.61 \pm 0.30 \text{ fA}$
(b) TBARS					
Con	$0.28 \pm 0.09 \text{ aE}$	$0.86 \pm 0.08 \text{ aD}$	$1.97 \pm 0.14 \text{ aC}$	$2.57 \pm 0.25 \text{ aB}$	$3.27 \pm 0.16 \text{ aA}$
CH/G	$0.26 \pm 0.07 \text{ aE}$	$0.60 \pm 0.06 \text{ bD}$	$1.48 \pm 0.25 \text{ bC}$	$2.00 \pm 0.21 \text{ bB}$	$2.86 \pm 0.17 \text{ bA}$
CH/G + BPE 1.5%	$0.22 \pm 0.03 \text{ aE}$	$0.49 \pm 0.01 \text{ cD}$	$1.10 \pm 0.10 \text{ cC}$	$1.58 \pm 0.09 \text{ cB}$	$2.30 \pm 0.14 \text{ cA}$
CH/G + BPE 3%	$0.24 \pm 0.05 \text{ aE}$	$0.40 \pm 0.04 \text{ cdD}$	$0.82 \pm 0.12 \text{ dC}$	$1.25 \pm 0.07 \text{ dB}$	$1.98 \pm 0.08 \text{ dA}$
CH/G + BPNE 1.5%	$0.24 \pm 0.06 \text{ aD}$	$0.30 \pm 0.07 \text{ dD}$	$0.56 \pm 0.10 \text{ deC}$	$1.01 \pm 0.11 \text{ dB}$	$1.59 \pm 0.13 \text{ eA}$
CH/G + BPNE 3%	$0.23 \pm 0.23 \text{ aCD}$	$0.29 \pm 0.05 \text{ dCD}$	$0.40 \pm 0.03 \text{ eC}$	$0.63 \pm 0.10 \text{ eB}$	$1.30 \pm 0.14 \text{ fA}$

Values represent mean $\pm$ standard deviation ($n = 3$).

Means in the same row with different capital letters are significantly different ($p < 0.05$).

Means in the same column with different small letters are significantly different ($p < 0.05$).

غلظت اسانس و نانوامولسیون اسانس زیره سیاه از ۱/۵٪ به ۳٪ خاصیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی افزایش یافت. بطور کلی نتایج بدست آمده از مطالعه حاضر نشان داد استفاده از پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی اسانس زیره سیاه خصوصاً زمانی که حاوی نانوامولسیون اسانس زیره سیاه باشد، بطور قابل توجهی محدود کننده فساد میکروبی و اکسیداسیون چربی بود و باعث بهبود ماندگاری گوشت گوساله نگهداری شده در یخچال گردید. با توجه به نتایج مطالعه، می توان استفاده از پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی نانوامولسیون اسانس زیره سیاه جهت افزایش ماندگاری ترکیبات غذایی را توصیه نمود.

۴- نتیجه گیری

اسانس زیره سیاه به دلیل دارا بودن ترکیباتی از جمله کومین آلدهید و گاماتریپنین، دارای خاصیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی خوبی می باشد. از طرف دیگر استفاده از تکنولوژی نانو باعث کاهش ذرات اسانس تا حدود ۱۲۵ نانومتر گردید که منجر به افزایش خاصیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی اسانس شد. استفاده از پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس زیره سیاه بطور قابل توجهی در مقایسه با نمونه شاهد، رشد میکروارگانیسم های مزوفیل هوازی و باکتری های سرماگرا را مهار کرد. همچنین با به تعویق انداختن اکسیداسیون چربی ها، میزان اندیس پراکسید و اسید تیوباریتوریک در نمونه های پوشش داده شده بطور معنی داری کمتر از نمونه شاهد بود. مطابق نتایج، با افزایش

۵- منابع

- [1] Thakur M, Olafsson S, Lee JS, Hurburgh CR. 2010. Data mining for recognizing patterns in foodborne disease outbreaks. *Journal of Food Engineering*, **97**(2):213-27.
- [2] Takma DK, Korel F. 2019. Active packaging films as a carrier of black cumin essential oil: Development and effect on quality and shelf-life of chicken breast meat. *Food Packaging and Shelf Life*, **19**:210-7.
- [3] Ahmad RS, Imran A, Hussain MB. 2018. Nutritional composition of meat. *Meat Science and Nutrition*, **61**(10.5772):61-75.
- [4] Panahi Z, Mohsenzadeh M. 2022. Sodium alginate edible coating containing *Ferulago angulata* (Schlecht.) Boiss essential oil, nisin, and NaCl: Its impact on microbial, chemical, and sensorial properties of refrigerated chicken breast. *International Journal of Food Microbiology*, **2**;380:109883.
- [5] Rawat S. 2015. Food Spoilage: Microorganisms and their prevention. *Asian Journal of Plant Science and Research*. **5**(4):47-56.
- [6] Suhag R, Kumar N, Petkoska AT, Upadhyay A. 2020. Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Research International*, **136**:109582.
- [7] Baldwin EA, Hagenmaier R, Bai J, editors. 2011. Edible coatings and films to improve food quality. CRC pres.
- [8] Raghav PK, Agarwal N, Saini M. 2016. Edible coating of fruits and vegetables: A review. *Education*. **1**(2):188-204.

- [9] López-Caballero ME, Gómez-Guillén MC, Pérez-Mateos M, Montero P. 2005. A chitosan–gelatin blend as a coating for fish patties. *Food Hydrocolloids*, **19(2)**:303-11.
- [10] Pereda M, Ponce AG, Marcovich NE, Ruseckaite RA, Martucci JF. 2011. Chitosan-gelatin composites and bi-layer films with potential antimicrobial activity. *Food Hydrocolloids*, **25(5)**:1372-81.
- [11] São Pedro A, Santo I, Silva C, Detoni C, Albuquerque E. 2013. The use of nanotechnology as an approach for essential oil-based formulations with antimicrobial activity. *Microbial Pathogens and Strategies for Combating Them*. **2**:1364-74.
- [12] Moravvej G, Of-Shahraki Z, Azizi-Arani M, Yaghmai F. 2009. Fumigant Toxicity of *Bunium persicum* Boiss.(Umbelliferae) and *Elletaria cardamomum* Maton.(Zingiberaceae) oils against *Tribolium castaneum* (Herbst.)(Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Plant Protection*, **19(23)**:2.
- [13] Taheri Mirghaed A, Abiavi T, Hassani F, Shafiei S. 2018. Antibacterial effects of essential oil of Black Cumin (*Bunium persicum*) against some pathogenic bacteria of fish. *Journal of Aquatic Ecology*, **7(4)**:159-65.
- [14] Shahsavari N, Barzegar M, Sahari MA, Naghdibadi H. 2008. Antioxidant activity and chemical characterization of essential oil of *Bunium persicum*. *Plant Foods for Human Nutrition*, **63**:183-8.
- [15] Hosseinzadeh H, Ramezani M, Salmani GA. 2000. Antinociceptive, anti-inflammatory and acute toxicity effects of *Zataria multiflora* Boiss extracts in mice and rats. *Journal of Ethnopharmacology*, **73(3)**:379-85.
- [16] Moghimi R, Ghaderi L, Rafati H, Aliahmadi A, McClements DJ. 2016. Superior antibacterial activity of nanoemulsion of *Thymus daenensis* essential oil against *E. coli*. *Food Chemistry*, **194**:410-5.
- [17] Jerobin J, Makwana P, Suresh Kumar RS, Sundaramoorthy R, Mukherjee A, Chandrasekaran N. 2015. Antibacterial activity of neem nanoemulsion and its toxicity assessment on human lymphocytes in vitro. *International Journal of Nanomedicine*, **10(sup2)**:77-86.
- [18] Cardoso GP, Dutra MP, Fontes PR, Ramos AD, de Miranda Gomide LA, Ramos EM. 2016. Selection of a chitosan gelatin-based edible coating for color preservation of beef in retail display. *Meat Science*, **114**:85-94.
- [19] Jafarinia S, Fallah AA, Dehkordi SH. 2022. Effect of virgin olive oil nanoemulsion combined with ajowan (*Carum copticum*) essential oil on the quality of lamb loins stored under chilled condition. *Food Science and Human Wellness*, **11(4)**:904-13.
- [20] Raut JS, Karuppayil SM. 2014. A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops and Products*, **62**:250-64.
- [21] Bansal S, Sharma K, Gautam V, Lone AA, Malhotra EV, Kumar S, Singh R. 2023. A comprehensive review of *Bunium persicum*: a valuable medicinal spice. *Food Reviews International*, **39(2)**:1184-202.
- [22] Keykhosravy K, Khanzadi S, Hashemi M, Azizzadeh M. 2020. Chitosan-loaded

- nanoemulsion containing Zataria Multiflora Boiss and Bunium persicum Boiss essential oils as edible coatings: Its impact on microbial quality of turkey meat and fate of inoculated pathogens. *International Journal of Biological Macromolecules*, **150**:904-13.
- [23] Li J, Hwang IC, Chen X, Park HJ. 2016. Effects of chitosan coating on curcumin loaded nano-emulsion: Study on stability and in vitro digestibility. *Food Hydrocolloids*, **60**:138-47.
- [24] Sarfraz MH, Hayat S, Siddique MH, Aslam B, Ashraf A, Saqalein M, Khurshid M, Sarfraz MF, Afzal M, Muzammil S. 2024. Chitosan based coatings and films: A perspective on antimicrobial, antioxidant, and intelligent food packaging. *Progress in Organic Coatings*, **188**:108235.
- [25] Raeisi M, Tabaraei A, Hashemi M, Behnampour N. 2016. Effect of sodium alginate coating incorporated with nisin, Cinnamomum zeylanicum, and rosemary essential oils on microbial quality of chicken meat and fate of *Listeria monocytogenes* during refrigeration. *International Journal of Food Microbiology*, **238**:139-45.
- [26] Ahmadi K, Mohsenzadeh M. 2023. Evaluation of antibacterial and antioxidant effect of gelatin-chitosan bilayer edible coating containing nanoemulsion of *Perovskia abrotanoides* Kar. essential oil on growth control of *Aeromonas hydrophila* inoculated into rainbow trout fillet. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, **19(133)**:29-41.
- [27] Beigmohammadi F, Naseri HR, Mohammadi R, Sadeghi E. 2021. Production of edible film based on chitosan-gelatin, containing *Ferulago angulate* essential oil and evaluation of optical, sensory features and shelf life of packaged Turkey meat in it. *Journal of Food Research*, **30(4)**:169-79.
- [28] Saki J, Khodanazary A, Hosseini SM. 2017. The effect of chitosan-gelatin composition and bi-layer coating and film on physicochemical, microbial and sensory properties of *Johnius belangerii* stored at refrigerator. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, **6(1)**:71-86.
- [29] Amiri E, Aminzare M, Azar HH, Mehrasbi MR 2019. Combined antioxidant and sensory effects of corn starch films with nanoemulsion of *Zataria multiflora* essential oil fortified with cinnamaldehyde on fresh ground beef patties. *Meat Science*. **153**:66-74.
- [30] Taami B, Rostami Zadeh K, Aminzare M, Hassanzad Azar H. 2022. Antioxidant Efficacy of Biodegradable Starch Film Containing of *bunium persicum* Essential Oil Nanoemulsion Fortified with Cinnamaldehyde. *Journal of Medicinal Plants and By-products*, **11(Special)**:67-75.



Scientific Research

Evaluation of antibacterial and antioxidant activity of gelatin-chitosan coating containing emulsion and nanoemulsion of *Bunium persicum* essential oil on beef meat

Soheila Nakhodchi ¹, Bahareh Haji Rostamloo ^{1*}, Mohsen Vazifeh Doost ¹, Zohreh Didar ¹

1. Department of Food Science and Technology, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabour, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2024/6/20 Accepted: 2024/12/11 Keywords: <i>Bunium persicum</i> essential oil, Antimicrobial activity, Antioxidant activity, Gelatin, Chitosan, Beef meat. DOI: 10.22034/FSCT.22.163.90. *Corresponding Author E- b.hajirostamloo@iauneyshabur.ac.ir	Plant antimicrobial compounds are a very suitable and safe alternative for synthetic preservatives. On the other hand, nanotechnology increases and improves the effect of the effective compounds of plants on the target cells. In this study, the antimicrobial effect (TVC and Psychrotrophic bacteria) and antioxidant effect (TBARS and PV) of edible gelatin-chitosan coating containing emulsion and nanoemulsion of <i>Bunium persicum</i> essential oil (1.5% and 3%) on beef meat over a 16-day period (0, 4, 8, 12 and 16) at 4 °C was investigated. Analysis of the essential oil by GC-MS showed that the effective compounds of the essential oil are Cuminaldehyde and γ-Terpinene. The results of the antimicrobial effect of the prepared coatings showed that there is a significant difference between the control sample and the coated samples ($p < 0.05$). Adding <i>Bunium persicum</i> essential oil and increasing the concentration of essential oil increased the antimicrobial activity. Also, the results of the evaluation of antimicrobial activity showed that the sample containing gelatin-chitosan coating containing 3% nanoemulsion of <i>Bunium persicum</i> essential oil had a higher antimicrobial effect compared to other samples. The results of peroxide index and thiobarbituric acid showed that there is a significant difference between the control sample and the coated samples ($p < 0.05$). The addition of <i>Bunium persicum</i> essential oil due to its antioxidant compounds improved and increased the antioxidant activity of gelatin-chitosan coating, and the highest antioxidant activity associated with gelatin-chitosan coating containing 1.5% and 3% nanoemulsion of <i>Bunium persicum</i> essential oil. The results of this study showed that the gelatin-chitosan coating containing emulsion and nanoemulsion of <i>Bunium persicum</i> essential oil has high antimicrobial and antioxidant properties and can improve the shelf life of beef meat stored in the refrigerator. Also, this prepared coating can be used as a biodegradable packaging in the food industry.



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

چالش های تولید، کیفیت تغذیه ای و چشم انداز بازار مصرف گوشت مرغ بدون آنتی بیوتیک (سبز)

داریوش خادمی شورمستی

دانشیار، گروه کشاورزی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	ترکیبات شیمیایی و قیمت مناسب گوشت مرغ، آن را به یکی از بهترین منابع تأمین پروتئین حیوانی تبدیل کرده است. استفاده از آنتی بیوتیک در طیور موجب تجمع بقایای آن در گوشت و متعاقباً مقاومت آنتی بیوتیکی شده است. تولید گوشت بدون آنتی بیوتیک (سبز) در جهت فائق آمدن بر این معضل توسعه یافته است. با جستجو در پایگاه های اطلاعاتی بین المللی و داخلی، نتایج و دستاوردهای ارائه شده در اسناد علمی مختلف مورد استفاده قرار گرفته و مرور شده است. نتایج بررسی ها نشان داد؛ مقاومت آنتی بیوتیکی به عنوان یکی از نگرانی های عمده سلامت عمومی جهانی، در کشورمان نیز موضوع حائز اهمیتی است. رویکرد سلامت یکپارچه، شامل پیوستگی موضوع سلامت انسان، سلامت حیوانات و محیط زیست، برای مقابله با چالش های بهداشتی پیچیده مانند مقاومت آنتی بیوتیکی مورد تاکید قرار گرفته است. تولید گوشت بدون آنتی بیوتیک با چالش هایی همراه است که موجب افزایش هزینه های تولید آن شده است. در عین حال گوشت سبز واجد ویژگی های تغذیه ای و بهداشتی مطلوب تری نسبت به نوع معمولی بوده و در صورت افزایش آگاهی های عمومی، شبکه توزیع و عرضه مناسب و به خصوص قیمت متعادل می تواند در الویت انتخاب مصرف کنندگان قرار گیرد. نتیجه اینکه با پذیرش اصول مفهوم سلامت یکپارچه می توان تأثیر مقاومت آنتی بیوتیکی را کاهش داد و از طریق استفاده مسئولانه از آنتی بیوتیک از یک سو و تداوم تحقیق و توسعه جهت دستیابی به جایگزین های مؤثر و ایمن، از اثربخشی آنتی بیوتیک ها محافظت کرد و آینده سالم تری را برای انسان ها، حیوانات و محیط زیست تضمین کرد.
کلمات کلیدی:	
سلامت عمومی، کیفیت گوشت، مرغ سبز، مقاومت آنتی بیوتیکی، محیط زیست	
DOI:10.22034/FSCT.22.163.104.	
* مسئول مکاتبات:	
Da.khademi@iau.ac.ir	

۱-مقدمه و بیان مسئله

ویژگی‌های تغذیه‌ای گوشت از جمله عوامل کلیدی در انتخاب غذای مناسب و رژیم غذایی سالم‌تر است. گوشت مرغ دارای چربی و کلسترول کم با پروتئین‌های بسیار قابل هضم و سطوح پایین کلآژن است و معمولاً سالم‌تر از سایر منابع پروتئین حیوانی به‌ویژه گوشت قرمز است. ضمن اینکه استفاده از مکمل‌های غذایی مختلف موجب بهبود فراسنجه‌های سلامت و کیفیت گوشت می‌شود [۱].

تولید پایدار در صنعت پرورش طیور مستلزم حداکثر بهره‌وری و البته همراه با رفاه پرندگان و نیز حفاظت از محیط زیست است. چنانکه به‌عنوان مثال برنامه‌های اصلاح نژادی طیور جهت بهبود راندمان تولید، به ایجاد برخی مشکلات رفاهی و سلامتی پرندگان ناشی از رشد سریع، وزن زیاد بدن، آسیب به پاها و عدم تحرک در جوجه‌های سریع‌رشد منجر شده است [۲]. پرورش طیور تجاری با وجود سودآوری، با چالش‌های جدی نیز مواجه است که یکی از مهم‌ترین آنها بروز بیماری‌های عفونی و غیر عفونی است. طی چندین دهه گذشته، برای کنترل، پیشگیری و درمان بیماری‌ها و البته افزایش عملکرد و کارایی خوراک، از برخی از آنتی‌بیوتیک‌ها در جیره جوجه‌های گوشتی استفاده شده است [۳ و ۴]. از سال ۲۰۰۶ استفاده از آنتی‌بیوتیک به‌عنوان محرک رشد در کشورهای اتحادیه اروپا ممنوع شده و از سال ۲۰۱۷ استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در دام یا خوراک دامی که در نهایت به مصرف انسان می‌رسد محدود و دسته‌بندی شدند [۵]. در عین حال و با وجود وضع قوانین، استفاده بدون ضابطه از این ترکیبات منجر به حضور متابولیت‌های آن‌ها در بافت‌های خوراکی دام و متعاقباً آثار سوء در سلامت مصرف‌کنندگان از جمله مقاومت آنتی‌بیوتیکی شده است. استفاده نامناسب از آنتی‌باکتریال‌ها، موجب تقویت مقاومت ضد میکروبی شده است. با این حال، دسته‌بندی مقاومت ضد میکروبی مسئله پیچیده‌ای است که موجب ایجاد مشکلات جدی برای سلامت عمومی می‌شود [۶].

طی سالیان اخیر، در تولید طیور به افزایش رفاه حیوانات و کیفیت گوشت توجه بیشتری شده است. در عین حال برای مصرف‌کنندگان نگرانی‌هایی در مورد باقیمانده آنتی‌بیوتیک‌ها و مقاومت ضد میکروبی و همچنین باقیمانده‌های آفت‌کش‌ها، مواد افزودنی، محتوای جیره‌های غذایی، طعم، قابلیت ردیابی، اصلاح ژنتیکی سویه‌ها و غیره باقی مانده است. لذا تولید محصولات سالم و عاری از ترکیباتی که برای سلامت انسان و نیز محیط‌زیست مضر محسوب می‌شوند، اهمیت دوچندانی یافته است [۷]. مصرف‌کنندگان به‌طور فزاینده‌ای به محصولات طبیعی یا سازگار با محیط زیست علاقه‌مندند که از نظر آنها دارای کیفیت تغذیه‌ای بالاتر، بدون هرگونه آلاینده‌گی و طعم خوب هستند. آنها همچنین محصولاتی را ترجیح می‌دهند که رفاه و سلامت خوبی برای پرندگان فراهم می‌کند [۸].

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، مرغداران بدون هیچ‌گونه توصیه و نسخه دامپزشکی به‌طور گسترده‌ای از آنتی‌بیوتیک‌ها استفاده می‌کنند و اغلب دستورالعمل‌های دوره قطع دارو را نیز رعایت نمی‌کنند [۷]. فقدان خدمات و عملکرد مطلوب و در دسترس نظام‌های حمایتی و نظارتی و عدم آگاهی و دانش کافی همراه با انگیزه سود بالاتر از جمله عواملی هستند که برخی تولیدکنندگان را به سمت استفاده نامناسب و در مواقعی غیرقانونی از عوامل ضد میکروبی سوق می‌دهند [۹]. عوامل ضد میکروبی در قسمت‌ها و بافت‌های مختلف بدن ذخیره می‌شوند و در نتیجه باقیمانده‌های آنتی‌بیوتیکی، ناخواسته در معرض استفاده مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرند. تجمع بقایای آنتی‌بیوتیکی بیشتر در جگر، کلیه، گوشت ران و سینه جوجه‌های گوشتی گزارش شده است [۱۰]. در تعیین باقی‌مانده آنتی‌بیوتیک در لاشه طیور صنعتی در استان مازندران گزارش شد که از مجموع ۸۱۵ لاشه مورد آزمایش از سه کشتارگاه فعال، ۶۵/۴ درصد آن حداقل در یکی از اعضای مورد آزمایش (عضله، کبد، کلیه)، دو عضو یا سه عضو دارای باقی‌مانده آنتی‌بیوتیکی بودند [۱۱].

می‌کنند. با وجود ممنوعیت استفاده از آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد از طریق وضع قوانین و یا داوطلبانه در بسیاری از کشورها، همچنان در برخی از نقاط از آنتی‌بیوتیک‌ها در دوزهای پایین‌تر با هدف حمایت از رشد طیور استفاده می‌کنند [۱۴].

برای دستیابی به گله‌های طیور بدون آنتی‌بیوتیک استراتژی‌های مختلفی مانند اجرای اقدامات ایمنی‌زیستی مؤثر و گزینه‌های مدیریتی و نیز ترویج میکروب‌های مفید در دستگاه گوارش جوجه‌ها برای افزایش سلامت حیوانات و مهار استقرار بیماری‌زها وجود دارد. بدین منظور، می‌توان پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها یا مخلوط آنها (سین‌بیوتیک) را در خوراک طیور گنجانده تا از تنوع و ثبات جامعه میکروبی دستگاه گوارش و همچنین برهمکنش مثبت با اپیتلیوم گوارشی میزبان و سیستم ایمنی مطمئن شد [۱۵].

برنامه‌های استاندارد بدون آنتی‌بیوتیک، امکان استفاده از آنتی‌باکتری‌های شیمیایی، ضد کوکسیدیه‌های شیمیایی و یونوفورها را فراهم می‌کنند، اما هیچ آنتی‌بیوتیکی ندارند. باید توجه داشت که در طیور بدون آنتی‌بیوتیک فقط استفاده از آنتی‌بیوتیک ممنوع است، در حالی که در طیور ارگانیک علاوه بر ممنوعیت آنتی‌بیوتیک، هیچ افزودنی شیمیایی دیگری در آب یا خوراک طیور در طول دوره رشد آنها مجاز نیست. بنابراین، طیور ارگانیک، طیور بدون آنتی‌بیوتیک نیز محسوب می‌شوند، اما همه طیور بدون آنتی‌بیوتیک، ارگانیک نیستند [۱۶].

۳- چالش‌های صنعت برای پرورش مرغ بدون آنتی‌بیوتیک

صنعت طیور در تلاش برای تولید پرندگان بدون آنتی‌بیوتیک، با چالش‌های متعددی روبرو هستند که معمولاً شامل یک یا چند مورد از موارد زیر است:

اگرچه مقاومت آنتی‌بیوتیکی همیشه در طبیعت وجود داشته، فشار آنتی‌بیوتیکی ناشی از استفاده نامناسب، ظهور سریع و گسترده باکتری‌های بیماری‌زا مقاوم به دارو را تسهیل کرده است [۱۲]. باکتری‌های مقاوم با ژن‌های مقاوم می‌توانند به سرعت در بین انسان‌ها، حیوانات و زیست‌بوم پخش شوند. بنابراین، رویکردهای جدیدی باید برای تولید جوجه‌های گوشتی عاری از آنتی‌بیوتیک در نظر گرفته شود تا بتوان آنها را به‌طور پایدار پرورش داد و به بازار عرضه کرد [۱۳].

احتمالاً عدم اطلاع و شناخت کافی از خصوصیات انواع گوشت مرغ موجود در بازار با قیمت‌های متنوع، انتخاب آن توسط مصرف‌کنندگان را با تردیدهایی مواجه ساخته است. لذا در این مقاله رویکرد، چالش‌ها با تاکید بر موضوع مقاومت آنتی‌بیوتیکی، کیفیت، سهم بازار و چشم‌انداز تولید گوشت طیور بدون آنتی‌بیوتیک که در کشورمان تحت عنوان مرغ سبز نیز شناخته می‌شود، مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- مرغ بدون آنتی‌بیوتیک

طبق تعریف؛ برچسب مرغ بدون آنتی‌بیوتیک (سبز) به این معنی است که هیچ داروی آنتی‌بیوتیکی به غذا یا آب مصرفی پرندگان اضافه نشده و نیز به آن‌ها تزریق نشده است. این تعریف مطمئناً می‌تواند رشد جوجه‌ها و پیشگیری و کنترل بیماری‌ها را بسیار ناکارآمدتر، پرهزینه‌تر و چالش‌برانگیزتر کند. سه برنامه اصلی در مورد استفاده از آنتی‌بیوتیک در تولید جهانی طیور عبارتند از: ۱) طوری که هیچ‌گونه آنتی‌بیوتیکی (از جمله آنتی‌کوکسیدیه‌های یونوفور^۱) دریافت نمی‌کنند. ۲) طوری که مصرف آنتی‌بیوتیک در آنها به آنتی‌بیوتیک‌هایی که در طب انسانی استفاده نمی‌شوند (به‌عنوان مثال، آنتی-کوکسیدیه‌های شیمیایی و یونوفور)، محدود می‌شود. ۳) طوری که از آنتی‌بیوتیک‌ها به‌عنوان محرک رشد استفاده

1 -Ionophore anticoccidials

۱) چالش‌های مرتبط با پرورش و کارخانه‌های فرآوری محصولات، ۲) چالش‌های مدیریتی (کاهش تراکم گله، افزایش زمان توقف، مقررات بهداشتی بیشتر، حفظ دمای ایده‌آل، حفظ امنیت زیستی دقیق، کاهش استرس، انتخاب نژاد و غیره) ۳) چالش‌های سلامت (افزایش بیماری‌های روده‌ای و سیستمیک) ۴) چالش‌های رفاه حیوانات (تعیین زمان و نحوه درمان، گزینه تغییر مسیر به برنامه معمولی و غیره) که در این بین چالش‌های مرتبط با سلامت، موضوعیت بیشتری با بررسی حاضر دارد [۱۷].

در حالی‌که برخی از ترکیبات جایگزین دارای اثرات فیزیولوژیکی، ایمونولوژیکی و یا باکتریواستاتیک خاص در روده هستند، هیچ‌یک دامنه و وسعت اثرات آنتی‌بیوتیک‌ها را نشان ندادند [۱۸]. تولید کننده‌ای که پرندگان بدون آنتی‌بیوتیک پرورش می‌دهد باید برای مقابله با انواع چالش‌های بهداشتی که می‌توان آنها را به دو گروه اصلی بیماری‌های روده‌ای و سیستمیک تقسیم کرد، آماده باشد [۱۴].

چالش‌های اصلی تولیدکنندگان مرغ گوشتی یا بوقلمون‌های بدون آنتی‌بیوتیک بدون شک به سلامت روده و به‌طور خاص به پیشگیری و کنترل کوکسیدیوز و انتریت نکروزه^۲ مربوط می‌شود. حذف آنتی‌کوکسیدیل‌های یونوفور و افزودنی‌های خوراکی آنتی‌بیوتیک قطعاً باعث ایجاد مشکلاتی در کنترل انگل‌های کوکسیدیل و ارگانسیم‌های باکتریایی، به‌ویژه کلاستریدیوم پرفرنجنس، عامل ایجادکننده انتریت نکروزه در جوجه‌ها و بوقلمون‌ها می‌شود. جالب توجه است، هر دو بیماری روده‌ای کوکسیدیوز و انتریت نکروزه در اشکال تحت بالینی خود، به‌عنوان شایع‌ترین و پرهزینه‌ترین بیماری‌های جوجه‌های گوشتی و بوقلمون‌ها شناخته می‌شوند [۱۹].

هم در مرغ‌ها و هم در بوقلمون‌ها، عفونت‌های باکتریایی سپتی سمی تقریباً همیشه توسط سویه‌های/شریشیا کلی ایجاد می‌شود. در بسیاری از موارد/شریشیا کلی یک باکتری بیماری‌زای اولیه نیست بلکه یک بیماری فرصت طلب است.

اگر پرندگان به هر دلیلی تحت استرس باشند یا سیستم ایمنی آنها به خطر بیفتد، باکتری/شریشیا کلی می‌تواند تکثیر شود و باعث عفونت سیستمیک شود که معمولاً منجر به تلفات و ضایعات شدید می‌شود. صرف‌نظر از علت، پرندگانی که مبتلا به عفونت سیستمیک/شریشیا کلی تشخیص داده شده‌اند باید با آنتی‌بیوتیک درمان شوند تا این بیماری کاهش یابد و از رنج بی‌مورد پرنده جلوگیری شود. حتی زمانی که بیماری به این شدت نیست و تلفات خفیف است، گله‌های درمان نشده بار بیشتری از باکتری‌ها را به کشتارگاه و کارخانه فرآوری حمل می‌کنند در نتیجه موجب سطوح بالاتری از آلودگی باکتریایی لاشه‌ها می‌شود [۲۰]. برخی از جنبه‌های منفی شناخته شده و مستند تولید بدون آنتی‌بیوتیک شامل موارد زیر است:

الف) به طور کلی در گله‌های بدون آنتی‌بیوتیک عملکرد (میانگین افزایش روزانه، ضریب تبدیل غذایی، تلفات و بازدهی) کاهش می‌یابد. لذا برای به حداقل رساندن کاهش عملکرد، بسیاری از تولید کنندگان باید هزینه بیشتری را صرف افزایش فضای پرورش، افزایش خوراک و آب مصرفی، افزایش طول دوره پرورش و بهداشت و درمان نمایند، ب) از آنجایی که تولید بدون آنتی‌بیوتیک بازدهی کمتری دارد، هزینه تولید هر کیلوگرم گوشت بیشتر است و در نتیجه مصرف‌کنندگان باید هزینه بیشتری بپردازند و ج) با توجه به تجارت و اقتصاد جهانی امروزه، روند ترجیح غذا در کشورهای بزرگ یا کشورهای جهان اول ممکن است پیامدهای نامطلوب و ناخواسته‌ای بر جمعیت جهان در کشورهای دیگر داشته باشد. به‌عنوان مثال، با توجه به کاهش کارایی تولید طیور بدون آنتی‌بیوتیک، زمین‌های زراعی (و البته آب) بیشتری باید به تولید خوراک طیور اختصاص داده شود تا کاهش کارایی جبران شود. تولید کود حیوانی بیشتر برای حفظ خروجی گوشت یکسان، آلودگی بیشتر محیط-زیست و ردپای کربن بزرگ‌تری ایجاد می‌کند، بنابراین

می‌تواند به انتخاب و گسترش باکتری‌های مقاوم کمک کند. به‌همین ترتیب، استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در تولید دام برای ارتقای رشد و پیشگیری از بیماری‌ها می‌تواند در توسعه مقاومت آنتی‌بیوتیکی در حیوانات و انتقال بعدی به انسان از طریق زنجیره غذایی سهمیم باشد. پرداختن به مسئله مقاومت آنتی‌بیوتیکی نیازمند یک رویکرد سلامت یکپارچه است که در آن باید متخصصان مراقبت‌های بهداشتی، دامپزشکان، محققان و سیاست‌گذاران نقش داشته باشند [۲۳].

بخش عمده‌ی آنتی‌بیوتیک‌های مصرفی از طریق فضولات طیور دفع شده و به‌صورت کود دامی در زمین‌های کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اغلب آنتی‌بیوتیک‌های دامی که به زمین‌های کشاورزی اضافه می‌شوند، توسط ریشه گیاهان قابل جذب هستند. این موضوع منتج به تجمع زیستی آنها در بافت‌های گیاهی و ایجاد سمیت برای گیاهان می‌شود [۲۴].

استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در تولیدات دامی علت اصلی دفع باکتری‌های بیماری‌زا و مستقر (کامنسال) ^۵ مقاوم به آنتی‌بیوتیک در نظر گرفته شده که می‌تواند از طریق چندین مسیر از جمله زنجیره‌های غذایی به انسان منتقل شود [۲۵]. در همین رابطه نشان داده شد که مراحل پس از پرورش، شامل حمل و نقل و کشتار در آلودگی لاشه مؤثر بوده و می‌تواند حتی اثرات مثبت پرورش بدون آنتی‌بیوتیک بر میکروبیوم‌های لاشه را از بین ببرد [۲۶]. از سوی دیگر، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد سهم استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در حیوانات پرورشی در مسائل مربوط به مقاومت آنتی‌بیوتیکی مرتبط با پزشکی انسانی کمتر از چیزی است که به‌نظر می‌رسد. در واقع مسائل بالینی مقاومت ضد میکروبی که در پزشکی انسانی با آن مواجه هستیم، در درجه اول نتیجه استفاده از آنتی‌بیوتیک در انسان است، نه در حیوانات. گزارش شده است که استفاده از آنتی‌بیوتیک در

برخلاف تصور مصرف‌کننده، مصرف گوشت بدون آنتی-بیوتیک تأثیر زیست‌محیطی بیشتری نسبت به مصرف گوشت‌های معمولی دارد [۱۴].

۴- مقاومت آنتی‌بیوتیکی و اهمیت آن

سازمان بهداشت جهانی مقاومت آنتی‌بیوتیکی را اینگونه تعریف می‌کند: زمانی که باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها و انگل‌ها در طول زمان تغییر می‌کنند و دیگر به داروها پاسخ نمی‌دهند، درمان عفونت‌ها را سخت‌تر می‌کند و خطر گسترش بیماری، تشدید بیماری و مرگ را افزایش می‌دهد^۳. به عبارت دیگر؛ مقاومت آنتی‌بیوتیکی به توانایی باکتری‌ها در برابر اثربخشی آنتی‌بیوتیک‌ها اشاره دارد که باعث می‌شود آنها در درمان عفونت‌ها کمتر مؤثر یا کاملاً بی‌اثر باشند. مقاومت آنتی‌بیوتیکی یک نگرانی مهم در بهداشت جهانی محسوب شده که هم بر جمعیت انسانی و هم بر جمعیت حیوانی و نیز محیط زیست تأثیر می‌گذارد [۲۱]. مطابق گزارش سازمان بهداشت جهانی در صورت عدم انجام اقدام مناسب ممکن است تا سال ۲۰۵۰ باعث مرگ ۱۰ میلیون انسان در هر سال شود [۲۲]. برای کمک به بهبود این موضوع، آژانس بین‌المللی خواستار رویکرد سلامت یکپارچه^۴ است که شامل توصیه‌های مختلفی مانند حذف فوری استفاده از ضد میکروبی‌های مهم برای ارتقای رشد و پیشگیری از بیماری‌ها در کشاورزی است.

رویکرد سلامت یکپارچه، شامل پیوستگی سلامت انسان، سلامت حیوانات و محیط‌زیست بوده و بر اهمیت همکاری و هماهنگی در این بخش‌ها برای مقابله با چالش‌های بهداشتی پیچیده مانند مقاومت آنتی‌بیوتیکی تأکید می‌کند (شکل ۱). باید توجه داشت؛ استفاده نادرست و استفاده بیش از حد از آنتی‌بیوتیک‌ها در مراقبت‌های بهداشتی انسان، از جمله تجویز نامناسب و عدم پیروی بیمار از دستور پزشکی،

4- One-Health

5- Commensal

3- Available online: <https://www.who.int/westernpacific/health-topics/antimicrobial-resistance>

حیوانات مولد در بدترین سناریو کمتر از ۱ درصد در مشکل کلی مقاومت آنتی‌بیوتیکی که حرفه پزشکی با آن مواجه است، مشارکت دارد [۲۷].

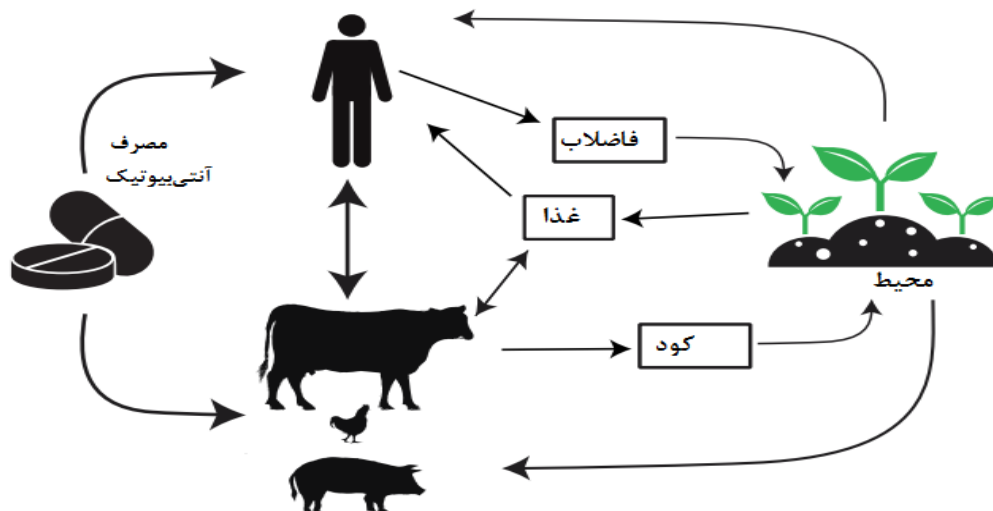


Figure 1. Diagram of antimicrobial resistance transmission routes between farm animals, environment and human populations (23)

به تتراسایکلین در سویه‌های /شریشیا کلی موجود در مواد غذایی، جمعیت‌های انسانی و دامی تا سال ۱۳۹۷ در ایران حاکی از میانگین مقاومت ۸۶/۷۴ درصدی طیور مبتلا به کلی‌باسیلوز، مقاومت ۶۴/۱۱ درصدی /شریشیا کلی عامل عفونت انسانی و نیز مقاومت ۶۰/۹ درصدی سویه‌های جدا شده از مواد غذایی به تتراسایکلین بود [۳۰]. همچنین در یک مطالعه بیمارستانی نشان داده شد که بیشترین مقاومت دارویی نسبت به /شریشیا کلی، ونکومایسین با ۹۸/۸ درصد و کمترین مقاومت دارویی نیتروفورانتوئین با حساسیت زیاد (۳/۸ درصد) بود [۳۱]. این مطالعات به همراه بسیاری از تحقیقات مشابه انجام شده نشان می‌دهد موضوع مقاومت آنتی‌بیوتیکی در کشورمان موضوع جدی و قابل بررسی است.

۵- باقی‌مانده آنتی‌بیوتیکی و تهدیدات متقابل

مقاومت آنتی‌بیوتیکی در انسان و دام

استفاده نادرست از آنتی‌بیوتیک‌ها در انسان، حیوانات و محصولات کشاورزی، همراه با مدیریت نادرست پسماندهای دارویی در طول تولید، باعث ایجاد مقاومت آنتی‌بیوتیکی در کشورهای با درآمد کم و متوسط می‌شود.

در مطالعه‌های متعددی توسط محققان کشورمان مقاومت تعدادی از باکتری‌ها به آنتی‌بیوتیک‌ها مورد بررسی قرار گرفته است؛ به عنوان مثال در بررسی مقاومت آنتی‌بیوتیکی هلیکوباکتر پیلوری (دخیل در بروز بسیاری از بیماری‌های معده و مری) مشخص شد که مقاومت این باکتری به آنتی-بیوتیک‌های رایج مورد استفاده ۷۰ - ۶۰ درصد است که در مقایسه با میزان مقاومت در دنیا (۵۰ - ۳۰ درصد)، میزان نسبتاً بالایی محسوب می‌شود [۲۸]. حسنونند و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی ۳۶ مطالعه انجام شده در ارتباط با مقاومت آنتی‌بیوتیکی سویه‌های هلیکوباکتر پیلوری جدا شده از نقاط مختلف ایران گزارش کرد؛ شیوع مقاومت آنتی-بیوتیکی در میان سویه‌های هلیکوباکتر پیلوری نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های رایج، طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷ افزایش یافته است [۲۹]. /شریشیا کلی یک گونه باکتریایی شاخص در بحث سلامت غذا، انسان و دام می‌باشد و این امر باعث شده مدلی مناسب برای مطالعه مقاومت آنتی‌بیوتیکی باشد. گزارش مطالعه‌ای با هدف بررسی وضعیت و میزان مقاومت

دارای باقی‌مانده بالاتر از حداکثر میزان مجاز (MRLs) بودند. نتایج حاکی از آن بود که استفاده از انروفلوکساسین در مرغداری‌های ایران بدون کنترل بوده و زمان قطع دارو قبل از کشتار رعایت نمی‌شود [۳۵].

در بررسی باقی‌مانده آنتی‌بیوتیک‌های مختلف از جمله کوئینولون‌ها، ماکرولیدها و فلورنیکول در مجموع ۸ آنتی-بیوتیک (۴ گروه دارویی) به روش کروماتوگرافی مایع با طیف سنج جرمی در بافت عضله و کبد ۹۰ نمونه از ۱۳ کشتارگاه و ۱۳ گله در استان تهران در سال ۱۳۹۷ گزارش شد که انروفلوکساسین، لینکومایسین و سیپروفلوکساسین بیشترین فراوانی را در نمونه‌ها داشتند. در هیچ‌یک از نمونه‌ها دو نوع آنتی‌بیوتیک به‌صورت توأمان وجود نداشت و هیچ-یک از مقادیر مثبت به‌دست آمده از حد مجاز تعریف شده اداره استاندارد و حداکثر میزان مجاز (MRLs) اتحادیه اروپا بیشتر نبود [۳۶]. این محققان با توجه به مقایسه نتایج حاصله با مطالعات مشابه در سال‌های گذشته در کشور و نیز سایر کشورها، نتیجه حاصله را به اجرای برنامه‌های نظارتی جهت پایش حضور باقی‌مانده‌های دارویی در فرآورده‌های دامی توسط ادارات دامپزشکی، تأثیر مثبت آموزش‌های دامپزشکی به مرغداران و رعایت توصیه‌های زمان قطع دارو نسبت دادند.

مطالعات قبلی تخمین زده‌اند که ۷۳ درصد از کل ضد میکروبی‌های فروخته شده در سطح جهان در حیواناتی که برای غذا پرورش می‌یابند، استفاده می‌شود [۳۷]. مقاومت آنتی‌بیوتیکی در حیوانات تولید کننده غذا، می‌تواند بر افرادی که از نزدیک با حیوانات کار می‌کنند یا در مجاورت مزارع زندگی می‌کنند نیز تأثیر بگذارد. محصولات غذایی آلوده به باکتری‌های مقاوم به دارو نیز می‌توانند به‌طور بالقوه بر سلامت انسان با بیماری‌زاهای مقاوم به آنتی‌بیوتیک تأثیر بگذارند. استفاده از آنتی‌بیوتیک در مزارع نیز ممکن است محیط را با بیماری‌زاهای مقاوم به دارو که به‌طور بالقوه برای انسان مضر هستند، آلوده کند [۳۸]. بنابراین، نظارت بر ضد

عواملی مانند بهداشت نامناسب، دسترسی محدود به مراقبت‌های بهداشتی و مقررات ضعیف در گسترش مقاومت آنتی‌بیوتیکی نقش دارند. همه‌گیری کووید-۱۹ این چالش‌ها را تشدید کرد و استفاده نادرست آنتی‌بیوتیک را در این دسته از کشورها افزایش داد و توجه را از تهدید مقاومت آنتی-بیوتیکی منحرف کرد [۳۲].

در یک تجزیه و تحلیل، عوامل مستقیمی را که به مقاومت آنتی‌بیوتیکی در انسان و دام در مقیاس جهانی کمک می‌کند، بررسی شد. ارتباط دو طرفه‌ای پیدا شد: (۱) مصرف آنتی-بیوتیک حیوانی با مقاومت در بیماری‌زاهای انسانی با اولویت حیاتی، ارتباط مثبت ($1/13$ - $1/01$ با میانگین $1/07$ $p=0.020$) داشت و (۲) مصرف آنتی‌بیوتیک انسانی با مقاومت آنتی‌بیوتیکی حیوانی ارتباط مثبت ($1/09$ - $1/01$ با میانگین $1/05$ $p=0.010$) داشت. میزان مقاومت آنتی-بیوتیکی به‌طور قابل توجهی با مصرف آنتی‌بیوتیک در انسان و حیوان مرتبط است. عوامل اجتماعی و اقتصادی مانند نابرابری درآمد، تولید ناخالص داخلی و کیفیت حاکمیت با مقاومت آنتی‌بیوتیکی مرتبط هستند. مناطق مختلف نرخ‌های متفاوتی از مقاومت آنتی‌بیوتیکی را نشان می‌دهند، بدین-ترتیب که کشورهای با درآمد پایین و متوسط اغلب در مقایسه با کشورهای با درآمد بالا نرخ مقاومت بالاتری را نشان می‌دهند [۳۳].

با پذیرش اصول مفهوم سلامت یکپارچه، از طریق استفاده مسئولانه از آنتی‌بیوتیک، بهبود شیوه‌های کنترل عفونت، سیستم‌های نظارت، و تحقیق و توسعه مداوم، می‌توان با در نظر داشتن عوامل اجتماعی-اقتصادی خاص کشور، به‌طور جمعی با مقاومت آنتی‌بیوتیکی مبارزه کرده و اثربخشی این داروهای نجات‌بخش را برای نسل‌های آینده حفظ کرد [۳۴]. به‌منظور تعیین مقادیر باقی‌مانده انروفلوکساسین به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا، ۲۷۰ نمونه کبد، عضله و کلیه طیور از ۹۰ مرغداری استان تهران در طول سال ۱۳۸۶ جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد $24/44$ درصد از نمونه‌ها

در فضای باز ناظر به تأثیرش بر پروفایل اسیدهای چرب لیپیدهای گوشت، اثرات مثبتی بر خواص تغذیه‌ای و نیز ابعاد فرهنگی - اجتماعی دارد، اما خطر قرار گرفتن در معرض آلودگی‌ها و آسیب‌شناسی‌های محیطی (انگل‌ها، ویروس‌ها، باکتری‌ها) را افزایش می‌دهد.

گرایش به سمت سیستم‌های پرورشی غیر متداول و معمول، گرچه می‌تواند مزایایی برای ویژگی‌های سلامت‌بخش و خواص تغذیه‌ای داشته باشد، اما خطراتی را نیز برای تجارت (وزن لاشه کم و عملکرد کم سینه، بی‌نظمی در عرضه)، خواص حسی (طعم قوی‌تر، تردی کمتر و رنگ تیره‌تر گوشت) و از نظر تنوع خواص مختلفی که کیفیت را در بر می‌گیرد، ایجاد می‌کند [۴۲ و ۴۳]. در جدول ۱ برخی عوامل مؤثر بر ویژگی‌های ارزیابی کیفی لاشه و گوشت طیور لیست شده است.

از آنجایی که تقریباً تمام مواد غذایی دامی قبل از مصرف پخته می‌شوند، ممکن است این سوال به ذهن متبادر گردد که آیا پختن و حرارت دادن گوشت تغییری در باقی‌مانده آنتی-بیوتیکی احتمالی آن ایجاد می‌کند؟ در مطالعه‌ای با هدف بررسی اثرات فرایندهای مختلف پخت نظیر آب‌پز کردن، کباب کردن و مایکروویو کردن بر باقی‌مانده انروفلوکساسین در عضلات، کبد و سنگدان جوجه‌های گوشتی چالش داده شده، نشان داده شد که پس از انجام فرایندهای مختلف پخت، باقی‌مانده این آنتی‌بیوتیک کاهش می‌یابد. بیشترین میزان کاهش در نمونه گوشت و سنگدان پخته (آب‌پز) و در نمونه‌های جگر پخته (کبابی) بود و بیشترین میزان باقی‌مانده قابل تشخیص مربوط به فرآیند مایکروویو کردن در مورد تمامی نمونه‌های پخته بود. با این حال فرآیند پخت مواد غذایی نمی‌تواند میزان کلی این آنتی‌بیوتیک را به صفر برساند، بلکه فقط می‌تواند میزان آن را کاهش دهد و قسمت اعظم باقی‌مانده‌ها نیز در طی فرآیند آب‌پز از بافت به مایع پخت تراوش می‌کند [۴۴].

۲-۶ عوامل مؤثر بر محتوای پروتئین و لیپید گوشت طیور

میکروبی‌های دامپزشکی برای مهار افزایش مقاومت آنتی-بیوتیکی، و پیگیری تلاش‌های نظارت ضد میکروبی در انسان و حیوانات ضروری است. مصرف جهانی داروهای ضد میکروبی دامپزشکی ۹۳۳۰۹ تن در سال ۲۰۱۷ تخمین زده شد و پیش‌بینی شد با افزایش ۱۱/۵ درصدی، تا سال ۲۰۳۰ به ۱۰۴۰۷۹ تن برسد [۳۹]. همچنین تخمین زده شده است که بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۰ افزایش ۱۵ درصدی برای استفاده از آنتی‌بیوتیک در انسان وجود خواهد داشت [۴۰]. این نشان می‌دهد که میزان افزایش مصرف آنتی‌بیوتیک در انسان با افزایش آن در حیوانات مطابقت دارد. نتایج یک مطالعه نسبتاً قدیمی در کشورمان نشان می‌دهد در سال ۱۳۸۹ مقدار ۶۰۷/۱ تن آنتی‌بیوتیک در مزارع پرورش طیور توزیع شده است. به عبارتی میزان توزیع آنتی‌بیوتیک به‌ازای تولید هر کیلوگرم فرآورده خوراکی طیور (گوشت و تخم‌مرغ)، ۲۴۹/۵ میلی‌گرم محاسبه گردید. نتایج بیانگر این واقعیت است که مصرف آنتی‌بیوتیک در امور دامپزشکی ایران قابل توجه و نسبت به کشورهای توسعه یافته بیشتر است [۴۱].

۶- کیفیت گوشت مرغ

۱-۶ عوامل مؤثر بر لاشه طیور و ویژگی‌های کیفی

گوشت طیور عمدتاً از سیستم تولید استاندارد با استفاده از سویه‌های با نرخ رشد بالا که تحت شرایط متراکم پرورش می‌یابند، تهیه می‌شود. با این حال، سیستم‌های مختلف تولید می‌توانند بر کیفیت لاشه و گوشت تأثیر بگذارند. کیفیت گوشت را می‌توان بر اساس شش ویژگی تجاری، حسی، تغذیه‌ای، فناوری، بهداشتی و فرهنگی - اجتماعی (ابعاد اخلاقی، فرهنگی و زیست‌محیطی مرتبط با مسیر تولید گوشت و همچنین منشاء آن و برچسب‌های کیفیت) تقسیم‌بندی کرد. بین ابعاد مختلف کیفیت تضادهای بالقوه‌ای نیز وجود دارد. برای مثال انتخاب ژنتیکی برای تولید گوشت سینه، در تولید لاشه‌هایی با عملکرد گوشت بالاتر مؤثر بوده، اما از سوی دیگر یک دهه گذشته باعث افزایش بروز نقص‌های کیفی و میوپاتی گوشت سینه شده است. پرورش

گوشت مرغ دارای محتوای پروتئین بالایی در حدود ۲۳ تا ۲۵ درصد در فیله و ۱۸ درصد در ران است. ترکیب اسید آمینه گوشت طیور نسبتاً پایدار و اسیدهای آمینه اصلی شامل گلوتامین، آسپاراژین، لیزین، لوسین، آرژنین و آلانین هستند. با این حال، با تعدیل دریافت اسید آمینه در رژیم غذایی می‌تواند کمی متفاوت باشد [۴۳]. محتوای پروتئین گوشت

طیور عمدتاً تحت تأثیر سن کشتار است. برای سویه سنگین جوجه‌های معمولی، محتوای پروتئین فیله‌ها از ۲۳/۵ درصد به ۲۴/۹ درصد بین ۳۵ تا ۶۳ روزگی افزایش می‌یابد [۴۵].

Table 1- Main factors related to quality variability of poultry carcass and meat (43)

Factor	Commercial properties	Organoleptic properties	Nutritional properties	Technological properties
Strain (growth rate)	+++	+++	++	+++
Age	+++	+++	++	+++
Sex	+	+	+	+
Feed Characteristics	++	++	++	+++
Raring conditions	++	+	+	+
Preslaughter conditions	+	+	-	+
Slaughter conditions	+	+	-	+
Postmortem treatment of carcass and meat	+	+	-	+
Cooking conditions	-	+++	++	++

no effect (-), low effect (+), average effect (++), strong effect (+++).

درصد افزایش یافته است [۴۵]. در اردک‌های نر، محتوای چربی فیله بین ۸ تا ۱۳ هفتگی از ۱/۷۹ به ۲/۷۴ درصد افزایش یافت [۴۶].

اسیدهای چرب در گوشت مرغ تقریباً از یک سوم اسیدهای چرب اشباع، یک سوم اسیدهای چرب تک غیراشباع و یک سوم از اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA) تشکیل شده است. اسید اولئیک اصلی‌ترین اسید چرب و پس از آن اسید پالمیتولیک است. اسیدهای چرب چند غیراشباع اصلی اسیدهای لینولئیک و آراشیدونیک هستند. کل لیپیدهای ماهیچه مرغ حاوی اسید لینولئیک و اسیدهای چرب چند غیراشباع با زنجیره بلند از سری امگا ۶ و امگا ۳ است. عامل اصلی تغییر در ترکیب اسید چرب گوشت طیور، ترکیب اسید چرب خوراک است [۴۳]. سیستم پرورش عمدتاً از طریق

متغیرترین بخش ترکیب گوشت طیور، مربوط به لیپیدها است. میانگین محتوای چربی در فیله ۱/۳ درصد و در ران مرغ معمولی ۴/۵ درصد است. گوشت اردک چرب‌تر (۲ - ۱/۵ درصد در فیله بسته به گونه) است. در لیپیدها، متغیرترین بخش مربوط به تری گلیسیریدها است که مقدار آن با محتوای چربی همبستگی مثبت (۰/۷) درصد در فیله و ۳ درصد در ران مرغ و ۰/۸ - ۰/۵ درصد در فیله اردک دارد [۴۳ و ۴۶].

محتوای چربی گوشت طیور نیز تحت تأثیر سن، ژنوتیپ و سیستم تولیدی است. برای سویه سنگین مرغ معمولی، محتوای چربی فیله بین ۳۵ تا ۶۳ روزگی از ۱/۲۹ به ۱/۶۸

تغذیه و دسترسی یا عدم دسترسی به فضای آزاد مداخله خواهد کرد. نتایج مطالعه‌ای مبنی بر ارزیابی مقایسه‌ای محتوای لیپید، کلسترول و ترکیب اسیدهای چرب گوشت سینه و ران مرغ سویه کاب پرورش یافته در سیستم‌های پرورشی مختلف در جدول ۲ آمده است [۴۷]. سیستم می‌گذارد.

Table 2- Lipids (%) and cholesterol (mg/100g) of breast and thigh meat and fatty acid composition (% of total fatty acids) of fat from breast and thigh meat from broilers (Cobb) raised in different rearing systems (47)

		Conventional (n=50)	Organic (n=50)	Antibiotic-free (n=50)	P-value
Lipids [†]	Breast	1.47	1.09	0.93	0.0400
	Thigh	4.82	6.57	3.30	<0.0001
Cholesterol	Breast	34.13	23.51	36.78	<0.0001
	Thigh	35.33	39.58	33.59	<0.0001
Total SFA	Breast	38.47	33.59	29.20	<0.001
	Thigh	36.39	32.19	34.11	0.0003
Total MUFA	Breast	43.21	36.63	33.77	<0.001
	Thigh	42.81	41.65	43.55	0.0003
Total PUFA	Breast	18.33	29.88	36.38	<0.001
	Thigh	21.25	26.70	26.51	0.0004
MUFA/SFA	Breast	1.12	1.09	1.16	
	Thigh	1.18	1.29	1.28	
PUFA/SFA	Breast	0.48	0.89	1.25	
	Thigh	0.58	0.83	0.78	
Total ω3	Breast	0.48	1.60	2.59	
	Thigh	1.19	1.48	1.50	
ω6 / ω3	Breast	36.23	17.35	12.93	
	Thigh	16.76	16.90	16.53	

[†]Results expressed on a fresh matter basis; SFA: saturated fatty acids; MUFA: monounsaturated fatty acids; PUFA: polyunsaturated fatty acids

۷- بازار مصرف گوشت بدون آنتی‌بیوتیک

موازات پیشرفت پدیده جهانی شدن، این مقدار افزایش یابد. پیش‌بینی می‌شود که بیشتر افزایش تولید گوشت طیور در چین، برزیل و اتحادیه اروپا متمرکز شود. قراردادهایی برای پاکستان، ترکیه، آفریقای جنوبی و جمهوری اسلامی ایران

مطابق پیش‌بینی‌ها، انتظار می‌رود تولید جهانی گوشت مرغ از ۱۴۵ میلیون تن در سال ۲۰۲۳ تا پایان سال ۲۰۲۴ به بیش از ۱۴۶ میلیون تن برسد (رشد ۰/۸ درصدی) و احتمالاً به

نوع بسته‌بندی علاوه بر کاهش آلودگی‌های ثانویه گوشت، در رفع نگرانی‌های زیست محیطی مصرف‌کنندگان نیز مؤثر است [۵۲ و ۵۳].

برخی محققان اصلی‌ترین و مهم‌ترین پشیران‌های توسعه بازار محصولات ارگانیک را عوامل فرهنگ‌سازی، کانال‌های توزیع و فروش، بازرسی و نظارت مستمر، برنامه‌های آموزشی و ترویجی جهت اطلاع رسانی و تسهیلات اخذ مجوزها و گواهی‌ها را معرفی کرده‌اند [۵۴]. طالبی و همکاران (۱۴۰۰) تأثیر حمایت‌های مالی دولت (بیشترین تأثیر)، تسهیل صادرات و کنترل واردات و اطلاع‌رسانی از طریق دولت بر توسعه بازاریابی مرغ سبز را مثبت ارزیابی کردند و لذا اقداماتی مانند تخصیص اعتبارات هدفمند، جذب سرمایه‌گذاران خارجی، حمایت از برندسازی این محصول، تبلیغات را در جهت ارتقای توانایی فعالان این حوزه پیشنهاد کردند [۴۹]. مؤلفه‌های اثرگذار بر ترجیح مصرف‌کنندگان به گوشت مرغ با برچسب‌های پایداری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر آن بود که متغیرهای جنسیت، دفعات خرید گوشت مرغ در ماه و قیمت منطقی نسبت به کیفیت احتمال ترجیح مصرف گوشت مرغ با برچسب سبز و سالم را نسبت به گوشت مرغ با برچسب ارگانیک افزایش می‌دهند. همچنین، متغیرهای درجه اهمیت گوشت مرغ در سبد خانوار، کیفیت، ارزش تغذیه‌ای، اعتماد و فقدان مواد شیمیایی و دارویی احتمال ترجیح مصرف گوشت مرغ با برچسب ارگانیک را نسبت به گوشت مرغ با برچسب سبز و سالم افزایش می‌دهد. بر اساس یافته‌های مطالعه، توصیه می‌شود که بازاریابان متناسب با خصوصیات مصرف‌کنندگان از جمله جنسیت، راهبردهای بازاریابی گوناگونی را اتخاذ کنند [۵۵].

در مطالعه‌ای در شهر مشهد جهت بررسی عوامل مؤثر بر مصرف گوشت طیور توسط مصرف‌کنندگان و ترجیح گوشت طیور بدون آنتی‌بیوتیک، نتایج نشان داد که سن، تحصیلات سرپرست خانوار، آگاهی از فواید تغذیه‌ای

پیش‌بینی شده است. علاوه بر این، افزایش قیمت مرغ گوشتی سفید در اوایل سال ۲۰۲۳ منجر به افزایش حاشیه سود (علی‌رغم ادامه هزینه‌های بالای خوراک) شد و تولید را در ۹ ماهه اول سال ۲۰۲۳ تا ۴ درصد افزایش داد [۴۸].

به دلیل تصور مصرف‌کنندگان از برتری گوشت طیور بدون آنتی‌بیوتیک نسبت به گوشت مرغ گوشتی معمولی، تولید آن به‌طور فزاینده‌ای محبوب شده است. مزارع پرورش طیور بدون آنتی‌بیوتیک با انگیزه رفع نگرانی در مورد سلامت، محیط زیست، رفاه حیوانات، طعم و کیفیت گوشت در حال افزایش است. گرچه آمار دقیقی در اختیار نیست اما، بیش از ۱۵۰ مزرعه پرورش مرغ بدون آنتی‌بیوتیک در کشورمان وجود دارد و ۱۳ استان زیر ساخت‌های لازم برای تولید مرغ سبز را دارا می‌باشند. با توجه به آمار حدود ۱۶ هزار مزرعه پرورش طیور گوشتی کشور، این تعداد درصد ناچیزی را در بر می‌گیرد. ضمن اینکه مطابق آمار جهاد کشاورزی تولید مرغ سبز تنها حدود ۵ درصد از مجموع تولید گوشت مرغ کشور را شامل می‌شود [۴۹].

برای توسعه بازار گوشت، جوجه‌های گوشتی ارگانیک و حرکت به سمت تولید پایدار گوشت بدون آنتی‌بیوتیک، اولین گام ضروری انجام تحقیقات تجربی در مورد مصرف گوشت طیور بدون آنتی‌بیوتیک و شناسایی عواملی است که بر الگوهای مصرف خانگی گوشت طیور بدون آنتی‌بیوتیک تأثیر می‌گذارد [۵۰]. بازاریابی گوشت سبز در ایران به دلایل مختلفی قابل توجه نیست. علاوه بر عدم شناخت کافی از مزایای استفاده از این نوع گوشت، شاید یکی از مهم‌ترین دلایل، تفاوت قیمت تقریباً دو برابری این گوشت در برابر نوع معمولی است. بدیهی است این صنعت نوپا نیازمند حمایت دولت در ارائه تسهیلات، نهاده‌ها، مشوق‌های صادراتی، یارانه و سایر نیازمندی‌هاست که اقدام مناسبی صورت نمی‌گیرد [۴۹]. در دهه اخیر استفاده از انواع بسته‌بندی‌های زیست تخریب‌پذیر و فعال برای افزایش ماندگاری گوشت توسعه بیشتری یافته است [۵۱]. لذا بکارگیری این

روده‌ای و سیستمیک استفاده شده است. اگرچه بکارگیری آنتی‌بیوتیک‌ها برای سلامت و بهره‌وری حیوانات مفید بوده، اما به صورت یک شمشیر دولبه نیز در نظر گرفته شده است. استفاده گسترده و بی‌ضابطه از این ترکیبات منجر به افزایش مشکلات مقاومت آنتی‌بیوتیکی و وجود باقی‌مانده آنتی‌بیوتیک در گوشت و محیط زیست شده است که هم سلامت انسان و هم دام را به خطر می‌اندازد. پرورش طیور بدون بکارگیری آنتی‌بیوتیک از طریق استفاده از جایگزین‌های ایمن و رعایت ایمنی زیستی شدیدتر از جمله راهکارهای مؤثر جهت غلبه بر این مشکل، توسعه یافته است. گوشت طیور بدون آنتی‌بیوتیک (سبز) علاوه بر عاری بودن از بقایای آنتی‌بیوتیکی، با توجه به شیوه مدیریت پرورش و فرآوری، از نظر ترکیبات شیمیایی به ویژه اسیدهای چرب نیز مزایایی نسبت به انواع گوشت معمولی دارد. قیمت تولید این نوع گوشت بالاتر از نوع معمولی است، لذا به این دلیل و نیز عدم اطلاع کافی و همگانی از مزایای نسبی این نوع گوشت، خرید آن در الویت مصرف‌کنندگان قرار نمی‌گیرد. لازم است دولت از طریق مشوق‌های لازم و حمایت از تولید کنندگان و افزایش آگاهی‌های عمومی، امکان افزایش تعداد مزارع پرورش طیور بدون آنتی‌بیوتیک را فراهم ساخته تا از این طریق سرانه مرغ سالم‌تر در کشور افزایش یابد.

گوشت طیور، تبلیغات و درآمد خانواده از نظر آماری عوامل تعیین‌کننده معنی‌داری در مصرف گوشت طیور بودند. همچنین مشخص شد که تنها حدود ۳۰ درصد از مصرف‌کنندگان می‌توانند گوشت طیور بدون آنتی‌بیوتیک را خریداری کنند که عمدتاً به دلیل قیمت‌های بالاتر است. این مطالعه بهبود آگاهی مصرف‌کننده، توزیع هدفمند گوشت طیور بدون آنتی‌بیوتیک با توجه به ویژگی‌های اقتصادی و جمعیتی مشتریان، قیمت‌های مقرون‌به‌صرفه و ابزار بازاریابی مناسب برای مصرف پایدار گوشت طیور بدون آنتی‌بیوتیک را توصیه می‌کند [۵۰].

با توجه به افزایش سطح آگاهی‌های عمومی ناشی از مزایای نسبی مرغ سبز از یک‌سو و افزایش تمایل مصرف‌کنندگان به مصرف گوشت طیور سالم به دلیل مزایای سلامت بخش و البته قیمت بالاتر گوشت قرمز از سوی دیگر، به نظر می‌رسد با حمایت دولت از بخش تولید کننده خصوصی و نیز امکان تحقیق و توسعه بیشتر در زمینه یافتن جایگزین آنتی‌بیوتیک در جیره طیور، در آینده شاهد افزایش تولید این محصول باشیم.

۸- نتیجه‌گیری

صنعت طیور به عنوان یک اقتصاد سودآور با چالش‌های متعددی به خصوص اجبار به پرورش متراکم و مشکلات بهداشتی و درمانی مرتبط مواجه است. لذا از آنتی‌بیوتیک به عنوان یک ابزار پیشگیری و درمان بیماری‌های عفونی

۹- منابع

- [1] Rossi, R., Vizzarri, F., Ratti, S. and Corino, C. 2022. Poultry meat quality in antibiotic-free production has improved by natural extract supplements. *Animals*, 12 (19), 2599. DOI: 10.3390/ani12192599
- [2] Tahamtani, F. M., Pedersen, I. J., Toinon, C. and Riber, A. B. 2018. Effects of environmental complexity on fearfulness and learning ability in fast-growing broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science*, 207, 49-56. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.04.005>
- [3] Tollefson, L. and Miller, M. A. 2000. Antibiotic use in food animals: Controlling the human health impact. *Journal of AOAC International*, 83, 245-254.
- [4] Gaskins, H., Collier, C. and Anderson, D. 2020. Antibiotics as growth promotants: Mode of action. *Animal Biotechnology*, 13, 29-42. DOI: 10.1081/ABIO-120005768
- [5] Patel, T., T. Marmulak, R. Gehring, M. Pitesky, M. O. Clapham and Tell, L. A. 2018. Drug residues in poultry meat: A literature review of commonly used veterinary

- antibacterials and anthelmintics used in poultry. *Journal of veterinary pharmacology and therapeutics* 41: 761-789. DOI: 10.1111/jvp.12700
- [6] Diaz-Sanchez, S., Moscoso, S., Solís de los Santos, F., Andino, A. and Hanning, I. 2015. Antibiotic use in poultry; A driving force for organic poultry production. *Food Protection Trends*, 35 (6), 440-447.
- [7] Haque, Md. H., Sarker, S., Islam, Md. S., Islam, Md. A., Karim, Md. R., Kayesh, M. E. H., Shiddiky, M. J. A. and Anwer, M. S. 2020. Sustainable antibiotic-free broiler meat production: current trends, challenges, and possibilities in a developing country perspective. *Biology*, 9, 0411. DOI: 10.3390/biology9110411
- [8] Owens, C., Fanatico, A., Pillai, P., Meullenet, J. and Emmert, J. 2006. Evaluation of alternative genotypes and production systems for natural and organic poultry markets in the U.S. In *Proceeding of 12th European Poultry Conference* (pp. 62-3). Verona, Italy.
- [9] Saiful, I. K. B. M., Shiraj-Um-Mahmuda, S. and Hazzaz-Bin-Kabir, M. 2016. Antibiotic usage patterns in selected broiler farms of Bangladesh and their public health implications. *Journal of Public Health in Developing Countries*, 2 (3), 276-284.
- [10] Sattar, S., Hassan, M. M., Islam, S. K. M. A., Alam, M., Faruk, M. S. A., Chowdhury, S. and Saifuddin, A. K. M. (2014). Antibiotic residues in broiler and layer meat in Chittagong district of Bangladesh. *Veterinary World*, 7, 738-743.
- [11] Vahedi, N., Motaghedi, A. and Golchin, M. 2011. Determination of antibiotic residues in industrial poultry carcass by means of F.P.T (four-plate-test) method in Mazandaran province. *Journal of Food Science and Technology*, 8(1): 65-72 [In Persian].
- [12] D'Costa, V.M., King, C.E., Kalan, L., Morar, M., Sung, W.W.L., Schwarz, C., Froese, D., Zatula, G., Camels, F., Debruyne, R. et al. 2011. Antibiotic resistance is ancient. *Nature*, 477 (7365), 457-461. DOI: 10.1038/nature10388
- [13] Laxminarayan, R., Van Boeckel, T. and Teillant, A. 2015. The economic costs of withdrawing antimicrobial growth promoters from the livestock sector. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, No. 78, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/5js64kst5wvl-en>
- [14] Cervantes, H.M. (2015). Antibiotic-free poultry production: Is it sustainable? *Journal of Applied Poultry Research*, 24 (1), 91-97. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv006>
- [15] Brugaletta, G., De Cesare, A., Zampiga, M., Laghi, L., Oliveri, C., Zhu, C., Manfreda, G., Syed, B., Valenzuela, L. and Sirri, F. 2020. Effects of alternative administration programs of a synbiotic supplement on broiler performance, foot pad dermatitis, caecal microbiota, and blood metabolites. *Animals*, 10 (3), 522. DOI: 10.3390/ani10030522
- [16] Cobanoglu, F., Kucukyilmaz, K., Cinar, M., Catli, A.U. and Bintas, E. 2014. Comparing the profitability of organic and conventional broiler production. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 16(4), 403-410. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-635x1604403-410>
- [17] Smith, J. A. 2011. Experiences with drug-free broiler production. *Poultry Science*, 90, 2670-2678. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01032>
- [18] Applegate, T. J., Klose, V., Steiner, T., Ganner, A. and Schatzmayr, G. 2010. Probiotics and phytogenics for poultry: Myth or reality? *Journal of Applied Poultry Research*, 19, 194-210. <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00168>
- [19] Van der Sluis, W. 2000. Clostridial enteritis is an often underestimated problem. *World's Poultry Science Journal*, 16, 42-43.
- [20] Russell, S. M. 2003. The effect of airsacculitis on bird weights, uniformity, fecal contamination, processing errors and populations of *Campylobacter* spp. and *E. coli*. *Poultry Science*, 82 (8), 1326-1331. DOI: 10.1093/ps/82.8.1326
- [21] Cassini, A., Högberg, L.D., Plachouras, D., Quattrocchi, A., Hoxha, A., Simonsen, G.S., Colomb-Cotinat, M., Kretzschmar, M.E., Devleeschauwer, B., Cecchini, M., et al. 2019. Attributable deaths and disability-adjusted life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area in 2015: A population-level

- modelling analysis. *Lancet Infectious Diseases*, 19 (1), 56-66. DOI: 10.1016/S1473-3099(18)30605-4
- [22] Tangcharoensathien, V., Sattayawutthipong, W., Kanjanapimai S., Kanpravidh, W., Browne, R. and Sommanustweechaia, A. 2017. Antimicrobial resistance: from global agenda to national strategic plan, Thailand. *Bulletin of the World Health Organization*, 95(8), 599-603. DOI: 10.2471/BLT.16.179648
- [23] Cella, E., Giovanetti, M., Benedetti, F., Scarpa, F., Johnston, C., Borsetti, A., Ceccarelli, G., Azarian, T., Zella, D. and Ciccozzi, M. 2023. Joining forces against antibiotic resistance: the One Health solution. *Pathogens*, 12 (9), 1074. DOI: 10.3390/pathogens12091074
- [24] Mohammadzadeh, M., Ghasemian Roudsari, F., Hassani, A. and Zamani, A. 2022. Veterinary antibiotics, released in the environment and its impact on soil, plant and human health. *Human and Environment*, 60, 37-61 [In Persian].
- [25] Landers, T. F., Cohen, B., Wittum, T. E. and Larson, E. L. 2012. A review of antibiotic use in food animals: perspective, policy, and potential. *Public Health Report*, 127, 4-22. DOI: 10.1177/003335491212700103
- [26] De Cesare, A., Oliveri, C., Lucchi, A., Savini, F., Manfreda, G. and Sala, C. 2022. Pilot study on poultry meat from antibiotic-free and conventional farms: can metagenomics detect any difference? *Foods*, 11 (3), 249. DOI: 10.3390/foods11030249
- [27] Bywater, R. J. and Casewell M. W. 2000. An assessment of the impact of antibiotic resistance in different bacterial species and of contribution of animal sources to resistance in human infections. *J. Antimicrob. Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 46 (6), 1052. DOI: 10.1093/oxfordjournals.jac.a020886
- [28] Bakhshi, S., Ghazvini, K., Beheshti Namdar, A., Ahadi, M. and Sheykhi M. 2017. Review of antibiotic resistance of *Helicobacter pylori* in Iran and the world. *Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences*, 60 (4), 648-661 [In Persian].
- [29] Hasanvand, F., Talebi Bezmin Abadi, A. and Mohabati Mobarez, A. 2019. The prevalence of antibiotic-resistant *helicobacter pylori*: a literature review. *Govaresh*, 23, 213-224 [In Persian].
- [30] Nouri, S. and Nodargah, M. 2019. High tetracycline resistance alarm in Iran. *Journal of Food Microbiology*, 6(4): 74-87 [In Persian].
- [31] Golsha, R., Kazemnejad, V., Barzegar, A., Besharat, S. and Ghasemi Kebria, F. 2013. Antibiotic resistance pattern of Gram-negative bacteria in Gorgan. *Medical Laboratory Journal*, 7 (5): 71-74 [In Persian].
- [32] Sulis, G., Sayood, S. and Gandra, S. 2022. Antimicrobial resistance in low- and middle-income countries: current status and future directions. *Expert Review of Anti-infective Therapy*, 20 (2), 147-160. DOI: 10.1080/14787210.2021.1951705
- [33] Allel, K., Day, L., Hamilton, A., Lin, L., Furuya-Kanamori, L., Moore, C.E., Van Boeckel, T., Laxminarayan, R. and Yakob, L. 2023. Global antimicrobial-resistance drivers: An ecological country-level study at the human-animal interface. *Lancet Planetary Health*, 7, e291-e303. DOI: 10.1016/S2542-5196(23)00026-8
- [34] Velazquez-Meza, M. E., Galarde-López, M., Carrillo-Quiróz, B. and Alpuche-Aranda, C. M. 2022. Antimicrobial resistance: One Health approach. *Veterinary World*, 15 (3), 743-749. DOI: 10.14202/vetworld.2022.743-749
- [35] Rokni, N., Kamkar, A., Salehzadeh, F. and Madani, R. 2007. Study of enrofloxacin residue in broiler tissues by HPLC. *Journal of Food Science and Technology*, 4(2): 11-16 [In Persian].
- [36] Zarean Baniyasi, F., Ahmadi, M., Rokni, N., Golestan, L. and Shahidi Yasaghi, A. 2019. Evaluation of four common antibiotic classes in the muscle and liver of chickens slaughtered Tehran by LC-MS/MS. *Veterinary Researches & Biological Products*. 124: 55-63. DOI: 10.22092/vj.2019.125604.1565
- [37] Boeckel, T.P.V., Glennon, E.E., Chen, D., Gilbert, M., Robinson, T.P., Grenfell, B.T., Levin, S.A., Bonhoeffer, S. and Laxminarayan, R. 2017. Reducing antimicrobial use in food

- animals. Science, 357, 1350–1352. DOI: 10.1126/science.aao1495
- [38] Freivogel, C. and Visschers, V. H. M. 2020. Understanding the underlying psychosocial determinants of safe food handling among consumers to mitigate the transmission risk of antimicrobial-resistant bacteria. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17, 2546. DOI: 10.3390/ijerph17072546
- [39] Tiseo, K., Huber, L., Gilbert, M., Robinson, T. P. and Van Boeckel, T. P. 2020. Global trends in antimicrobial use in food animals from 2017 to 2030. Antibiotics, 9, 918. DOI: 10.3390/antibiotics9120918
- [40] Klein, E. Y., Van Boeckel, T. P., Martinez, E. M., Pant, S., Gandra, S., Levin, S.A., Goossens, H. and Laxminarayan, R. 2018. Global increase and geographic convergence in antibiotic consumption between 2000 and 2015. Proceeding of the National Academy of Sciences USA, 115 (15), E3463-E3470. DOI: 10.1073/pnas.1717295115
- [41] Aalipour, F., Mirlohi, M. and Jalali, M. 2013. The study of the antibiotic consumption pattern in the production of animal-originated food in Iran and its comparison to other countries. Journal of Health System Research, Nutrition supplement: 1572-1584 [In Persian].
- [42] Michalczyk, M., Zdanowska-Sasiadek, Z., Damaziak, K. and Niemiec, J. 2017. Influence of indoor and outdoor systems on meat quality of slow-growing chickens. CyTA -Journal of Food, 15, 15-20. DOI: 10.1080/19476337.2016.1196246
- [43] Baéza, E., Guillier, L. and Petracci, M. 2022. Review: Production factors affecting poultry carcass and meat quality attributes. Animal, 16, 100333. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100331>
- [44] Javadi, A., Mirzaei, H., Khatibi, S.A. and Manaf Hosseini, A. 2011. Experimental study of the effect of grilling, microwave and boiling cooking methods on enrofloxacin residues in poultry edible tissues. Veterinary Clinical Pathology, 5(3): 1259-1265 [In Persian].
- [45] Baéza, E., Arnould, C., Jilali, M., Chartrin, P., Gigaud, V., Mercierand, F., Durand, C., Méteau, K., Le Bihan-Duval, E. and Berri, C. 2012. Influence of increasing slaughter age of chickens on meat quality, welfare, and technical and economic results. Journal of Animal Science, 90, 2003–2013. DOI: 10.2527/jas.2011-4192
- [46] Baéza, E., Salichon, M.R., Marche, G., Wacrenier, N., Dominguez, B. and Culioli, J. 2000. Effects of age and sex on the structural, chemical and technological characteristics of mule duck meat. British Poultry Science, 41 (3), 300-307. DOI: 10.1080/713654934
- [47] Giampietro-Ganeco, A., Boiago, M.M., Mello, J. L. M., De Souza, R. A., Ferrari, F. B., De Souza, P. A. and Borba, H. 2020. Lipid Assessment, cholesterol and fatty acid profile of meat from broilers raised in four different rearing systems. Annals of the Brazilian Academy of Science, 92(Suppl. 1), e20190649 DOI: 10.1590/0001-37652020201
- [48] FAO. (2024). Food Outlook – Biannual report on global food markets. Food Outlook, June 2024. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd1158en>
- [49] Talebi, P., Omid Najafabadi, M. and Lashgarar, F. 2021. The impact of governmental supports on green poultry marketing development. Journal of Agricultural Economics and Development, 35 (3), 245-258. DOI: 10.22067/JEAD.2021.69884.103
- [50] Mohammadi, H., Saghaian, S. and Boccia, F. 2023. Antibiotic-free poultry meat consumption and its determinants. Foods, 12, 1776. <https://doi.org/10.3390/foods12091776>
- [51] Khademi Shurmasti, D. 2022. Cellulose derivatives as edible film and coating; Characteristics and effect on the quality and shelf life of animal, poultry and aquatic products. Iranian Journal of Food Science and Technology, 18(121): 349-364. DOI: 10.52547/fsct.18.121.28 [In Persian].
- [52] Khademi Shurmasti, D., Yamini, F. and Badakhshan, N. 2021. Effect of *Satureja hortensis* extract and polysaccharide-based active bio-composite coating on broiler fillet shelf life during refrigerated storage (4±1°C). Iranian Journal of Food Science and Technology, 18(115): 271-281. DOI: 10.29252/fsct.18.06.22 [In Persian].

- [53] Mardani Kiasari, M. and Khademi Shurmasti, D. 2020. Effect of lemon grass (*Cymbopogon citratus*) extract and nanoclay in nanocomposite coating on the physicochemical and microbial properties of chicken fillets during refrigerated storage. Iranian Journal of Food Science and Technology, 17(106): 13-21. DOI 10.29252/fsct.17.09.02 [In Persian].
- [54] Sandoughi, A. Yadavar, H., Raheli H. and Haring A. M. 2019. Identifying and explaining the driving factors of organic agricultural products market development. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 50-2(2), 295-310 [In Persian].
- [55] Aghasafari, H. and Karbasi, A. R. 2021. Factors affecting consumers' preference for chicken meat with sustainability labels. Agricultural Economics Research Journal, 13 (2), 197-216 [In Persian].



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Challenges of production, nutritional quality and market prospects of chicken meat consumption without antibiotics (green)

Dariush Khademi Shurmasti

Associate Prof., Department of Agriculture, Sava.C., Islamic Azad University, Savadkooh, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2024/7/25 Accepted: 2024/10/27	The chemical composition and reasonable price of chicken meat have made it one of the best sources of animal protein. The use of antibiotics in poultry has led to the accumulation of their residues in meat, which in turn has contributed to the development of antibiotic resistance. To overcome this problem, therefore, antibiotic-free (green) meat production has been developed. By searching international and internal databases, the results and achievements presented in various scientific documents have been widely reviewed. The reviewed results showed that antibiotic resistance, one of the major global public health concerns, is also a significant problem in our country. The “One Health” approach, including the connection of human health, animal health and the environment, has been emphasized to deal with complex health challenges such as antibiotic resistance. Antibiotic-free meat production is associated with challenges that have increased its production costs. At the same time, green meat has better nutritional and healthy properties than normal ones, and if public awareness increases, a suitable distribution and supply network, and especially a balanced price, can become a priority in consumer choice. In conclusion, by accepting the principles of the concept of One Health, the effect of antibiotic resistance can be reduced, as well as the responsible use of antibiotics, and the ongoing research and development to achieve effective and safe alternatives, the effectiveness of antibiotics protected, and a healthier future will ensure for humans, animals and the environment.
Keywords: Public health, Meat quality, Green chicken, Antibiotic resistance, Environment	
DOI: 10.22034/FSCT.22.163.104. *Corresponding Author E- Da.khademi@iau.ac.ir	

مجله علوم و صنایع غذایی ایران



سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

اثر ضد میکروبی پوشش خوراکی آلژینات- ژلاتین حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس شوید (*Anethum graveolens*) علیه لیستریا مونوسیژنوز تلخیص شده به گوشت بوقلمون

حانیه آسفی^۱، محمد محسن زاده^{۲*}، محمد مالکی^۳، رویا رضائیان دلویی^۴،^۵

۱- کارشناس ارشد بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲- استاد گروه بهداشت مواد غذایی و آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۳- پژوهشگر پسا دکتری تخصصی بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد،

۴- استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

۵- گروه علوم کشاورزی، پژوهشکده محیط های خشک، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۴

کلمات کلیدی:

پوشش خوراکی ضد میکروبی،

آلژینات،

ژلاتین،

نانوامولسیون اسانس شوید،

لیستریا مونوسیژنوز

DOI:10.22034/FSCT.22.163.121.

* مسئول مکاتبات:

mohsenzadeh@um.ac.ir

royarezaeian@mshdiau.ac.ir

در این پژوهش اثر پوشش خوراکی آلژینات سدیم-ژلاتین (۲٪ / ۲٪)، حاوی امولسیون اسانس شوید (۱۶ و ۳۲ میلی گرم در میلی لیتر) و نانوامولسیون اسانس شوید (۱۶ و ۳۲ میلی گرم در میلی لیتر) در طول دوره نگهداری گوشت بوقلمون در دمای ۴ °C بررسی شد. ترکیبات اصلی اسانس با دستگاه GC-MS اندازه گیری شد که شامل آلفا فلاندرن (۵۱/۸۹٪)، کارون (۱۰/۲۱٪) و لیمونن (۸/۲۶٪) بود. حداقل غلظت مهار کنندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) امولسیون اسانس شوید علیه لیستریا مونوسیژنوز به ترتیب ۸ mg/ml و ۱۶ mg/ml MIC و MBC نانوامولسیون اسانس شوید به ترتیب ۲ mg/ml و ۴ بود. میزان باکتری در روز ۱۲ در تیمار کنترل (Log ۸/۱)، تیمار پوشش ژلاتین-آلژینات (Log ۷/۷۵)، تیمار امولسیون (Log ۷/۳۴) و تیمار نانوامولسیون اسانس شوید (Log ۶/۵۷) بود. با افزایش غلظت اسانس شوید، خاصیت ضد میکروبی افزایش یافت و تیمار حاوی نانوامولسیون در مقایسه با امولسیون اسانس، تاثیر بهتری در کنترل رشد لیستریا مونوسیژنوز داشت. کمترین میزان تیوباربتوریک اسید (TBA) مربوط به تیمارهای حاوی امولسیون (۰/۶۸ mg MDA/kg) و نانوامولسیون (mg MDA/kg ۰/۴۱) اسانس شوید بود. تیمارهای حاوی اسانس در طول دوره pH پایین تری نسبت به نمونه کنترل داشتند و میزان TVN کمتری را نشان دادند. نتایج نشان داد، پوشش خوراکی ژلاتین-آلژینات سدیم حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس شوید دارای اثر مثبت برای کنترل رشد باکتری لیستریا مونوسیژنوز، فاکتور های اکسیداسیون و حسی در گوشت بوقلمون می باشد.

۱-مقدمه و بیان مسئله

مسمومیت ها و عفونت های غذایی از نگرانی های اصلی مرتبط با بهداشت عمومی جامعه می باشد. علاوه بر سلامت مصرف کننده، میکروارگانیسم های فساد زا، عمر ماندگاری مواد غذایی را کاهش داده، مضرات اقتصادی داشته و باعث هدر رفت مواد غذایی می گردد [۱]. گوشت حیوانات منبع غنی و اصلی جهت تامین پروتئین می باشد. بوقلمون، متعلق به جنس *Meleagris* بوده و در راسته ی ماکیان *Galliformes* قرار دارد. استفاده از گوشت بوقلمون امروزه در حال افزایش است [۲]. گوشت بوقلمون در هردودسته گوشت قرمز و سفید قرار دارد. به گونه ای که قسمت سفید در ناحیه سینه (۶۵٪)، و بخش قرمز در ناحیه ران (۳۵٪) قرار دارد. طعم قسمت های ذکر شده کاملاً متفاوت می باشد. در صورتیکه بوقلمون از علف تغذیه کرده باشد نسبت به بوقلمون های پرورشی ترکیبات مغذی، ریز مغذی، ویتامین، چربی و کالری بیشتری دارد [۳]. وجود ترکیبات ذکر شده از جمله ریز مغذی ها، ویتامین ها، پروتئین ها، کربوهیدرات، چربی و رطوبت بالا و pH مناسب، گوشت بوقلمون را مکان بسیار مناسبی جهت رشد پاتوژن ها و میکروب ها کرده است [۴].

لیستریا باکتری گرم مثبت، میله ای، بی هوازی اختیاری غیر اسپورزا است. مهمترین و بیماریزاترین گونه ی این باکتری لیستریا مونوسیتوژنز می باشد. بیماری لیستریوزیز یک بیماری زئونوز بین انسان و حیوانات است این بیماری در بزرگسالان باعث عفونت و التهاب مغز، مننژیت، انسفالیت و سپتی سمی می شود. بیماری ناشی از این باکتری در زنان باردار در مراحل اولیه مشابه آنفلوانزا بوده، در صورت درمان دیر هنگام باعث سقط جنین شده و یا در صورت زایمان، نوزاد مرده یا بیمار به دنیا می آید. مهم ترین روش انتقال این باکتری مدفوعی دهانی و از طریق مواد غذایی آلوده است و مواد غذایی مانند گوشت، شیر و محصولات مشتق شده از شیر و گوشت مستعد آلودگی بالا با این باکتری می باشند [۵].

امروزه استفاده از روش های نوین نگهداری مواد غذایی از جمله استفاده از ترکیبات طبیعی مانند اسانس های گیاهی، تکنیک های نانو، استفاده از نگهدارنده های طبیعی بدست آمده از باکتری ها، پوشش ها و فیلم های زیست تخریب پذیر، استفاده از اشعه و ... توجه محققان را به خود جلب کرده است. در این راستا، سبزعلی و همکاران (۲۰۱۹) اثر پوشش خوراکی آلژینات سدیم حاوی سیر وحشی بر خصوصیات میکروبی و شیمیایی فیله گوشت گوساله و مالکی و همکاران (۲۰۲۲) اثر فیلم کربوکسی متیل سلولز حاوی نانوذره دی اکسید تیتانیوم و اسانس شوید بر فیله ماهی قزل آلا ی رنگین کمان را مورد بررسی قرار دادند [۶] و پوشش های خوراکی باعث ایجاد یک لایه نازک در سطح غذا شده، مانع از نفوذ رطوبت، اکسیژن به ماده غذایی می شود. افزودن ترکیبات ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی طبیعی مانند اسانس های گیاهی نیز باعث افزایش مدت ماندگاری محصولات غذایی می شود. مزیت دیگری که پوشش های خوراکی نسبت به پوشش های سنتزی دارند، قابلیت زیست تخریب پذیری و سازگاری زیستی این ترکیبات با محیط می باشد [۶ و ۷].

آلژینات ترکیبی پلی ساکاریدی می باشد. پوشش خوراکی آلژینات باعث بهبود قوام و افزایش پایداری محصول شده، در صورت انحلال این ترکیب در آب، ژل پایداری را تشکیل داده و لایه ای از پوشش را دور محصول تشکیل می دهد. فیلم حاصل از این ماده نفوذ ناپذیری خوبی در برابر روغن و ترکیبات روغنی دارد ولی چون این ماده آب دوست می باشد نسبت به نفوذ بخار آب مقاومت پایینی دارد [۸]. ژلاتین، یک ترکیب پروتئینی می باشد که از کلاژن بدست می آید. این ماده ۱۸ اسید آمینه دارد و دارای ویژگی های خوبی جهت تهیه پوشش خوراکی می باشد. در صورتیکه ژلاتین پس از انحلال در دمای پایین قرار بگیرد، ژل برگشت پذیری تولید می کند. فیلم های تولید شده از ژلاتین شفاف بوده و قوام خوبی دارند. وزن مولکولی ژلاتین مصرفی نقش اصلی در ویژگی های فیلم و پوشش تهیه شده از آن دارد

آگار^۲ و آگار مولر هینتون^۳ (MHA) از شرکت مرک (آلمان) تهیه گردید.

۲-۲- تهیه اسانس شوید و آنالیز ترکیبات آن:

اسانس شوید از شرکت جوهره طعم شرق مشهد تهیه گردید. پس از تهیه اسانس، جهت آنالیز ترکیبات شیمیایی این اسانس، از دستگاه GC-MS استفاده شد. از دستگاه GC مدل (Agilent HP-6890 Palo Agilent) (technologies, Alto, CA, USA) دارای ستون موئینه HP-5MS (طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵۰ میکرومتر و ضخامت فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر) به همراه یک طیف سنج جرمی (Agilent AHP-5973) با انرژی ۷۰ الکترون ولت استفاده شد. در ابتدای کار، دما در محدوده ۵۰ °C حدود ۵ دقیقه نگه داشته شد، سپس تا حدود ۲۹۰ °C با سرعت ۵ درجه در دقیقه دما بالا رفت و بمدت ۳ دقیقه بطور ثابت در این دما نگه داشته شد. با جریان ۰/۸ میلی لیتر در دقیقه از گاز هلیوم بعنوان حامل استفاده گردید. دمای محفظه تزریق ۲۴۰ درجه سانتی گراد تنظیم گردید. نمونه اسانس به صورت دستی به دستگاه تزریق شد. ترکیبات اسانس با استفاده از طیف نرمال آلکان ها و بدست آوردن شاخص بازداری آن ها و سپس مقایسه با شاخص کواتز در نرم افزار NIST05 و مقایسه طیف جرمی ترکیبات با طیف موجود در کتابخانه دستگاه GC-MS بدست آمد. درصد ترکیبات با استفاده از دستگاه گازکروماتوگرافی مجهز به آشکارساز و با استفاده از سطح زیر منحنی پیک ها محاسبه شد [۱۱].

۲-۳- آماده سازی باکتری و تهیه سوسپانسیون میکروبی

باکتری لیستریا مونوسیتوژنز (ATCC 7644)، از بخش بهداشت مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد. باکتری بر روی پلیت حاوی آگار مغذی

بطوریکه هرچقدر وزن مولکولی بالاتر باشد کیفیت پوشش تولیدی بهتر می باشد [۸]. شوید با نام علمی *Anethum graveolens*، گیاهی یک یا دوساله با نام هایی از جمله شبت یا شوید است. گیاه شوید سرشار از ترکیبات فنلی با خاصیت آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی می باشد. این گیاه جهت درمان تشنج، کاهش درد و التهاب، افزایش اشتها و تقویت معده و همچنین در زنانی که تازه زایمان کرده اند جهت افزایش شیر استفاده می شود [۹]. همانطور که گفته شد، جایگزین کردن ترکیبات گیاهی و طبیعی به جای ترکیبات سنتزی و شیمیایی آسیب رسان به سلامت مصرف کننده و محیط زیست امری کاملاً ضروری می باشد. همچنین استفاده از این ترکیبات طبیعی با خواص ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی در گوشت، باعث حفظ کیفیت گوشت در طول دوره نگهداری می شود [۱۰].

با توجه به نیاز صنایع به استفاده از این ترکیبات طبیعی و همچنین فواید آنها در صنعت غذا، مطالعه حاضر با هدف تولید پوشش خوراکی آلزینات - ژلاتین حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس شوید و بررسی خواص ضد میکروبی آن بر علیه لیستریا مونوسیتوژنز تلقیح شده به گوشت بوقلمون طی دوره نگهداری در یخچال می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

کشت خالص باکتری لیستریا مونوسیتوژنز (ATCC 7644)، از بخش بهداشت مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد و در شرایط استریل فعال گردید. سایر مواد شامل آلزینات سدیم، ژلاتین و توین ۸۰ از شرکت سیگما (آلمان) و محیط های کشت BHI^۱ (محیط کشت آبگوشت قلب-مغز) براث و آگار، پپتون واتر، پالکام

1- Brain Heart Infusion

2- PALCAM Agar

3- Mueller Hinton agar

غلظت اسانس موجود در چاهک فاقد کدورت دارای اسانس با کمترین غلظت، بعنوان MIC در نظر گرفته شد.

سپس از چاهک هایی که کدورتی در آنها مشاهده نشد، بر روی محیط BHI آگار کشت داده شدند و مجدد بمدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ °C داخل انکوباتور قرار گرفتند. غلظتی که هیچگونه رشدی از باکتری در آن مشاهده نشد بعنوان MBC در نظر گرفته شد [۱۲].

۵-۲- آماده سازی امولسیون و نانوامولسیون اسانس شوید:

پس از بررسی نتایج MIC و MBC درصد مشخصی از اسانس (۳۲ mg/ml و ۱۶) با استفاده از تویین ۸۰ به میزان ۰/۲ گرم در گرم وزن اسانس و آب مقطر دیونیزه آماده و با استفاده از هموژنایزر اولتراتوراکس (T 10 basic شرکت IKA آلمان) (۳۰۰۰ rpm) به مدت ۵ دقیقه بطور کامل هموژن شد.

برای آماده سازی نانوامولسیون از روش عزیزیان و همکاران (۲۰۱۹) با کمی تغییر استفاده شد. ابتدا غلظت های مورد نظر از اسانس با استفاده از تویین ۸۰ و آب دیونیزه تهیه شد. سپس با هموژنایزر اولتراتوراکس (۳۰۰۰ rpm) به مدت سه دقیقه کاملاً هموژن و سپس با استفاده از دستگاه اولتراسونیک پروب دار (50 °C, pulse: 45s, and rest: 15s) به مدت ۱۵ دقیقه نانوامولسیون تهیه شد [۱۳].

۶-۲- بررسی خاصیت آنتی اکسیدانی اسانس شوید به روش رادیکال DPPH^۷:

جهت بررسی خاصیت آنتی اکسیدانی از توانایی دادن اتم هیدروژن یا الکترون توسط اسانس شوید با میزان بی رنگ کردن محلول بنفش در متانول استفاده شد. در این روش از ۲-۲ دی فنیل-۲- پیکریل هیدرازیل بعنوان ترکیب رادیکالی استفاده گردید. جهت تهیه محلول، ابتدا ۰/۱ میلی

کشت داده شد. سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ °C انکوبه شد [۱۶]. ۲۴ ساعت قبل از تلقیح باکتری، از باکتری مورد نظر بر روی محیط شیب دار آگار مولر هیتون کشت شد سپس با استفاده از محلول رینگر استریل سوسپانسیونی معادل نیم مک فارلند (1.5×10^8 CFU/ml) از باکتری لیستریا مونوسیترنر تهیه گردید. غلظت های تهیه شده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۶۲۵ نانومتر در محدوده ۰.۱ - ۰.۰۸ تنظیم گردید این روش مطابق با روش ربیعی و همکاران (۲۰۱۳) با کمی اصلاح انجام شد [۱۷].

۴-۲- تعیین حداقل غلظت مهار کنندگی^۴ (MIC) و حداقل غلظت کشندگی^۵ (MBC) اسانس و نانوامولسیون اسانس شوید:

از روش میکروبراث دایلوژن جهت تعیین حداقل غلظت مهار کنندگی (MIC) استفاده شد. جهت انجام آزمون، ابتدا با استفاده از محلول رینگر استریل از باکتری مورد نظر غلظت معادل نیم مک فارلند (1.5×10^8 CFU/ml) تهیه گردید سپس غلظتی معادل 10^6 CFU/ml از آن تهیه و جهت ارزیابی خصوصیات ضد میکروبی استفاده شد. جهت تهیه غلظت های مختلف اسانس از DMSO^۶ استفاده شد. غلظت های متوالی از اسانس شوید (۳۲-۰/۱۲۵ mg/ml) تهیه گردید. در هر چاهک به ترتیب ۱۶۰ میکرولیتر محیط کشت BHI برآ، ۲۰ میکرولیتر غلظت های تهیه شده اسانس و ۲۰ میکرولیتر از باکتری با غلظت نهایی تهیه شده اضافه شد. آزمون در ۳ تکرار انجام شد. یک چاهک به عنوان کنترل منفی (بدون افزودن باکتری) و چاهکی دیگر به عنوان کنترل مثبت (بدون افزودن اسانس) در نظر گرفته شد. میکروپلیت ۹۶ خانه ای حاوی ترکیبات بالا، بمدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ °C داخل انکوباتور قرار گرفتند. پس از ۲۴ ساعت،

6- Dimethyl sulphoxide

7- 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

4- Minimum inhibitory concentration

5 -Minimum bactericidal concentration

آب مقطر استریل شسته شده و سپس با الکل ۷۰ درصد استریل شدند.

۹-۲- تلقیح باکتری به نمونه های گوشت

در ابتدا غلظتی معادل نیم مک فارلند از باکتری لیستریا مونوسیژنر تهیه شد. سپس رقت های متوالی از باکتری برای رسیدن به غلظت مورد نظر یعنی CFU/ml 10^6 تهیه و به قطعات گوشت تلقیح گردید. آزمایش در سه تکرار انجام شد.

۱۰-۲- تهیه پوشش خوراکی آلژینات-ژلاتین و پوشش دهی قطعات گوشت:

جهت تهیه پوشش آلژینات سدیم و ژلاتین با غلظت ماده جامد ۴ درصد، ۲ گرم آلژینات و ۲ گرم ژلاتین با آب مقطر استریل به حجم ۱۰۰ سی سی رسانده شدند و در دمای $^{\circ}\text{C}$ ۶۰ بر روی هیتر مگنت دار قرار داده شدند تا محلول شفاف بدست آید. توپین ۸۰ (۰.۲ گرم در گرم اسانس) و امولسیون و نانوامولسیون اسانس شوید در دو سطح ۱۶ و ۳۲ میلی گرم در میلی لیتر به پوشش ها اضافه گردید. نمونه های گوشت بوقلمون با اندازه های مورد نظر جهت تست های شیمیایی، میکروبی و حسی در ۶ تیمار مختلف (جدول ۱) آماده شدند. قطعات گوشت حدود ۲ دقیقه در محلول های پوشش قرار گرفتند، سپس در محلول کلرید کلسیم ۲٪ جهت تشکیل ژل قوی، غوطه ور گردیدند. نمونه کنترل نیز بدون هیچ پوششی تهیه شد و قطعات گوشت پوشش داده شده و نمونه کنترل (فاقد پوشش) در زیپ پک های پلی اتیلنی استریل بسته بندی و در دمای $^{\circ}\text{C}$ ۴ نگهداری شدند [۱۹].

لیتر از غلظت هایی مختلف اسانس شوید به ۳/۹ میلی لیتر محلول ۰/۱ میلی مولار DPPH ($39/43$ میلی گرم در لیتر) اضافه شد. سپس محلول های آماده شده بمدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگهداری شدند و جذب نوری نمونه ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. درصد مهار رادیکالهای آزاد DPPH با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$I\% = (A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}} / A_{\text{blank}}) \times 100$$

در این فرمول A_{blank} جذب نوری کنترل منفی را که فاقد اسانس می باشد، نشان می دهد و A_{sample} میزان جذب نوری غلظت های مختلف اسانس شوید را بیان می کند [۱۴].

۷-۲- اندازه ذرات نانوامولسیون اسانس شوید

از روش پراکندگی دینامیکی نور (DLS^8) (Vasco, Nano-Particle Size Analyzer, France) جهت تعیین اندازه ذرات نانوامولسیون اسانس شوید و توزیع آن ها استفاده گردید. بدین منظور میزان ۱ میلی لیتر از محلول در دستگاه قرار گرفت و اندازه ذرات تعیین گردید [۱۵].

۸-۲- تهیه گوشت بوقلمون:

قطعات گوشت بوقلمون خریداری شده (مرکز خرید استقلال، مشهد، ایران) در ظروف مخصوص و شرایط سرد ($^{\circ}\text{C}$ ۴) به آزمایشگاه منتقل شدند و حداکثر ظرف یک ساعت تیمارهای مورد نظر تهیه شدند. بدین منظور گوشت به قطعات مورد نیاز ۱۰ گرمی تقسیم و قبل از تلقیح باکتری با

Table 1. Research treatments

Treatment	
1	Control
2	ALG+G
3	ALG+G+AEO1 (16 mg/ml)
4	ALG+G+AEO2 (32 mg/ml)

5	ALG+G+NEO1 (16 mg/ml)
6	ALG+G+NEO2 (32 mg/ml)

(g) بر اساس حجم اسیدسولفوریک مصرف شده برای تیتراسیون با فرمول زیر به دست آمد.

$$TVB-N = 14 \times N \times V \times 100$$

۱۴-۲- اندازه گیری تیوباریتوریک اسید (TBA):

۱۰ گرم از نمونه با ۹۰ میلی لیتر آب مقطر کاملاً مخلوط گردید. مخلوط حاصل را به بالن تقطیر انتقال داده و به آن ۲/۵ میلی لیتر اسید کلریدریک ۴ نرمال به همراه مواد ضد کف و ضد جوش اضافه کرده و بالن به دستگاه تقطیر متصل گردید. مخلوط را حرارت داده و ۵۰ میلی لیتر از ماده تقطیر شده پس از زمان جوش جمع آوری گردید. ۵ میلی لیتر از ماده تقطیر شده و ۵ میلی لیتر معرف TBARS (۱۰ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال ۹۰٪ و ۰/۲۸۸۳ گرم پودر TBARS) به لوله های در دار منتقل و پس از تکان دادن کامل به مدت ۳۵ دقیقه در آب جوش قرار داده شدند. همزمان تمامی مراحل برای نمونه شاهد تکرار شد. نمونه ها پس از قرارگرفتن در حرارت جوش به مدت ۳۵ دقیقه، به مدت ۱۰ دقیقه سرد شده و جذب نوری نمونه ها در مقابل شاهد در طول موج ۵۳۸ نانومتر قرائت گردید و میزان TBA بر اساس میلی گرم مالون آلدئید در کیلوگرم گوشت تعیین گردید [۲۰].

۱۵-۲- ارزیابی حسی:

جهت ارزیابی حسی و خصوصیات ارگانولپتیکی نمونه ها، از روش ۹ نقطه ای هدونیک، با حضور ۸ ارزیاب آموزش دیده انجام شد. از مون در ۳ تکرار صورت گرفت. نمونه ها بصورت خام مورد ارزیابی قرار گرفتند. فاکتور های بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی ارزیابی شدند. ارزیابی حسی در ۱۲ روز با فاصله زمانی ۳ روزه مورد بررسی قرار گرفت.

۱۱-۲- شمارش لیستریا مونوسیژنوز

به قطعات ۱۰ گرمی، ۹۰ سی سی پیتون واتر ۰/۱ درصد استریل اضافه گردید. با دستگاه استومیکر (BagMixer 400CC کمپانی Interscience فرانسه)، بطور کامل هموژن شد و رقت های متوالی (۱۰^{-۱} - ۱۰^{-۶}) از نمونه تهیه گردید. سپس بصورت سطحی بر روی محیط آگار پالکام کشت داده شد. پلیت ها در دمای ۳۷ °C بمدت ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری شدند و سپس به صورت Log₁₀ CFU/g گزارش شدند [۱۹].

۱۲-۲- تعیین pH:

۱۰ گرم از نمونه گوشت با ۹۰ میلی لیتر آب مقطر کاملاً هموژن گردید. سپس با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (Metrohm, Swiss) نتایج خوانده شدند.

۱۳-۲- اندازه گیری مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N^۹):

در داخل بالن تقطیر، به ۱۰ گرم نمونه گوشت بوقلمون، ۲ گرم اکسید منیزیم و ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. محتویات بمدت ۱۵ دقیقه حرارت داده شدند. در یک ارلن مایر ۲۵ میلی لیتر اسید بوریک ۲٪ و چند قطره معرف متیل رد افزوده شد و بازهای ازته فرار حاصل از تقطیر در آن جمع آوری گردید. زمانیکه حجم اسید بوریک و بخارات میعان یافته در داخل ارلن به ۱۵۰ میلی لیتر رسید، محلول نهایی با اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ قرمز پوست پیازی تیترا گردید [۱۹]. محتوای (mg TVB-N / 100 TVB-N)

۱۶-۲- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه ازمون ها در ۳ تکرار انجام شدند. جهت آنالیز داده ها از نرم افزار SPSS16 استفاده شد. جهت تعیین معنی داری تفاوت بین میانگین داده ها از آنالیز واریانس یک طرفه و تست دانکن استفاده گردید. $p < 0.05$ به عنوان حد معنی دار در نظر گرفته شد.

۳- نتایج و بحث:

۳-۱- تعیین ترکیبات اسانس شوید:

ترکیبات اسانس های گیاهی بسته به آب و هوا، زمان برداشت، نحوه برداشت، نوع ژنوتیپ گیاه مورد استفاده، جنس و گونه و شرایط اسانس گیری متفاوت است. نتایج آنالیز ترکیبات اسانس شوید نشان داد که آلفا-فلاندرن (۵۱/۸۹٪)، کاروون (۱۰/۲۱٪) و لیمونن (۸/۲۶٪) اصلی ترین اجزای اسانس بودند. در پژوهش هارتمنس و همکاران (۱۹۹۵)، Carvone (۴۰٪)، Limonene (۳۲٪) و α -Phellandrene (۲۰٪) اصلی ترین ترکیبات اسانس شوید بودند [۲۱]. در مطالعه کاروالهو و فونسکا (۲۰۰۶) نیز کاروون از ترکیبات اصلی اسانس شوید بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت داشت [۲۲].

۳-۲- خصوصیات نانوامولسیون اسانس شوید:

میزان عددی شاخص پراکندگی نحوه توزیع اندازه نانو ذرات کلونیدی را نشان می دهد و هرچه این میزان کمتر باشد نشان دهنده یکنواختی بیشتر ذرات می باشد به طور کلی مقدار PDI^{10} کمتر از ۰/۳ یک امولسیون نسبتاً همگن را نشان می دهد [۳۰]. در این پژوهش شاخص پراکندگی ۰/۲۳ و اندازه ذرات نانوامولسیون سانس شوید ۱۴۱/۹۲ نانومتر بود که نشان دهنده محلول یکنواخت نانوامولسیون بود.

۳-۳- حداقل غلظت مهارکنندگی و کشندگی امولسیون و نانوامولسیون اسانس شوید:

استفاده از اسانس های گیاهی جایگزین مناسبی برای ترکیبات سنتزی بوده، این ترکیبات طبیعی محافظ محیط زیست، کاملاً طبیعی با فعالیت آنتی باکتریال و آنتی اکسیدانی هستند. با توجه به نتایج به دست آمده، برای امولسیون و نانو امولسیون اسانس حداقل غلظت مهارکنندگی به ترتیب ۸ و ۲ میلی گرم در میلی لیتر و حداقل غلظت کشندگی به ترتیب ۱۶ و ۴ میلی گرم در میلی لیتر بود. حداقل غلظت مهارکنندگی و حداقل غلظت کشندگی این اسانس به دلیل وجود ترکیبات مؤثره همانند مونوترپن های لیمون و کاروون است که سبب مهار رشد باکتری ها می شود [۲۲]. درخشان و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود اثر ضد میکروبی اسانس شوید در برابر *استافیلوکوکوس اورئوس* و *ویبریو کلرا* را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که اسانس شوید خاصیت ضد میکروبی مطلوبی بر روی این دو باکتری دارد [۲۳]. در مطالعه نانوسمبات و ویموتیگوسال (۲۰۱۱)، اثرات ضد میکروبی اسانس شوید بر روی گروهی از میکروارگانیسم ها بررسی شد که نتایج نشان داد، حداقل غلظت بازدارندگی (MIC) برای باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* و *شریشیا کلی* به ترتیب ۶ و ۱۰ میلی گرم در میلی لیتر بود که با نتایج ما همسو بود [۲۴]. در پژوهشی دیگر فعالیت ضد باکتریایی اسانس دانه های شوید علیه برخی از باکتری های بیماری زا مانند *ویبریو کلرا*، *شریشیا کلی*، *سودوموناس آیروزینوزا*، *استافیلوکوکوس اورئوس* بر توانایی تشکیل بیوفیلم کلبسیلا *پونومونیه* مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد اسانس شوید اثر قابل قبولی در برابر سویه های مورد آزمایش از خود نشان داد که با نتایج حاصل از پژوهش ما مطابقت داشت [۲۵].

۳-۴- خاصیت آنتی اکسیدانی اسانس شوید:

10 -polydispersity index

لگاریتم پوشش آلزینات- ژلاتین به تنهایی فاقد اسانس، به نسبت نمونه های حاوی اسانس خیلی بالاتر بود که نشان دهنده افزایش خاصیت ضد میکروبی پوشش مورد استفاده با افزودن اسانس بود. میانگین لگاریتم تعداد باکتری در پوشش آلزینات-ژلاتین از 5.04 LogCFU/g در روز صفر به 7.75 LogCFU/g در روز ۱۲ رسید. در نمونه های حاوی اسانس، نتایج نشان داد، استفاده از غلظت های بالاتر اسانس، خواص ضد میکروبی بالاتر و همچنین استفاده از نانوامولسیون شوید، خواص ضد میکروبی بالاتری نسبت به نمونه های حاوی امولسیون دارند. در مطالعه حاضر، کمترین میزان لگاریتم باکتری لیستریامونوسیتوژنز، مربوط به تیمار پوشش آلزینات-ژلاتین حاوی نانوامولسیون شوید بود. اما بطور کلی تیمارهای پوشش داده شده نسبت به نمونه کنترل، قدرت خوبی در مهار رشد باکتری لیستریامونوسیتوژنز داشتند. در مطالعه رئیسی و همکاران (۲۰۱۶) روی گوشت طیور، میزان باکتری لیستریا در طول دوره نگهداری افزایش داشت و در نمونه کنترل میزان باکتری در روز آخر نگهداری به 8.23 LogCFU/g رسید. نتایج این مطالعه نشان داد پوشش سدیم آلزینات حاوی اسانس های دارچین و رزماری به همراه ترکیب ضد میکروبی نایسین تاثیر خوبی در نگهداری گوشت مرغ دارند که با نتایج ما همسو بود [۲۷].

نتایج از موزن DPPH نشان داد که IC_{50} اسانس شوید برابر با $44/11 \mu\text{g/mL}$ بود. فعالیت آنتی اکسیدانی فلاوونوئیدها که ترکیبات فنلی ویژه ای هستند، به علت قابلیت در اختیار گذاشتن هیدروژن می باشد. در مطالعه بهرامی کیا و یزدان پرست (۲۰۰۸) فرکسیون عصاره استخراج شده با دی اتیل اتر و اتیل استات مورد بررسی قرار گرفته است و EC_{50} مربوط به فرکسیون استخراجی با دی اتیل اتر و اتیل استات برابر با $124/1 \mu\text{g/mL}$ و $75/6$ بود که با نتایج ما مطابقت داشت [۲۶]. مطابق با نتایج ما فرامرزی و همکاران (۲۰۲۱) خاصیت آنتی اکسیدانی اسانس شوید را کمتر از $\mu\text{g/mL}$ به دست آوردند [۳۱]. در پژوهشی دیگر که توسط زیلاب سنديجانی و همکاران (۲۰۲۰) انجام شد میزان خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره هیدروالکلی گیاه شوید را برابر $69/84$ بدست آوردند که مطابق با نتایج ما بود [۳۲].

۳-۵- تغییرات میکروبی:

میانگین لگاریتم رشد باکتری لیستریامونوسیتوژنز در طول دوره نگهداری در شکل ۱ ارائه شده است. در روز صفر، میانگین لگاریتم باکتری در تمام نمونه ها حدود LogCFU/g بود. در طول دوره نگهداری رشد باکتری افزایش یافت. سرعت افزایش رشد باکتری در گروه کنترل نسبت به تیمارهای دیگر بیشتر بود. میانگین تعداد باکتری در نمونه کنترل در روز آخر، 8.10 LogCFU/g بود که بالاترین تعداد باکتری را به خود اختصاص داد. میانگین

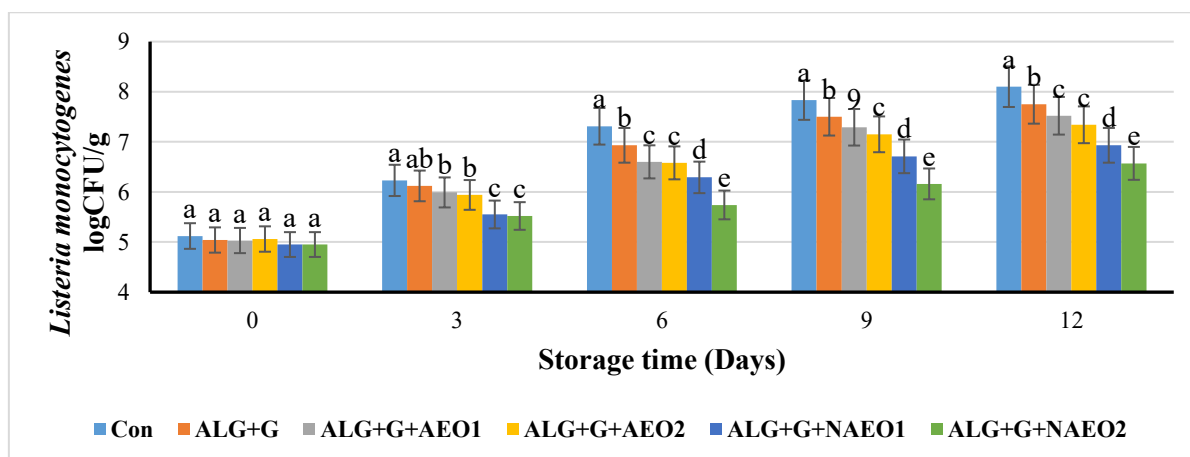


Fig 1 Bacterial survival of different treatments during storage at 4 °C for 12 days. Mean values for the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

۳-۶- تغییرات شیمیایی:

۳-۶-۱- pH:

نشان داد استفاده از پوشش خوراکی آلزینات-ژلاتین حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس شوید باعث افزایش ماندگاری گوشت بوقلمون شد و میزان pH را در طول دوره نگهداری کنترل کرد. در پژوهش احسانی و همکاران (۲۰۱۹) بر روی گوشت بوقلمون، میزان pH اولیه در نمونه فاقد ترکیبات ضد میکروبی ۵/۸۶ بود و در و در طول دوره ۱۵ روزه نگهداری به ۷/۰۷ رسید که با پژوهش ما مطابقت داشت [۲۹].

نتایج ارزیابی pH گوشت بوقلمون نگهداری شده در یخچال در شکل ۲ آمده است. ارزیابی pH در این مطالعه نشان داد با افزایش زمان نگهداری میزان تخریب پروتئین ها و تولید ترکیبات قلیایی افزایش و در نتیجه pH افزایش یافت [۲۸]. در نمونه های حاوی اسانس خصوصا نانوامولسیون اسانس، میزان pH بطور معنی داری کمتر از گروه کنترل بود. نتایج

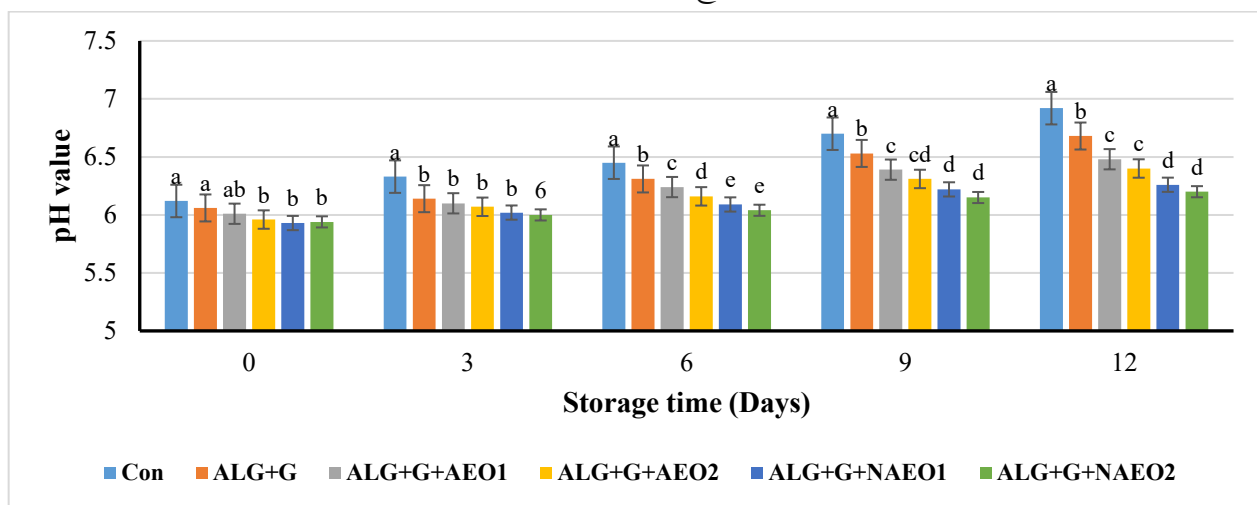


Fig 2 Average of pH changes of different treatments during storage at 4 °C for 12 days. Mean values for the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

۳-۶-۲- مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N):

کمترین میزان TVB-N در نمونه های حاوی نانوامولسیون شوید مشاهده شد. ترکیباتی مانند آمونیاک، امین های نوع اول، دوم و سوم و همچنین تجمع مونواتیل امین و تری متیل امین ها، کل بازهای ازته فرار را تشکیل می دهند که با انجام تست TVB-N تمامی این ترکیبات بصورت کلی تحت عنوان بازهای ازته فرار اندازه گیری می شوند [۲۹].

میزان ترکیبات بازهای نیتروژنی فرار نیز در طول دوره نگهداری در ۶ گروه ارزیابی شد (شکل ۳). نتایج نشان داد میزان این ترکیبات در طول دوره نگهداری افزایش یافت بیشترین افزایش در نمونه کنترل بود اما در نمونه های پوشش داده شده میزان TVB-N بسیار پایین تر از نمونه کنترل بود.

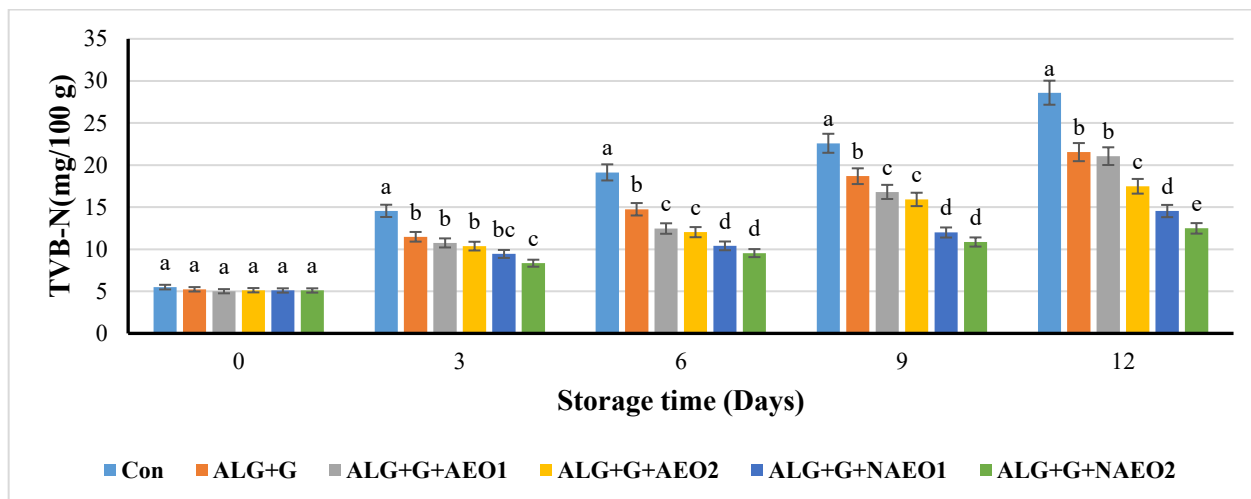


Fig 3 Average TVB-N changes of different treatments during storage at 4 °C for 12 days. Mean values for the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

بودیم. در انتهای دوره میانگین TBA در این گروه به ۰/۸۲ mg MDA/kg رسید. در صورتیکه در نمونه های حاوی اسانس در روز ۱۲ در رنج ۰/۴۱ - ۰/۸۲ mg MDA/kg بود. میزان TBA در نمونه های حاوی نانوامولسیون بطور معناداری کمتر از نمونه های حاوی امولسیون اسانس بود. کمترین میزان TBA با میانگین ۰/۴۱ mg MDA/kg مربوط به تیمار ژلاتین - آلژینات حاوی نانوامولسیون ۳۲ mg/ml بود.

۳-۶-۳- تیوباریتوریک اسید (TBA):

طبق شکل ۴ میزان تیوباریتوریک اسید در طول دوره نگهداری در تمام گروه ها روند افزایشی داشت. در نمونه های حاوی اسانس شوید، بدلیل خاصیت آنتی اکسیدانی اسانس، کمترین میزان TBA را شاهد بودیم. میانگین TBA در نمونه ها در ابتدای مطالعه ۰/۲۳ - ۰/۲۵ mg MDA/kg بود. در نمونه کنترل، شاهد افزایش TBA با سرعت بیشتری

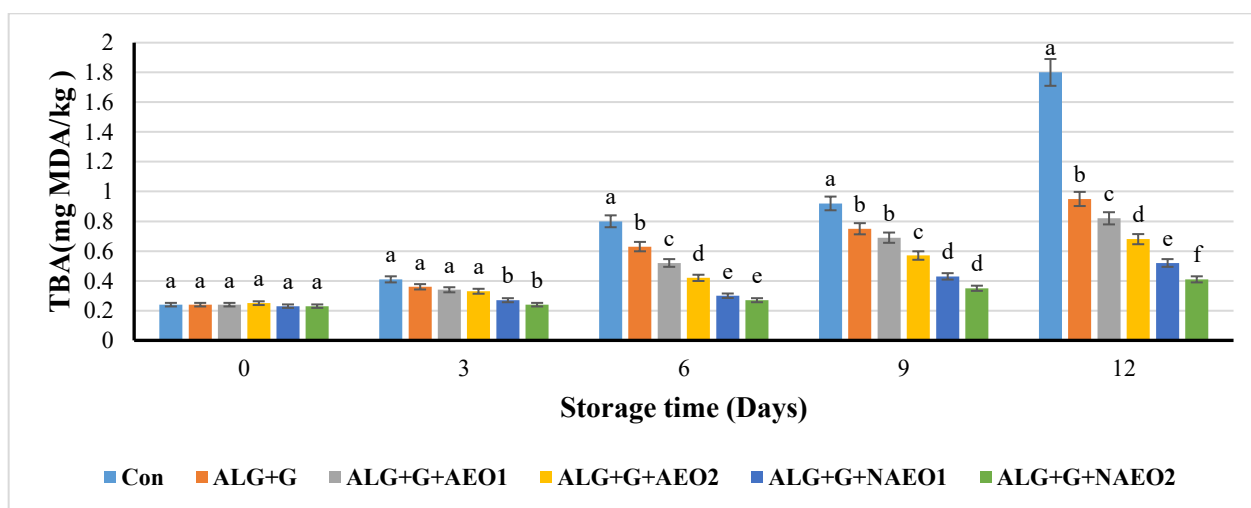


Fig 4 Average TBA changes of different treatments during storage at 4 °C for 12 days. Mean values for the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

نتایج ارزیابی حسی در مطالعه حاضر نشان داد (شکل های ۵، ۶، ۷ و ۸) تمامی فاکتور های مورد مطالعه اعم از بو، رنگ

۳-۷- ارزیابی حسی:

داده شده خصوصاً نمونه های حاوی اسانس امتیازات بالاتری را کسب کردند. نتایج نشان داد نمونه های حاوی نانوامولسیون اسانس شوید امتیازات بالاتری نسبت به نمونه های حاوی امولسیون اسانس را داشتند.

، بافت و پذیرش کلی در ابتدای مطالعه در تمام نمونه ها امتیاز قابل قبولی را گرفتند. امتیازات به مرور زمان در تمامی نمونه ها کاهش یافت اما در نمونه کنترل که فاقد هرگونه پوششی بود در انتهای دوره فاقد پذیرش بود و از نظر ارگانولپتیکی غیرقابل استفاده بود. اما در نمونه های پوشش

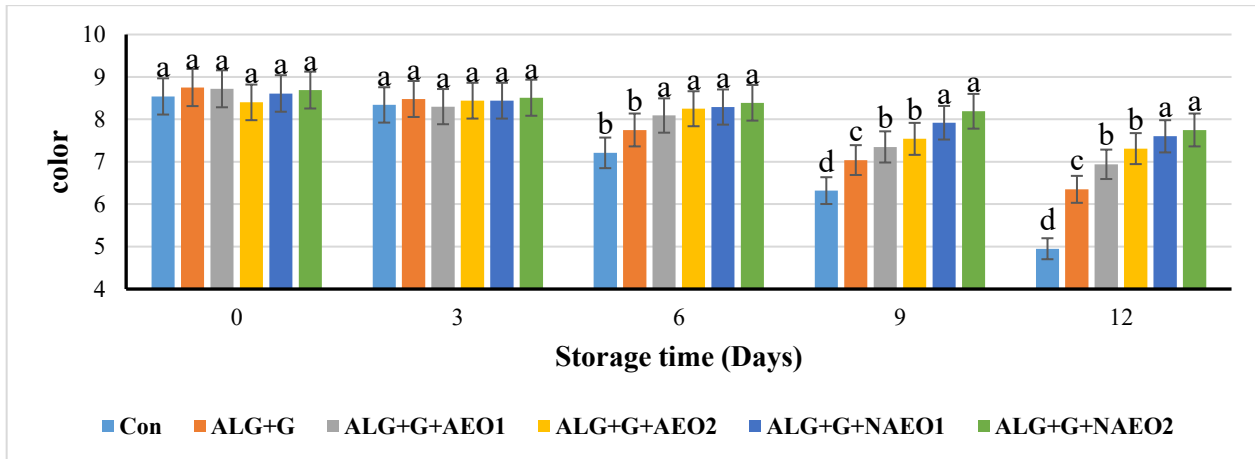


Fig 5 Changes of color in sensory evaluation of different treatments during storage at 4 °C for 12 days. Mean values for the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

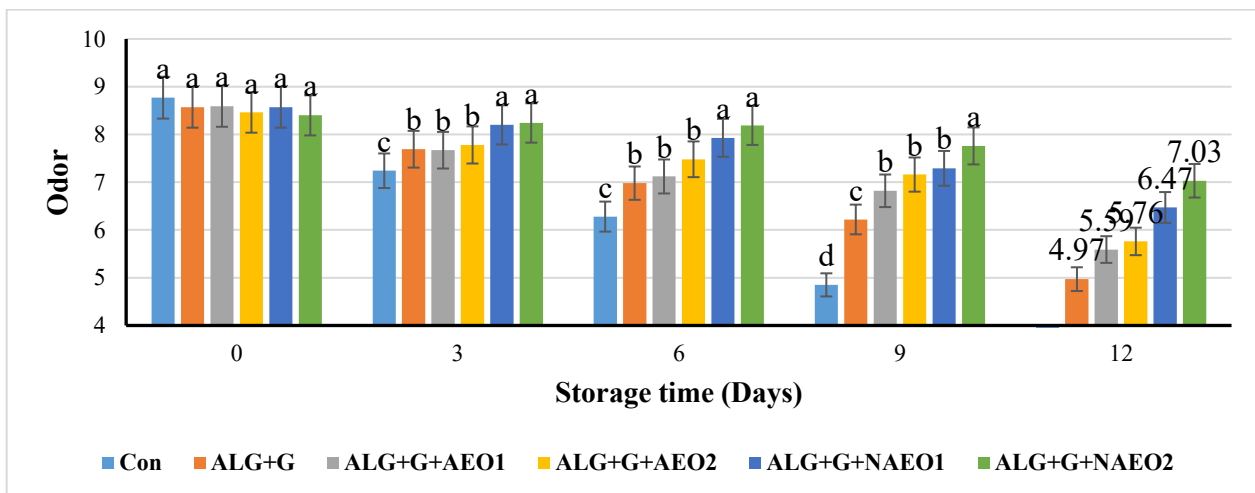


Fig 6 Changes of odor in sensory evaluation of different treatments during storage at 4 °C for 12 days. Mean values for the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

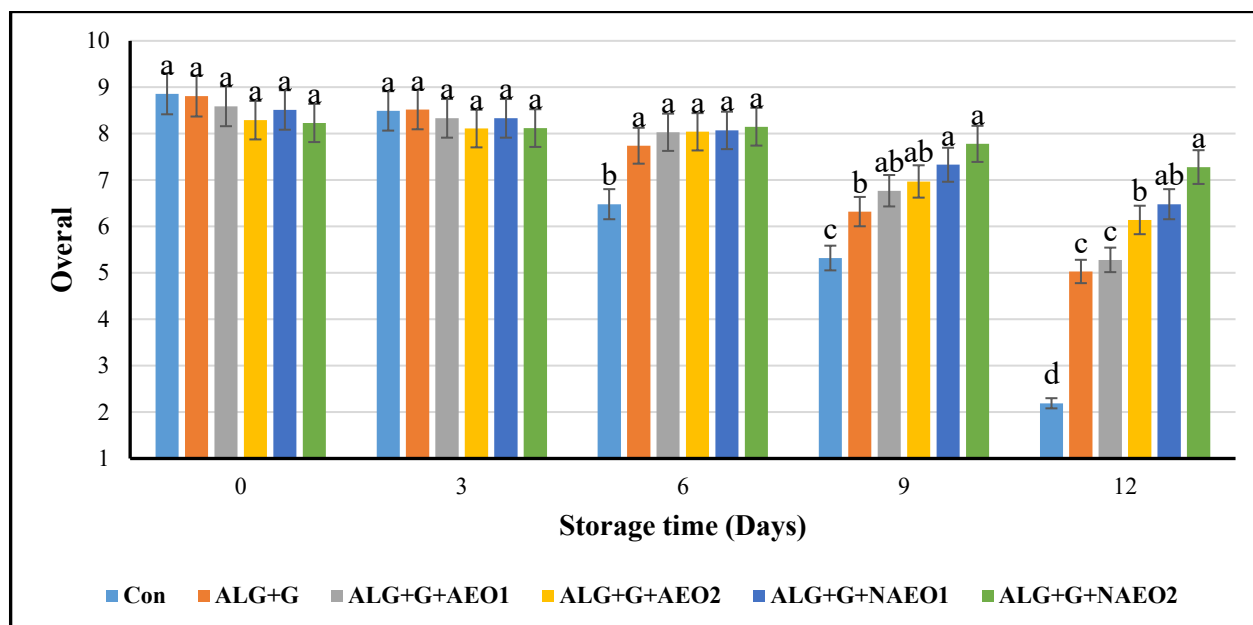


Fig 7 Changes of overall acceptance in sensory evaluation of different treatments during storage at 4 °C for 12 days. Mean values for the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

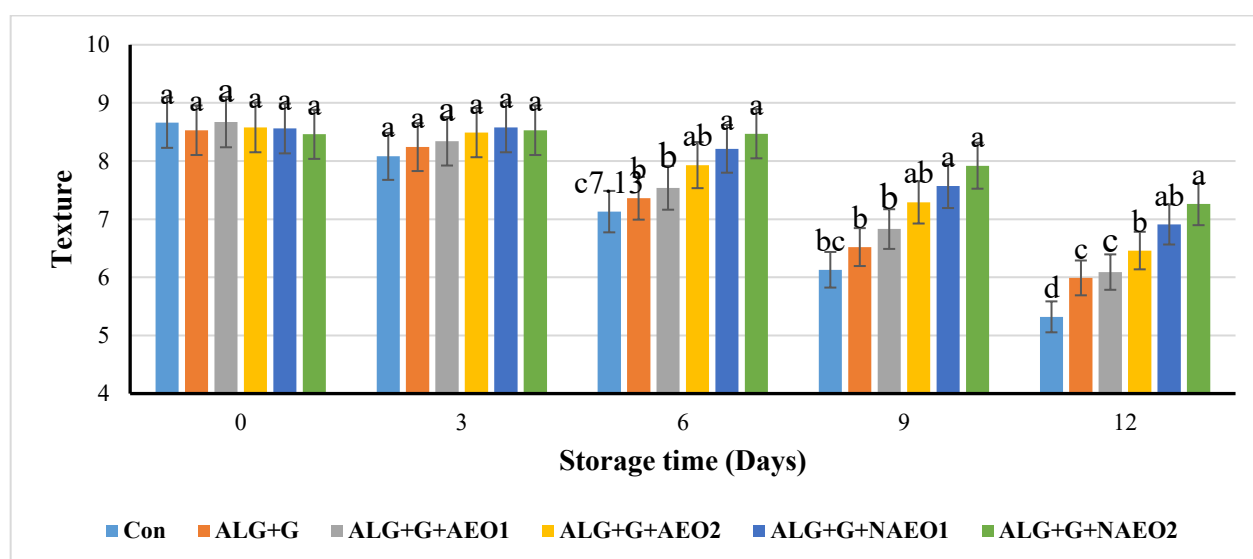


Fig 8 Changes of texture in sensory evaluation of different treatments during storage at 4 °C for 12 days. Mean values for the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

۴- نتیجه گیری

رشد باکتری لیستریامونوسیتوژنز را که یک پاتوژن غذایی مهم در صنعت غذا می باشد را کنترل کند. همچنین با استفاده از تکنولوژی نانو و تهیه نانوامولسیون اسانس شوید، خواص ضد میکروبی و انتی اکسیدانی آن افزایش پیدا کرد. بطور کلی می توان نتیجه گرفت که پوشش خوراکی آلژینات-ژلاتین حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس شوید به دلیل

نتایج مطالعه حاضر نشان داد افزودن اسانس شوید به دو صورت امولسیون و نانوامولسیون به پوشش خوراکی آلژینات-ژلاتین، عمر ماندگاری گوشت بوقلمون را افزایش می دهد. نتایج نشان داد پوشش آلژینات-ژلاتین حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس شوید، به خوبی توانست

جلوگیری از رشد باکتریهای بیماریزا و مولد فساد و افزایش زمان ماندگاری آن استفاده شود.

۵-منابع

- [1] Petrou, S., Tsiraki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I. 2012. Chitosan dipping or oregano oil treatments, singly or combined on modified atmosphere packaged chicken breast meat. *International Journal of Food Microbiology*, 156(3):264-271.
- [2] Riedel P, Vogt H. The turkey book. An introduction to the successful breeding, incubation, rearing and fattening of the turkey. The turkey book. An introduction to the successful breeding, incubation, rearing and fattening of the turkey.. 1964.
- [3] Amirkhanov K, Igenbayev A, Nurgazezova A, Okuskhanova E, Kassymov S, Muslimova N, Yessimbekov Z. Research article comparative analysis of red and white Turkey meat quality. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2017;16:412-6.
- [4] Sabzali S, Jalilzadeh A. The effect of Sodium Alginate Based Edible Coating Containing Wild Garlic on Microbial, Chemical and Sensorial Characteristics of Veal Fillet in Refrigerated condition. *Food Science and Technology*. 2019;15(85):425-35.
- [5] Hayes R. Food microbiology and hygiene. Springer Science & Business Media; 2013 Mar 9.
- [6] Maleki, M., & Mohsenzadeh, M. (2022). Biodegradable Nanocomposite Film Based on Carboxymethyl Cellulose/Persian Gum Containing TiO₂ and Fennel Essential Oil: Investigation of Chemical, Antimicrobial, and Sensory Properties on Rainbow Trout Fillet. *Journal of Polymers and the Environment*, 30(8), 3316-3326.
- [7] Ojagh SM, Rezaei M, Razavi SH, Hosseini SM. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food chemistry*. 2010;120(1):193-8.
- [8] Baldwin EA, Hagenmaier R, Bai J, editors. Edible coatings and films to improve food quality. CRC press; 2011..
- [9] Hasannia M, Ariaai P, Fattahi E. The effect of extraction methods on phenolic and tocopherol content and antioxidant properties of dill extracts (*Anethum graveolens*). *JFST* No.57, Vol.13, Nov 2016..
- [10] Rahnemoon P, Sarabi Jamab M, Javanmard Dakheli M, Bostan A. The effect of alginate coating containing pomegranate peel extract on shelf life, texture and color characteristics of chicken breast meat. *Innovative Food Technologies*. 2018;5(4):583-96..
- [11] Zarali, M., Hojjati, M., Didehban, S.T., Jooineh, H. 2016. Evaluation of chemical composition and antibacterial activities of *Echinophora cinerea* Boiss and *Stachys lavandulifolia* Vahl essential oils in vitro. *Journal of Food Science and Technology*, 13(52): 1-12.
- [12] Kakhki, M. T., Sedaghat, N., & Mohsenzadeh, M. (2020). Chemical composition, antioxidative, antibacterial, and time-kill activities of some selected plant essential oils against foodborne pathogenic and spoilage organisms. In *Veterinary Research Forum* (Vol. 11, No. 4, p. 339). Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.
- [13] Azizian A, Khanzadi S, Hashemi M, Azizzadeh M. Inhibitory Effect of Nano-gel/Emulsion of Chitosan Coating Incorporated with *Ziziphora Clinopodioides* Essential Oil and Nisin on *Escherichia coli* O157: H7 Inoculated in Beef at Cold Storage Condition. *Journal of Nutrition, Fasting and Health*. 2019;7(2):103-9.
- [14] Dabowl, A. E., & Mohsenzadeh, M. (2021, December). Physicochemical, antioxidant, antibacterial and antibiofilm activity of *Carum copticum* essential oil nanoemulsion on *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes*. In *Veterinary Research Forum* (Vol. 12, No. 4, p. 437). Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.
- [15] Bakhtiari Z. ۱۴۰۰. Evaluation of the effect of nanochitosan coating containing sea buckthorn essential oil on controlling the growth of *Staphylococcus aureus* in rainbow salmon meat stored in the refrigerator. Doctoral Thesis of Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Veterinary Medicine.

- [16] Valero, M., & Salmeron, M. 2003. Antibacterial activity of 11 essential oils against *Bacillus cereus* in tyndallized carrot broth. *International Journal of Food Microbiology*, 85(1): 73-81.
- [17] Rabiey S, Hosseini H, Rezaei M. The Hurdle Effect of *Bunium persicum* Essential Oil, Smoke and NaCl for Controlling the *Listeria monocytogenes* Growth in Fish Model Systems. *Journal of Food Safety*. 2013;33(2):137-44.
- [18] Elliot EL, Kvenberg JE. Risk assessment used to evaluate the US position on *Listeria monocytogenes* in seafood. *International Journal of Food Microbiology*. 2000;62(3):253-60.
- [19] Khedri N, Roomiani L. Effects of zataria multiflora essential oil nanoemulsion on chemical, microbial and sensory properties of silver carp fillets. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 2019;14(3):63-74.
- [20] AOAC. Official methods of analysis of association of analytical chemists. 16th ed. Washington, DC, USA; 1995.21 Gbassi GK, Vandamme T, Yolou FS, Marchioni E. In vitro effects of pH, bile salts and enzymes on the release and viability of encapsulated *Lactobacillus plantarum* strains in a gastrointestinal tract model. *International Dairy Journal*. 2011 Feb 1;21(2):97-102.
- [21] Hartmans, K.J., Diepenhorst, P., Bakker, W., Gorris, L.G. 1995. The use of carvone in agriculture: sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other plant diseases. *Industrial Crops and Products*, 4(1): 3-13.
- [22] De Carvalho, C. C., & Da Fonseca, M. M. R. (2006). Carvone: Why and how should one bother to produce this terpene. *Food chemistry*, 95(3), 413-422.
- [23] Derakhshan S, Navidinia M, Ahmadi A. Antibacterial activity of Dill (*Anethum graveolens*) essential oil and antibiofilm activity of Cumin (*Cuminum cyminum*) alcoholic extract. *Infection Epidemiology and Microbiology*. 2017;3(4):122-6.
- [24] Nanasombat, S., & Wimuttigosol, P. (2011). Antimicrobial and antioxidant activity of spice essential oils. *Food Science and Biotechnology*, 20, 45-53.
- [25] Derakhshan S, Navidinia M, Ahmadi A. Antibacterial activity of Dill (*Anethum graveolens*) essential oil and antibiofilm activity of Cumin (*Cuminum cyminum*) alcoholic extract. *Infection Epidemiology and Microbiology*. 2017;3(4):122-6.
- [26] Bahramikia, S., Yazdanparast, R. 2008. Antioxidant and free radical scavenging activities of different fractions of *Anethum graveolens* leaves using in vitro models. *Pharmacology Online*, 2: 233-219..
- [27] Raeisi M, Tabaraei A, Hashemi M, Behnampour N. Effect of sodium alginate coating incorporated with nisin, *Cinnamomum zeylanicum*, and rosemary essential oils on microbial quality of chicken meat and fate of *Listeria monocytogenes* during refrigeration. *International Journal of Food Microbiology*. 2016;238:139-45.
- [28] Rajaei A, Hadian M, Mohsenifar A, Rahmani-Cherati T, Tabatabaei M. A coating based on clove essential oils encapsulated by chitosan-myristic acid nanogel efficiently enhanced the shelf-life of beef cutlets. *Food Packaging and Shelf Life*. 2017;14:137-45.
- [29] Ehsani A, Naghibi SS, Aminzare M, Keykhosravi K, Hashemi M. Extraction of specific egg yolk antibodies and application in chitosan coating: effect on microbial and sensory properties of rainbow trout fillet during chilled storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019;99(5):2356-64.
- [30] Khosh manzar, M.; Mohammadi, M.; Hamishehkar, H.; Piruzifard, M.K. Nanophytosome as a Promising Carrier for Improving Cumin Essential Oil Properties. *Food Bioscience*. 2021; 42:101079, doi:10.1016/j.fbio.2021.101079.
- [31] Faramarzi Dozein R, Karimi A, Karimi E, Oskoueian E, Ghasemi M. Comparative study of phytochemical, antioxidant and anti-inflammatory properties of *Anethum graveolens* L., *Bunium persicum* L., *Achillea millefolium* L. and *Syzygium aromaticum* extracts. *Ecophytochemistry journal of Medicinal Plants*. 2021; 9(4): 43-58..

- [32] Zeilab Sendijani R, Abedian Kenari A, Smiley AH, Esmaili N. The effect of extract from dill *Anethum graveolens* on the growth performance, body composition, immune system, and antioxidant system of rainbow trout. *North American Journal of Aquaculture*. 2020; 82(2):119-31.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The antimicrobial effect of edible alginate-gelatin coating containing emulsion and nanoemulsion of dill (*Anethum graveolens*) essential oil against *Listeria monocytogenes* inoculated into turkey meat

Haniye Asefi¹, Mohammad Mohsenzadeh^{2*}, Mohammad Maleki³, Roya Rezaeian-Doloei^{4,5}

1- Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), POBox: 9177948974, Mashhad, Iran

2- Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), POBox: 9177948974, Mashhad, Iran

3- Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), POBox: 9177948974, Mashhad, Iran

4- Department of Agricultural Sciences, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

5 - Department of Agricultural Sciences, Arid Environments Research center, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2023/5/26

Accepted: 2024/11/24

Keywords:

Antimicrobial edible coating,

Alginate,

Gelatin,

Dill essential oil nanoemulsion,

Listeria monocytogenes

DOI: 10.22034/FSCT.22.163.121.

*Corresponding Author E-

mohsenzadeh@um.ac.ir

royarezaeian@mshdiau.ac.ir

In this study, the effect of sodium alginate-gelatin edible coating (2% / 2%) containing dill essential oil emulsion (16 and 32 mg/ml) and dill essential oil nanoemulsion (16 and 32 mg/ml) during the storage period of turkey meat at 4 °C was investigated. The main components of the essential oil were measured using GC-MS, which included α -phellandrene (51.89%), carvone (10.21%), and limonene (8.26%). The minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) of dill essential oil emulsion against *Listeria monocytogenes* were 8 mg/ml and 16 mg/ml, respectively, and the MIC and MBC of dill nanoemulsion were 2 mg/ml and 4 mg/ml, respectively. On day 12, the bacterial count in the control treatment was Log 8.1 CFU/g, in the gelatin-alginate coating treatment Log 7.75, in the emulsion treatment Log 7.34, and in the dill essential oil nanoemulsion treatment Log 6.57 CFU/g. With increasing dill essential oil concentration, antimicrobial properties increased, and the treatment containing nanoemulsion had a better effect in controlling the growth of *Listeria monocytogenes* compared to the essential oil emulsion. The lowest thiobarbituric acid (TBA) levels were found in the dill essential oil emulsion (0.68 mg MDA/kg) and nanoemulsion (0.41 mg MDA/kg) treatments. The essential oil treatments had lower pH during the period than the control sample and showed lower TVN levels. The results showed that sodium alginate-gelatin edible coating containing dill essential oil emulsion and nanoemulsion had a positive effect on controlling the growth of *Listeria monocytogenes*, oxidation factors, and sensory properties in turkey meat.



بررسی اثر مهاری عصاره پولک (*Stachys schtschegleevii*) بر استرپتوکوکوس تولیدکننده بیوفیلیم در شرایط آزمایشگاهی

حامد جعفرزاده^{۱*}، بیوک آقا فرمانی^۲

^۱استادیار گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز

^۲دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۵

کلمات کلیدی:

بیوفیلیم،

ترکیبات زیست فعال،

/استرپتوکوکوس،

عصاره پولک.

DOI:10.22034/FSCT.22.163.138.

* مسئول مکاتبات:

jafarzadeh.hamed@tabrizu.ac.ir

بیوفیلیم ها به عنوان شکل طبیعی زندگی برای برخی از باکتری ها عمل می کنند، که در گونه های بیماری زا، عوامل حیاتی در ایجاد بیماری های عفونی می باشند. هدف از این تحقیق بررسی اثرات ضد میکروبی عصاره *Stachys schtschegleevii* بر روی باکتری /استرپتوکوکوس تولیدکننده بیوفیلیم جدا شده از سیستم آبرسانی مزارع صنعتی پرورش پोलت تخمگذار بود. نتایج تولید بیوفیلیم با روش صفحه کشت بافت (TCP) تعیین شد و نشان داد که هر دو گونه /استرپتوکوکوس جداسازی شده توانایی تولید بیوفیلیم را داشتند. به منظور بررسی فعالیت ضد میکروبی، عصاره پولک در غلظت 200 mg mL^{-1} و کمتر (با تهیه رقت سریالی) تهیه شد. ترکیبات زیست فعال عصاره که شامل محتوای فنولی کل، محتوای فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی بودند، به ترتیب $83 \text{ mg GAE mL}^{-1}$ ، 24 mg QE mL^{-1} و 65% بدست آمدند. فعالیت ضد میکروبی با بررسی حداقل غلظت مهاری (MIC) و حداقل غلظت باکتری کشی (MBC) عصاره اندازه گیری شد و با توجه به نتایج بدست آمده حداقل غلظت مهاری و حداقل غلظت باکتری کشی عصاره پولک برای /استرپتوکوکوس مشتق شده از منبع ذخیره آب (B4) به ترتیب در غلظت $12/5$ و 25 mg mL^{-1} و برای /استرپتوکوکوس حاصل از سیستم آبرسانی سالن طیور (S2-6) به ترتیب در غلظت 25 و 50 mg mL^{-1} مشاهده گردید. در این تحقیق تأثیر 3 L^{-1} هیپوکلریت سدیم بر بقاء و رشد باکتری های تحت مطالعه به روش انتشار در چاهک آگار بررسی شد که نتایج حاکی از آن بود که استرپتوکوکوس جدا شده از سیستم آبرسانی سالن طیور (S2-6) در مقابل آن مقاوم بود در حالی که جدایه B4 نسبت به آن حساس بود.

۱-مقدمه و بیان مسئله

آب نقش مهمی در سلامتی پرندگان دارد و اطمینان از کیفیت آب آشامیدنی برای حفظ سلامت آنها ضروری است. همچنین بخش قابل توجهی از بدن مرغ (۷۵-۵۵٪) از آب تشکیل شده است بنابراین کیفیت آب مصرفی طیور برای مصرف‌کننده نهایی یعنی انسان حائز اهمیت است [۱]. در اروپا، استانداردهای کیفیت آب آشامیدنی طیور از مقررات وضع شده برای آب آشامیدنی انسان استخراج شده است [۲]. در حال حاضر هیچ الزام قانونی برای ارزیابی آلودگی میکروبی خطوط آب شرب سالن‌های پرورشی طیور صنعتی وجود ندارد [۳]. در نتیجه، مسئولیت حفظ بهداشت خطوط آب در درجه اول بر عهده پرورش‌دهنده طیور است که معمولاً در فواصل بین دوره‌های پرورشی انجام می‌شود [۴].

استرپتوکوکوس‌ها طیف وسیعی از باکتری‌ها را در بر می‌گیرند که توانایی تشکیل بیوفیلم روی غشاهای مخاطی را دارند و بقای خود را افزایش می‌دهند. تشکیل بیوفیلم‌ها یک ویژگی مشترک در بین استرپتوکوکوس‌های همزیست و بیماری‌زا بوده که در استرپتوکوکوس‌های همزیست، بیوفیلم‌ها بخشی از شکل طبیعی زندگی آنها بوده، در حالی که در گونه‌های بیماری‌زا، بیوفیلم‌ها به‌عنوان عوامل حیاتی در ایجاد بیماری‌های عفونی شناخته شده‌اند [۵]. بیوفیلم‌ها جوامع میکروبی روی سطوح هستند که در داخل یک ماتریکس که خود تولید می‌کنند و متشکل از یک یا چند گونه باکتریایی است، محصور شده‌اند. بیوفیلم‌ها نقش برجسته‌ای در عفونت‌های انسانی دارند و بیش از ۸۰ درصد بیماری‌های میکروبی با تشکیل بیوفیلم مرتبط هستند و در بیوفیلم‌ها، افزایش مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌ها یک مشکل رایج است [۵].

از زمانی که خطوط آبرسانی در صنعت طیور مورد استفاده قرار می‌گیرند، میکروارگانیسم‌ها در سطوح داخلی آنها کلونیزه شده و با توسعه بیشتر به بیوفیلم تبدیل می‌شوند [۶]. باکتری‌های چسبیده تنها به میزان بسیار محدودی توسط روش‌های تمیز کردن و ضدعفونی تحت تأثیر قرار می‌گیرند

[۴ و ۷]. ناکارآمدی روش‌های مرسوم، ضرورت پیشرفت در مقابله با بیوفیلم‌ها را برجسته می‌کند [۸]. سال‌ها است که ضدعفونی‌کننده‌های بر پایه کلر در غلظت 3 mg L^{-1} به عنوان یک ضدعفونی‌کننده رایج به طور گسترده در خطوط آبرسانی طیور استفاده می‌شوند، این در حالی است که قرار گرفتن طولانی مدت در معرض کلر می‌تواند منجر به ایجاد مقاومت باکتریایی شود که اغلب با مقاومت متقاطع آنتی‌بیوتیکی نیز همراه است [۹]. بنابراین، رویکردهای نوآورانه برای مقابله با بیوفیلم و نیز مقاومت آنتی‌بیوتیکی و بیماری‌زایی گونه‌های باکتریایی ضروری است [۱۰]. از طرف دیگر نگرانی‌ها در مورد ظهور باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک منجر به توسعه افزودنی‌های غیرآنتی‌بیوتیکی شده است. روش‌های مختلفی مانند استفاده از بیوسیدها، آنتی‌بیوتیک‌ها و پوشش‌های یونی نیز برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۱]. اخیراً، علاقه فزاینده‌ای به گیاهان معطر و عصاره‌های آنها به عنوان محرک رشد و سلامتی وجود دارد [۱۲].

جنس *Stachys* به دلیل توانایی خود در تولید طیف گسترده‌ای از ترکیبات طبیعی از جمله اسیدهای فنولیک، فلاونوئیدها، گلیکوزیدهای فنیل اتانوئید و فنیل پروپانوئید، ساپونین‌ها، ایریدوئیدها، دیترپنوئیدها و استروئیدها مشهور است که این ترکیبات خواص بیولوژیکی مختلفی از خود نشان می‌دهند [۱۳ و ۱۴]. عصاره‌های گیاهی از ترکیبات بیوشیمیایی متعددی تشکیل شده‌اند که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی، ضد التهابی، ضد کوکسیدال و ضد کرم هستند [۱۵]. گیاه پولک متعلق به خانواده‌ای از گیاهان است که دارای تنوع بالایی بوده و حدود ۳۰۰ گونه در آن خانواده وجود دارند [۱۶]. در ایران تقریباً ۳۴ گونه مختلف از آن وجود دارد که ۱۳ گونه از آنها بومی هستند [۱۷] و پولک (*Stachys schtschegleevii*) یکی از همان ۳۴ گونه *Stachys* است که در طب سنتی برای درمان بیماری‌های التهابی تنفسی مانند آسم، سینوزیت و سرماخوردگی استفاده می‌شده است و همچنین به دلیل خاصیت ضدباکتریایی و اثربخشی آن در درمان روماتیسم و عفونت‌های دستگاه ادراری نیز شناخته شده است. علاوه بر

۳ روز در سایه خشک و با آسیاب دستی به پودر تبدیل شد. عصاره‌گیری پودر گیاه پولک از طریق روش ماسراسیون (روش سرد) با استفاده از حلال هیدروآتانولی ۷۰٪ (۷۰:۳۰) در دمای آزمایشگاه (۲۵°C) و همراه با همزدن در طی ۴ روز انجام گردید [۲۱]. جداسازی عصاره از تفاله گیاهی با استفاده از پارچه صافی صورت گرفت که در ادامه به وسیله اواپراتور تحت خلأ چرخان در دمای ۵۵°C اتانول از عصاره جداسازی شد. عصاره گیاهی به دست آمده تا زمان انجام آنالیزهای آزمایشگاهی به شیشه‌های تیره انتقال یافته و در یخچال نگهداری شدند [۲۱].

۲. تعیین ترکیبات زیست فعال

۲-۱- محتوی فنول کل

به منظور تعیین محتوای فنول کل، عصاره با استفاده از روش سینگلتن و همکاران [۲۲] در طول موج ۷۶۵ nm مورد ارزیابی قرار گرفت (JENWAY 6405 UV/Vis) که بر اساس میزان معادل میکروگرم اسید گالیک در میلی لیتر عصاره ($\mu\text{g GAE mL}^{-1} \text{ extract}$) بیان شد.

۲-۲- محتوی فلاونوئید کل

برای تخمین محتوای کل فلاونوئیدها، روش رنگ‌سنجی کلراید آلومینیوم در طول موج ۵۱۰ nm (JENWAY 6405 UV/Vis) بر روی ۵۰ μL عصاره انجام گرفت که محتوای کل فلاونوئیدها بر اساس میزان معادل میکروگرم کوئرستین در میلی لیتر عصاره ($\mu\text{g QE mL}^{-1} \text{ extract}$) گزارش شد [۲۳].

۲-۳- ظرفیت آنتی اکسیدانی

ظرفیت آنتی اکسیدانی توسط آزمون فعالیت بازدارندگی رادیکال DPPH^۴ و ارزیابی مقدار جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ nm اندازه‌گیری شد (JENWAY 6405 UV/Vis) [۲۴] و قدرت مهاری عصاره (۱۵۰ μL عصاره) به صورت درصد مهار DPPH با معادله زیر بیان شد:

این، عصاره متانولی مشتق شده از اندام هوایی *S.schtschegleevii* دارای خواص ضد درد و ضدالتهابی است [۱۸].

یکی از روش‌های تعیین فعالیت ضد میکروبی ترکیبات مختلف، روش رقیق‌سازی داخل محیط کشت براث^۱ برای بررسی حداقل غلظت مهاری (MIC^2) و حداقل غلظت باکتری‌کشی (MBC^3) آنها می‌باشد که رقت‌های دو برابری از عامل ضد میکروبی به یک محیط کشت مایع در صفحه میکروتیتراسیون ۹۶ چاهکی افزوده شده و سپس سوسپانسیون میکروبی استاندارد شده با مقیاس نیم مک‌فارلند به هر چاهک تلقیح شده و تحت شرایط کنترل شده انکوبه شده و رشد میکروبی با استفاده از اسپکتروفتومتر یا دستگاه خوانشگر میکروپلیت ارزیابی می‌شود [۱۹].

در مطالعه چیت‌ساز و همکاران (۱۳۸۵)، اسانس، عصاره آبی (جوشانده) و عصاره متانولی گیاه پولک بر روی چهار گونه باکتریایی شامل استرپتوکوکوس پیوژنز، استافیلوکوکوس اورئوس، اشریشیا کلای و سودوموناس آئروجینوزا به صورت مقایسه‌ای مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاکی از آن بود که عصاره متانولی اثر مهارکننده قابل توجهی بر روی استرپتوکوکوس پیوژنز و استافیلوکوکوس اورئوس داشت. در این تحقیق MIC و MBC برای استرپتوکوکوس پیوژنز برابر بوده و مقدار آن $12/5 \text{ mg mL}^{-1}$ بود [۲۰].

مطالعه حاضر به منظور بررسی فعالیت ضد میکروبی عصاره گیاه پولک بر روی باکتری/استرپتوکوکوس تولیدکننده بیوفیلم جدا شده از خطوط آبرسانی مزارع صنعتی پرورش پोलت تخمگذار طراحی شد.

۲- مواد و روش‌ها

۱. تهیه عصاره هیدروآتانولی گیاه پولک (*Stachys*)

(*schtschegleevii*)

به منظور تهیه عصاره گیاه پولک، ابتدا برگ و گل گیاه از منطقه ارسباران جمع‌آوری شد و در دمای ۲۵°C و طی مدت

3 -Minimum Bactericidal Concentration

4- 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl

1 -Broth dilution method

2- Minimum Inhibitory Concentration

$$\% \text{ مهار} = (A_c - A_s / A_c) \times 100$$

که در آن A_c جذب محلول شاهد (DPPH) و A_s جذب نمونه است.

۳- جداسازی و شناسایی جنس/ستریتوکوکوس

سویه‌های باکتریایی به‌دست‌آمده از نمونه‌های آب مزارع صنعتی پرورش پולت تخمگذار جداسازی شدند و سپس توسط آزمایشگاه میکروبیولوژی مورد بررسی و شناسایی قرار گرفتند. سویه‌ها در محیط کشت BHI آگار (Merck 1.13825.0500) رشد و نگهداری شدند [۲۵]. هر ایزوله بر اساس رنگ‌آمیزی گرم، شکل، اندازه و نحوه آرایش آن در کشت خالص از نظر مورفولوژیکی شناسایی گردید. کوکسی‌های گرم مثبت با اندازه متوسط و بدون اسپور، تحت بررسی بیوشیمیایی بیشتری قرار گرفتند. در این مرحله آزمایش‌های اکسیداز (Merck Cat # 13300)، کاتالاز (Merck Cat # 11351) و کشت در محیط کشت اکسیداتیو-فرمانتاتیو (Merck Cat # 10282) انجام شد. در آزمایش اکسیداز، کلنی خالص باکتریایی با استفاده از آنس حلقوی روی ناحیه‌ای که چند قطره کوچک از محلول آماده شده کیت بر روی آن قرار داده شده بود، پخش گردید. بعد از چند دقیقه رنگ محلول مورد بررسی قرار گرفت. در تست کاتالاز یک قطره سرم فیزیولوژی روی لام گذاشته شد و کلنی خالص باکتریایی در سرم فیزیولوژی حل گردید و سپس یک قطره آب اکسیژنه (پراکسید هیدروژن) به سرم فیزیولوژی اضافه شد و نتیجه مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت سویه‌های باکتریایی که توانایی تولید بیوفیلم را داشتند در این مطالعه بررسی شدند [۲۶].

۴- تولید بیوفیلم به روش صفحه کشت بافت (TCP)^۵

در روش صفحه کشت بافت ابتدا کلنی‌ها از محیط کشت آگار در لوله‌ای حاوی محیط کشت تریپتیک سوی برای (TSB^6) (Merck 1.05459.0500) در انکوباتور $(37^\circ C)$ و $24h$ قرار داده شدند، سپس سوسپانسیون میکروبی با طول

موج مشخص تهیه و به میکروپلیت‌های ۹۶ خانه‌ای منتقل شد. به این ترتیب، $20 \mu L$ سوسپانسیون میکروبی و $180 \mu L$ محیط TSB به هر چاهک اضافه و در دمای $37^\circ C$ به مدت $24h$ انکوبه گردید. در این تحقیق برای هر باکتری، تولید بیوفیلم در سه تکرار با $180 \mu L$ محیط کشت TSB بررسی شد، به این ترتیب $180 \mu L$ محیط کشت و سوسپانسیون میکروبی در تمامی چاهک‌ها اضافه شد. در پایان، ۵ تا ۶ چاهک به عنوان شاهد منفی انتخاب شده و $180 \mu L$ از محیط کشت TSB در هر چاهک ریخته شد [۲۷].

پس از $24h$ انکوباسیون، به منظور اندازه‌گیری میزان تولید بیوفیلم در هر چاهک، محتویات میکروپلیت‌های ۹۶ خانه‌ای به طور کامل تخلیه و با آب مقطر شسته شدند. پس از شستشو، $200 \mu L$ متانول ۹۹٪ به هر چاهک اضافه گردید و تثبیت به مدت 15 min در دمای اتاق انجام شد. سپس محتویات چاهک‌ها دور ریخته شد و میکروپلیت به مدت یک ساعت در دمای اتاق قرار گرفت تا خشک شود. چاهک‌ها با $200 \mu L$ کریستال ویوله ۱٪ (Neutron pharmacchemical Co. C.I. 42555) به مدت 15 min در دمای اتاق رنگ‌آمیزی شدند و ۳ بار با آب مقطر شسته شدند [۲۸]. در مرحله آخر، $200 \mu L$ اسید استیک گلاسیال ۳۰٪ (Merck CAS # 100063) به هر چاهک اضافه و میکروپلیت به مدت 30 min در دمای اتاق قرار گرفت. جذب نوری چاهک‌ها در 570 nm با دستگاه خوانشگر الیزا (Hiperion Microplate reader, MPR4+) اندازه‌گیری گردید [۲۹]. میانگین چگالی نوری (AOD^7) سه چاهک، در مقایسه با چاهک شاهد تعیین شد. نتایج به‌عنوان عدم تشکیل بیوفیلم: الف) زمانی که میانگین چگالی نوری کوچکتر یا مساوی چاهک کنترل بود، ب) تشکیل بیوفیلم ضعیف: زمانی که میانگین چگالی نوری کمتر از دو برابر چاهک شاهد بود، ج) ایجاد و توسعه بیوفیلم: زمانی که میانگین چگالی نوری بیش از دو برابر چاهک شاهد و د) تشکیل بیوفیلم قوی: زمانی که

7- Average Optical Density

5 -Tissue Culture Plate

6 -Tryptic soy broth

میانگین چگالی نوری بیش از چهار برابر چاهک شاهد بود، ثبت شد.

۵- تعیین اثرات عصاره پولک بر گونه‌های

استرپتوکوکوس در شرایط آزمایشگاهی (*In vitro*)

۵-۱- تعیین اثر مهارى عصاره پولک بر گونه‌های

استرپتوکوکوس در شرایط *In vitro* با آزمون‌های MIC⁸ و MBC⁹

به منظور انجام تست MIC، در تمامی چاهک‌های میکروپلیت به غیر از چاهک اول ۱۰۰ μL محیط کشت مولر هیتون براث (Merck 1.10293.0500) و سپس رقت‌های متوالی عامل ضد میکروبی (عصاره پولک) تهیه و ریخته شد. چاهک اول فقط حاوی ۱۰۰ μL عصاره پولک و دومین چاهک حاوی ۱۰۰ μL محیط کشت و ۱۰۰ μL عصاره پولک بود. از چاهک دوم تا چاهک شماره ۹ رقت‌سازی ادامه یافت. بعد از اتمام مرحله رقت‌سازی، از چاهک ۹، ۱۰۰ μL برداشته شد تا در تمامی چاهک‌ها ۱۰۰ μL محلول داشته باشیم که حاوی رقت‌های متوالی عصاره پولک باشند. در چاهک شماره ۱۰ عصاره پولک افزوده نشده و به عنوان کنترل باکتری بود که بدلیل عدم وجود عصاره پولک نتیجه مثبت بود. چاهک شماره ۱۱ فاقد عصاره و همچنین باکتری در نظر گرفته شد که به عنوان کنترل محیط کشت بود. نتیجه آزمایش در چاهک آخر که به عنوان کنترل عصاره پولک و فاقد باکتری بود، منفی بدست آمد (جدول ۳).

در مرحله بعد باکتری‌های *استرپتوکوکوس* با قابلیت تولید بیوفیلم به مدت ۲۴ h کشت و کدورت استاندارد نیم مک‌فارلند (۱/۵ × ۱۰^۸ CFU mL^{-۱۱}) تهیه و به چاهک‌ها اضافه شد. ۲۰ μL هم معرف رزازورین^{۱۱} (SIGMA-) (ALDRICH Lot # MKCL9251) به چاهک‌ها افزوده شد تا به رنگ آبی مشاهده گردد [۳۰]. مقادیر نیم مک‌فارلند باکتری و معرف رزازورین به صورت یکجا در محیط کشت

براث آماده شد. در چاهک اول که فاقد محیط کشت بود رقت یکصدم از نیم مک‌فارلند و در دو چاهک آخر هم رزازورین خالص ریخته شد. سپس در انکوباتور به مدت ۲۴h در دمای ۳۷°C گذاشته و پس از آن تغییرات رنگ چاهک‌ها بررسی گردید. باکتری‌ها با رشد خود و تغییر pH باعث تغییر رنگ معرف از آبی به قرمز گردیدند (تصویر ۱). بررسی قابلیت مهار پاتوژن‌ها توسط روش پانچ با آنس نوک‌تیز^{۱۲} روی پلیت حاوی محیط کشت آگار انجام گردید [۳۰]. چاهک مشخص‌شده در آزمون MBC به همراه یک چاهک قبل و یک چاهک بعد از آن برای انجام این تست انتخاب شدند که برای حصول اطمینان بیشتر و مشاهده مهار رشد و از بین رفتن باکتری‌ها از تعداد بیشتری چاهک برداشته و روی یک میکروپلیت به صورت نقطه‌ای کشت داده شد (تصویر ۲).

به این صورت که ۲ μL از محیط کشت حاوی باکتری و عصاره پولک برای کشت نقطه‌ای به پلیت دارای محیط کشت MRS agar^{۱۳} (Merck 1.10660.0500) منتقل گردید، پلیت‌ها پس از خنک شدن در دمای اتاق، گرمخانه‌گذاری (۳۷°C و ۲۴h) شدند. بعد از مدت زمان مذکور رشد و عدم رشد باکتریایی برای تعیین اثر ضد میکروبی بررسی گردید [۳۰].

۵-۲- تعیین اثرات هیپوکلریت سدیم بر روی گونه‌های

استرپتوکوکوس در شرایط آزمایشگاهی

در این تحقیق تأثیر غلظت ۳ mg L^{-۱} هیپوکلریت سدیم (نوترون شیمی) بر بقاء و رشد باکتری‌های تحت مطالعه به روش انتشار در چاهک آگار بررسی شد [۳۱]. غلظت نیم مک‌فارلند از کشت باکتریایی گونه‌های *استرپتوکوکوس* تهیه و توسط یک سواب پنبه‌ای استریل در یک پلیت روی محیط کشت مولر هیتون آگار (Merck 1.05437.0500) به ضخامت ۵ mm که قبلاً چاهکی به قطر ۶ mm در مرکز آن

11 -Resazurin sodium salt

12 -Inoculating by needle

13 -De Man-Rogosa-Sharpe agar

8 -Minimum Inhibitory Concentration

9- Minimum Bactericidal Concentration

10 -Colony Forming Unit

SPSS (نسخه ۲۳، ایالات متحده آمریکا) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد ($p < 0.05$). کلیه تیمارها در سه تکرار ($n=3$) انجام گردید.

۳- نتایج و بحث

۱- تعیین ترکیبات زیست‌فعال عصاره

محتوای فنول کل، محتوای فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره پولک مورد مطالعه در جدول ۱ خلاصه شده است.

ایجاد شده بود، به طور یکنواخت پخش شد. $30 \mu\text{L}$ از محلول هیپوکلریت سدیم (3 mg L^{-1}) داخل چاهک ریخته شد و ۲۴ h در انکوباتور در دمای 37°C قرار داده شد. سپس مهار رشد میکروبی در اطراف چاهک بررسی و قطر ناحیه بازدارنده اندازه‌گیری و ثبت شد که در جدول ۴ همراه با نتایج برخی آزمایش‌های تشخیصی آمده است [۳۱].

تحلیل آماری

داده‌های این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی برای بررسی اثر غلظت‌های مختلف عصاره پولک بر /ستریپتوکوکوس تولیدکننده بیوفیلم با استفاده از نرم افزار

Table 1- Total phenolic content, Total Flavonoid and Antioxidant capacity of poulk extract

Scientific name	Total phenolics (mg GAE mL^{-1})	Flavonoids (mg QE mL^{-1})	Antioxidant capacity (%)
<i>Stachys schtschegleevii</i>	83 ± 2.6	24 ± 3.5	65 ± 2.5

با چاهک شاهد، از نظر تولید بیوفیلم ضعیف بود. همچنین میانگین چگالی نوری سه چاهک مورد استفاده برای بررسی قابلیت تولید بیوفیلم گونه /ستریپتوکوکوس جدا شده از منبع سیستم آبرسانی سالن (S2-6) 0.458 بدست آمد و با توجه به تفاضل آن با چاهک کنترل، این جدایه دارای قدرت تولید بیوفیلم بالایی بود (جدول ۲).

۲- تولید بیوفیلم به روش صفحه کشت بافت (TCP)

به منظور بررسی تولید بیوفیلم با روش صفحه کشت بافت (TCP)، چگالی نوری چاهک‌ها در 570 nm توسط یک خوانشگر الیزا ارزیابی شدند [۲۹]. میانگین چگالی نوری سه چاهک مورد مطالعه در گونه /ستریپتوکوکوس بدست آمده از منبع ذخیره آب (B4) 0.217 بود که با توجه به تفاوت آن

Table 2- Biofilm production by Tissue Culture Plate (TCP) method.

Sample	Obtained biofilm production	
	B4 (Storage)	S2-6 (Hall)
ELISA Titer*	0.217	0.458
Difference with Titer	0.131	0.462
Interpretation	weak	Strong

*ELISA titers (reported as mean) are obtained at 570 nm wavelength ($n=3$).

۳-۱- حداقل غلظت مهاری و حداقل غلظت کشندگی

باکتریایی عصاره

۳- اثر عصاره پولک بر گونه‌های /ستریپتوکوکوس در شرایط آزمایشگاهی:

Table 3- The results of MIC and MBC tests of Poulk extract on *Streptococci spp.*

Poulk extract concentration (mg mL^{-1})											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Sample location	Test type	200	100	50	25	12.5	6.25	3.125	1.56	0.78	Bacterial control	Culture medium control	Extract control 2
Storage (B4)	MIC	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
	MBC	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-
Hall (S2-6)	MIC	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-
	MBC	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-

تصویر ۲ نیز نتایج بررسی قابلیت مهار پاتوژن‌ها توسط روش پانچ با آنس نوک‌تیز روی پلیت حاوی محیط کشت آگار مشاهده می‌شود که چاهک مشخص شده در آزمون MBC به همراه چندین چاهک قبل و بعد از آن برای انجام برای حصول اطمینان بیشتر و مشاهده مهار رشد و از بین رفتن باکتری‌ها روی یک میکروپلیت به صورت نقطه‌ای کشت داده شد که در این آزمایش نیز نتایج آزمون MBC مشاهده شده در جدول ۳ مورد تأیید قرار گرفت.

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، حداقل غلظت مهاری و حداقل غلظت باکتری‌کشی عصاره پولک برای گونه /ستریپتوکوکوس جداسازی شده از منبع ذخیره آب (B4) به ترتیب در غلظت ۱۲/۵ و 25 mg mL^{-1} و برای گونه /ستریپتوکوکوس بدست آمده از سیستم آبرسانی سالن طیور (S2-6) به ترتیب در غلظت ۲۵ و 50 mg mL^{-1} مشاهده گردید که نتایج آن نیز در تصویر ۱ مشاهده می‌شود. در

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

A) MIC test, after incubation (Storage: B4)



B) MIC test, after incubation (Hall: S2-6)



Figure 1- MIC tests by Resazurin reagent: A) After incubation (Storage) and B) After incubation (Hall).

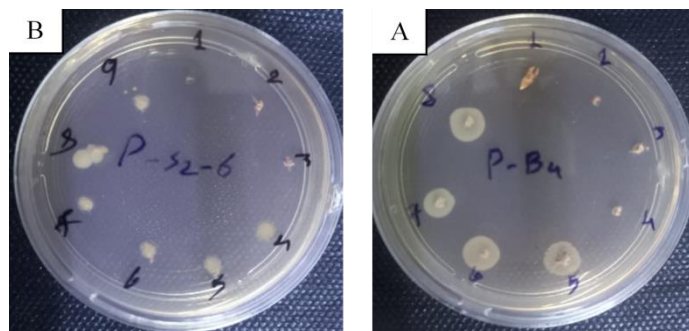


Figure 2- To ensure more certainty the inhibition of growth and destruction of bacteria, they were taken from wells and cultured on a microplate as a spot. A) Microplate (Storage: B4) – MBC – B) Microplate (Hall: S2-6) – MBC.

۴- تعیین اثرات هیپوکلریت سدیم (3 mg L^{-1}) (جدول ۴ و تصویر شماره ۳) بر جدایه‌های بدست آمده، دو جدایه بدست آمده از فارم پرورش پولت تخمگذار، دو گونه /ستریپتوکوکوس بوده که تفاوت آنها در اندازه هاله عدم رشد در برابر هیپوکلریت سدیم بیانگر تفاوت آنها از

تعیین اثرات هیپوکلریت سدیم (3 mg L^{-1}) بر گونه‌های /ستریپتوکوکوس در شرایط آزمایشگاهی با توجه به نتایج آزمون‌های بیوشیمیایی که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، و نیز بررسی تأثیر هیپوکلریت سدیم (mg)

نظر میزان مقاومت باکتریایی در مقابل یکی از ضد عفونی کننده های مرسوم در صنعت طیور می باشد.

Table 4- Morphological characteristics, enzymatic activity of isolated bacteria and the effect of 3 mg L⁻¹ NaClO on *Streptococci* spp.

Sample location	NaClO (3 mg L ⁻¹)					CI Inhibitory zone (mm)	Biofilm**
	Catalase	Oxidase	OF*	Morphology	Genus		
Storage (B4)	-	-	F	Cocci	<i>Streptococcus</i>	8	+
Hall (S2-6)	-	-	F	Cocci	<i>Streptococcus</i>	0	+

*Oxidative-Fermentative Test, ** Both had the ability to form biofilm.

سیتوکروم اکسیداز بوده و نتیجه تست اکسیداز منفی شد. در آزمایش کاتالاز در صورت مثبت شدن تست، حباب های زیادی بایستی مشاهده می شد که با توجه اینکه هیچ گونه حبابی مشاهده نگردید، نتیجه آزمایش کاتالاز نیز منفی بود.

در جدول ۴ در آزمون اکسیداز با توجه به اینکه هیچ گونه تغییری در رنگ محلول به وجود نیامد، باکتری های مورد آزمایش فاقد آنزیم

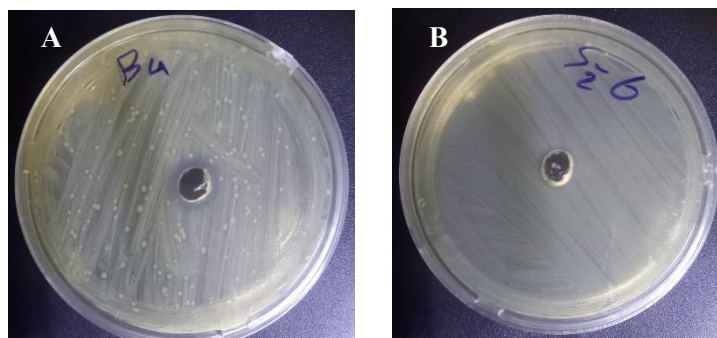


Figure 3- Agar well diffusion tests using NaClO solution: A) *Streptococci* spp. derived from storage (B4), B) *Streptococci* spp. derived from Hall (S2-6) water supply system.

در این مطالعه، باکتری های تشکیل دهنده بیوفیلم در مزارع صنعتی پرورش پोलت بررسی و دو گونه /ستریتوکوکوس از منابع متفاوت جدا شد. مشخص شد که این گونه ها توانایی متفاوتی برای تولید بیوفیلم دارند و حتی این گونه ها حساسیت متفاوتی نسبت به تیمار و همچنین ضد عفونی کننده های معمول نشان دادند. بیوفیلم میکروارگانیسم ها شبکه ای را تشکیل می دهند که توسط یک ماتریکس خارجی از مواد پلیمری سلولی^{۱۴} احاطه شده است. این میکروارگانیسم ها می توانند به یک سطح بچسبند یا آزادانه در یک محیط مایع حرکت کنند. ساختار مواد پلیمری

نتایج آزمایش ها نشان داد عصاره هیدروآتانولی گیاه پولک دارای اثر بازدارندگی قوی در شرایط آزمایشگاهی بر گونه های /ستریتوکوکوس جدا شده از آب مزارع صنعتی پرورش پोलت تخمگذار که توانایی تولید بیوفیلم را داشتند، می باشد. گزارش های مختلفی در سراسر جهان در مورد اثرات ضد باکتریایی گیاه دارویی پولک (*Stachys schtschegleevii*) به ویژه در طب سنتی در جامعه ایران برای درمان برخی عفونت ها وجود دارد [۳۲ و ۳۳]، بنابراین در این تحقیق اثرات ضد باکتریایی عصاره پولک در شرایط آزمایشگاهی مطالعه گردید.

خارج سلولی بسیار پیچیده بوده و شامل پلی ساکاریدها، پروتئین‌ها، DNA خارج سلولی و محصولات جانبی متابولیک است [۳۴].

اثر بخشی ضد عفونی کننده‌ها در کنترل باکتری‌های تولیدکننده بیوفیلم به شدت به غلظت و مدت تماس بستگی دارد. طبق یافته فریز (۲۰۰۸)، یک ضد عفونی کننده موفق، ضد عفونی کننده‌ای است که بتواند بیش از ۹۹٪ بیوفیلم را به محض قرار گرفتن در معرض باکتری‌های تولیدکننده بیوفیلم از بین ببرد [۳۵]. باکتری‌های رایج ایجادکننده بیوفیلم در مرغداری و صنایع غذایی عبارتند از: *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus spp.*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Streptococcus agalactiae* [۱۱].

گزارش شده که عصاره‌های فعال به جای باکتری‌کشی [۳۶] باکتریواستاتیک بودند. این یافته مشابه فعالیت باکتریواستاتیک *S. glutinosa* در برابر ویبریولا بود که اخیراً گزارش شده است [۳۷]. فعالیت ضدباکتریایی *S. schtschegleevii* عمدتاً به دلیل قطبیت متوسط یا ترکیبات قطبی برای مثال، فنولیک‌ها در عصاره قطبی MeOH موجود هستند. همچنین فعالیت ضد میکروبی با سایر گونه‌های از جنس *Stachys* نیز گزارش شده است [۳۸، ۳۹ و ۴۰]. یافته‌های حاضر حداقل تا حدی از کاربردهای سنتی این گیاه به‌ویژه برای درمان عفونت‌های باکتریایی و التهاب حمایت می‌کند. تعدادی از تحقیقات در مورد فعالیت ضدباکتریایی و ضدقارچی گونه *Stachys* وجود دارد که نتایج مطالعه حاضر را تأیید می‌کند.

حداقل غلظت بازدارندگی (MIC) عصاره‌ها با روش میکروتیتر رزاورین تعیین شد [۴۱]. عصاره متانولی قوی‌ترین عصاره (محدوده حداقل غلظت ممانعت‌کنندگی $1.56-6.25 \text{ mg mL}^{-1}$) در بین عصاره‌ها بود. برخی از پلی‌فنول‌ها مانند الازیک و تانیک اسید، مکانیسم‌های مهار بیوفیلم قابل مقایسه‌ای را نشان می‌دهند. با این وجود، آنها به غلظت‌های بالاتر در مقایسه با فورانون‌ها برای ایجاد اثرات

معادل نیاز دارند [۴۲]. با توجه به اثرات سمی عصاره متانولی در تحقیقات قبلی، عصاره هیدروآتانولی به عنوان یک گزینه ایمن انتخاب شد تا محصول در صنایع مختلف مانند مرغداری‌ها و صنایع غذایی قابل استفاده گردد. عصاره هیدروآتانولی مورد استفاده در این تحقیق حداقل غلظت مهارکنندگی در محدوده $25 \text{ mg mL}^{-1} - 12/5$ برای گونه‌های /ستریتوکوکوس نشان داد که مشابه گزارش سارکر و همکاران (۲۰۰۷) بود و این دامنه به دلیل گونه‌های مختلف /ستریتوکوکوس جداسازی و مورد استفاده در این مطالعه بود [۴۱]. علاوه بر این، عصاره اتانولی سالم‌تر از عصاره متانولی است و می‌توان از آن برای محصولات انسانی، دامی و طیور نیز استفاده کرد.

نتایج ارائه شده در تصویرهای ۱ و ۲، همراه با داده‌های جدول ۳، نشان داد عصاره پولک حداقل غلظت کشندگی باکتریایی را در غلظت 25 mg mL^{-1} در برابر گونه /ستریتوکوکوس جدا شده از منبع و همچنین حداقل غلظت کشندگی باکتریایی را در غلظت 50 mg mL^{-1} علیه گونه /ستریتوکوکوس جدا شده از سیستم آبرسانی سالن شماره ۲ نشان داد.

مقایسه خواص ضدباکتریایی عصاره پولک با هیپوکلیت سدیم (3 mg L^{-1}) بدین منظور بود که آیا امکان استفاده از چنین عصاره‌هایی به عنوان جایگزین ضد عفونی کننده‌های مرسوم در صنعت طیور وجود دارد یا خیر. با توجه به اینکه مقادیر مواد مؤثره که شرط لازم برای مقایسه قدرت بازدارندگی عصاره با هیپوکلیت سدیم می‌باشد، یکسان نبود، قطر ناحیه بازدارنده برای عصاره اندازه‌گیری نشد و قطر ناحیه بازدارنده فقط برای بررسی مقاومت گونه‌های /ستریتوکوکوس در برابر هیپوکلیت سدیم و همچنین تفاوت بین گونه‌های جدا شده مورد بررسی قرار گرفت. بررسی اثر هیپوکلیت سدیم نشان داد که گونه جدا شده از سالن نسبت به گونه جدا شده از منبع قوی‌تر است که در مقابل هیپوکلیت هاله عدم رشد را نشان نمی‌دهد و در مواجهه با عصاره، گونه به‌دست آمده از سالن مقاومت بیشتری از خود نشان داد که بر این اساس می‌توان گفت عصاره پولک علاوه

استرپتوکوکوس با قابلیت تولید بیوفیلم جداسازی شده از سیستم آبرسانی مزارع صنعتی پرورش پोलت تخمگذار بود و عملکرد آن در برابر گونه‌های استرپتوکوکوس به صورت باکتری‌کشی بود. امیدواریم تحقیقات آتی بتواند جزئیات مواد مؤثره در عصاره گیاه پولک و همچنین نقش و سهم هر یک از این مواد مؤثره در اثرات ضدباکتریایی را روشن کند.

۵-قدردانی

پژوهش حاضر با حمایت مالی دانشگاه تبریز (شماره ۳/ص، ۱۴۰۳/۰۲/۱۹) انجام شد.

۶-تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ تعارض منافی وجود ندارد.

بر خواص مختلف اثبات شده، نسبت به این روش متداول ضدعفونی، عملکرد بهتری در برابر گونه‌های باکتریایی نظیر استرپتوکوکوس دارد و از طرف دیگر، برای مصرف کننده مضر نبوده و به صورت خوراکی نیز قابل استفاده است.

۴-نتیجه‌گیری

جایگزینی ترکیبات شیمیایی و به نوعی مضر با محصولات ارگانیک و گیاهی باعث ارتقاء مدیریت رشد و توسعه باکتری‌های ایجادکننده بیوفیلم می‌شود و حتی مؤثرتر از سیستم‌های ضدعفونی مرسوم در مزارع صنعتی عمل می‌نماید، بدون اینکه مخاطرات آسیب رساندن ضدعفونی کننده‌های شیمیایی به مصرف کننده وجود داشته باشد. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که عصاره اتانولی گیاه پولک دارای اثر ضدباکتریایی قوی بر گونه‌های

۷-منابع

- [1] Mohammed, A.N., Mohamed, D.A., Mohamed, M.B.E. and El Bably, M.A. (2020). Assessment of Drinking Water Quality and New Disinfectants for Water Treatment in a Small Commercial Poultry Farm. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 10(4), 206-212.
- [2] Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety. (2002). *Official Journal*, L 31, 1-24.
- [3] Di Martino, G., Piccirillo, A., Giacomelli, M., Comin, D., Gallina, A., Capello, K., Buniolo, F., Montesissa, C. and Bonfanti, L. (2018). Microbiological, chemical and physical quality of drinking water for commercial turkeys: a cross-sectional study. *Poultry science*, 97(8), 2880-2886.
- [4] Maes, S., Vackier, T., Nguyen Huu, S., Heyndrickx, M., Steenackers, H., Samper, I., Raes, K., Verplaetse, A., and De Reu, K. (2019). Occurrence and characterisation of biofilms in drinking water systems of broiler houses. *BMC microbiology*, 19(1), 77.
- [5] Yadav, P., Verma, S., Bauer, R., Kumari, M., Dua, M., Johri, A. K., Yadav, V. and Spellerberg, B. (2020). Deciphering Streptococcal Biofilms. *Microorganisms*, 8(11), 1835.
- [6] Mateus-Vargas, R.H., Kemper, N., Volkmann, N., Kietzmann, M., Meissner, J. and Schulz, J. (2019). Low-frequency electromagnetic fields as an alternative to sanitize water of drinking systems in poultry production? *PLOS ONE*, 14(7), e0220302.
- [7] Böger, R., Rohn, K., Kemper, N. and Schulz, J. (2020). Sodium Hypochlorite Treatment: The Impact on Bacteria and Endotoxin Concentrations in Drinking Water Pipes of A Pig Nursery. *Agriculture*, 10(3):86.
- [8] Zhang, L., Liang, E., Cheng, Y., Mahmood, T., Ge, F., Zhou, K., Bao, M., Lv, L., Li, L., Yi, J., Lu, C. and Tan, Y. (2020). Is combined medication with natural medicine a promising therapy for bacterial biofilm infection?. *Biomedicine & pharmacotherapy*, 128, 110184.
- [9] Xiao, X., Bai, L., Wang, S., Liu, L., Qu, X., Zhang, J., Xiao, Y., Tang, B., Li, Y., Yang, H. and Wang, W. (2022). Chlorine Tolerance and Cross-Resistance to Antibiotics in Poultry-Associated *Salmonella* Isolates in China. *Frontiers in microbiology*, 12, 833743.
- [10] Stewart P.S. (2015). Prospects for Anti-Biofilm Pharmaceuticals. *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland)*, 8(3), 504-511.
- [11] Mondal, D. (2022). Effect of Biofilm on Production of Poultry. IntechOpen.
- [12] Brenes, A. and Eugeni, R. (2010). Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*

- *Animal Feed Science and Technology*, 158. 1-14.
- [13] Bahadori, M.B., Zengin, G., Dinparast, L. and Eskandani, M. (2020). The health benefits of three Hedgenettle herbal teas (*Stachys byzantina*, *Stachys inflata*, and *Stachys lavandulifolia*)—profiling phenolic and antioxidant activities. *European Journal of Integrative Medicine*, 36:101134.
- [14] Sadeghi, H., Mansourian, M., Panahi Kokhdan, E., Salehpour, Z., Sadati, I., Abbaszadeh-Goudarzi, K., Asfaram, A. and Doustimotlagh, A.H. (2020). Antioxidant and protective effect of *Stachys pilifera* Benth against nephrotoxicity induced by cisplatin in rats. *Journal of food biochemistry*, 44(5), e13190.
- [15] Alem, W.T. (2024). Effect of herbal extracts in animal nutrition as feed additives. *Heliyon*, 10(3), e24973.
- [16] Shakeri, A., D'Urso, G., Taghizadeh, S.F., Piacente, S., Norouzi, S., Soheili, V., Asili, J. and Salarbashi, D. (2019). LC-ESI/LTQOrbitrap/MS/MS and GC-MS profiling of *Stachys parviflora* L. and evaluation of its biological activities. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 168(25), 209–216.
- [17] Mansourian, M., Mirzaei, A., Azarmehr, N., Vakilpour, H., Kokhdan, E.P., and Doustimotlagh, A.H. (2019). Hepatoprotective and antioxidant activity of hydroalcoholic extract of *Stachys pilifera* Benth on acetaminophen-induced liver toxicity in male rats. *Heliyon*, 5(12), e03029.
- [18] Rezazadeh, S., Kebryaezadeh, A., Piralihamedani, M., Shafiee, A. and Isfahani, S.G. (2005). Anti-inflammatory and analgesic activity of methanolic extracts of aerial parts of *Stachys schtschegleevii* Sosn. and *Stachys balansae* Boiss. and Kotschy ex Boiss in rats. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 13(4), 165-169.
- [19] Balouiri, M., Sadiki, M., Koraichi Ibnsouda, S. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review, *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71-79.
- [20] Chitsaz, M., Mohammadi, H., Naseri, M., Kamalinezhad, M. (2007). Investigating the antibacterial effects of poulk plant (*Stachys schtschegleevii*) in vitro. *Medical Daneshvar*, 67: 1-8.
- [21] Tourabi, M., Metouekel, A., Ghouizi, A.E.L., Jeddi, M., Nouioura, G., Laaroussi, H., Hosen, M.E., Benbrahim, K.F., Bourhia, M., Salamatullah, A.M., Nafidi, H.A., Wondmie, G.F., Lyoussi, B. and Derwich, E. (2023). Efficacy of various extracting solvents on phytochemical composition, and biological properties of *Mentha longifolia* L. leaf extracts. *Scientific reports*, 13(1), 18028.
- [22] Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- [23] Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M. and Chern, J.C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), Article 3.
- [24] Chen, M., Zhao, Y. and Yu, S. (2015). Optimisation of ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from sugar beet molasses. *Food chemistry*, 172, 543–550.
- [25] Patel, J., Patel, B.J., Joshi, D.V., Patel, S.S., Shreyasi, R., Parmar, R.S., Chauhan, H. and Chandel, B.S. (2017). Culture Based Isolation of Pathogenic Bacteria Associated with Respiratory Disease Complex in Broiler with Special Reference to *Ornithobacterium rhinotracheale* from India. *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 11.
- [26] Abed, A., Sedik, A. and Shany, S. (2021). molecular characterization of streptococcus and enterococcus species isolated from broiler chickens. *Assiut Veterinary Medical Journal*. 67. 21-32. 10.21608/avmj.2021.205163.
- [27] Christensen, G.D., Simpson, W.A., Younger, J.J., Baddour, L.M., Barrett, F.F., Melton, D.M. and Beachey, E.H. (1985). Adherence of coagulase-negative staphylococci to plastic tissue culture plates: a quantitative model for the adherence of staphylococci to medical devices. *Journal of clinical microbiology*, 22(6), 996–1006.
- [28] Saify, H, Patidar, R.K., Khare, M., Sahare, K.N. and Singh V. (2013). Difference in biofilm development capability of vancomycin and ciprofloxacin resistant *Staphylococcus aureus* clinical isolates. *Research Journal of Infectious Diseases*. 1. 1-4.
- [29] Harika, K., Shenoy, V.P., Narasimhaswamy, N. and Chawla, K. (2020). Detection of Biofilm Production and Its Impact on Antibiotic Resistance Profile of Bacterial Isolates from Chronic Wound Infections. *Journal of global infectious diseases*, 12(3), 129–134.

- [30] Touré, R., Kheadr, E., Lacroix, C., Moroni, O. and Fliss, I. (2003). Production of antibacterial substances by bifidobacterial isolates from infant stool active against *Listeria monocytogenes*. *Journal of applied microbiology*, 95(5), 1058–1069.
- [31] Balouiri, M., Sadiki, M. and Ibnsouda, S.K. (2016). Methods for *in vitro* evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of pharmaceutical analysis*. 6(2), 71–79.
- [32] Mosaddegh, M. and Naghibi, F. (2002). Irans Traditional Medicine: Past & Present. *Traditional Medicine & Materia medica*, Vol. 1, Published TMRC, Tehran, Iran, 2-20.
- [33] WHO Traditional Medicine Strategy, 2002-2005, Geneva (2002):1-3;43-47.
- [34] Flemming, H.C. and Wingender, J. (2010). The biofilm matrix. *Nature reviews. Microbiology*, 8(9), 623–633.
- [35] Fraiese, A.P. (2008). European norms for disinfection testing. *The Journal of hospital infection*, 70 (1), 8-10.
- [36] Abichandani, M., Nahar, Singh, P., Chitnis, R., Nazemiyeh, H., Delazar, A. and Sarker, S. (2010). Antibacterial and free-radical-scavenging properties of *Stachys schtschegleevii* (Lamiaceae). *Archives of Biological Sciences*, 62 (4), 941-945.
- [37] Giorgio, P., Mario, C., Paola, M., Stefania, Z., Antonella, D. and Bruno, T. (2006). Chemical composition and antimicrobial activities of essential oil of *Stachys glutinosa* L. from Sardinia. *Natural product communications 1*.
- [38] Skaltsa, H.D., Demetzos, C., Lazari, D. and Sokovic, M. (2003). Essential oil analysis and antimicrobial activity of eight *Stachys* species from Greece. *Phytochemistry*, 64(3), 743–752.
- [39] Benli, M., Guney, K., Bingol, U., Geven, F. and Yigit, N. (2007). Antimicrobial activity of some endemic plant species from Turkey. *African Journal of Biotechnology*. 6(15), 1774-8.
- [40] Salehi, P., Sonboli, A. and Asghari, B. (2007). Chemical composition of the essential oil of *Stachys acerosa* and its antibacterial and antioxidant activities. *Chemistry of Natural Compounds* 43(3):339-341.
- [41] Sarker, S.D., Nahar, L. and Kumarasamy, Y. (2007). Microtitre plate-based antibacterial assay incorporating resazurin as an indicator of cell growth, and its application in the *in vitro* antibacterial screening of phytochemicals. *Methods (San Diego, Calif.)*, 42(4), 321–324.
- [42] Huber, B., Eberl, L., Feucht, W. and Polster, J. (2003). Influence of polyphenols on bacterial biofilm formation and quorum-sensing. *Journal of biosciences*, 58(11-12), 879-884.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigating the inhibitory effect of poulk extract (*Stachys schtschegleevii*) on biofilm forming *Streptococcus* in vitro

Hamed Jafarzadeh^{1*}, Boukaga Farmani²

1-Assistant Professor, Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2-Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Tabriz, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2024/8/18 Accepted: 2025/2/23 Keywords: Biofilm, Bioactive compounds, <i>Streptococci</i>, Poulk extract. DOI: 10.22034/FSCT.22.163.138. *Corresponding Author E- jafarzadeh.hamed@tabrizu.ac.ir	Biofilms act as a natural form of life for some bacteria, which in pathogenic species are critical factors in causing infectious diseases. The aim of this research was to investigate the antimicrobial effects of <i>Stachys schtschegleevii</i> extract on biofilm forming <i>Streptococcus</i> isolated from the water supply system of industrial layer pullet farms. The results of biofilm production were determined by the tissue culture plate method and showed that both isolated <i>Streptococcus</i> species had the ability to produce biofilm. In order to investigate the antimicrobial activity of poulk extract, it was prepared at a concentration of 200 mg mL⁻¹ and less (by preparing serial dilution). The bioactive compounds of the extract, which included total phenolic content, total flavonoid content, and antioxidant capacity, were obtained as 83 mg GAE mL⁻¹, 24 mg QE mL⁻¹, and 65%, respectively. Antimicrobial activity was measured by the minimum inhibitory concentration (MIC) and the minimum bactericidal concentration (MBC) of the extract for <i>Streptococcus</i> spp. that was obtained 12.5 and 25 mg mL⁻¹ for the one derived from water storage source (B4) and 25 and 50 mg mL⁻¹, respectively for <i>Streptococcus</i> obtained from water supply system of the poultry house (S2-6). In this research, the effect of 3 mg L⁻¹ sodium hypochlorite on survival and growth of these bacteria was investigated by agar well diffusion method, and the results indicated that the <i>Streptococcus</i> isolated from water supply system of the poultry house (S2-6) was resistant to it while B4 isolate was sensitive.



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی خصوصیات فیزیکی نشاسته استخراجی پیاز زعفران و استفاده آن در فرمولاسیون دسر لبنی

ساناز ندافی مقدم^۱، حجت کاراژیان^۲، زهره عبدی مقدم^{۳*}

^۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران

^۲-گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران

^۳-گروه تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۸

کلمات کلیدی:

نشاسته ذرت،

پیاز زعفران،

خصوصیات رئولوژیکی،

دسر لبنی،

بافت سنجی

DOI:10.22034/FSCT.22.163.151.

* مسئول مکاتبات:

z.abdimoghadam1@gmail.com

نشاسته، کربوهیدرات ذخیره سازی است که به دلیل بهبود ویژگی های بافتی و خواص رئولوژیکی میتوان از آن برای تعدیل قوام فرآورده های غذایی لبنی، استفاده کرد. بنه زعفران مقدار نشاسته قابل توجهی دارد و سالانه مقادیر زیادی بنه زعفران در کشور تولید می شود. هدف از این پژوهش، تهیه دسر لبنی با درصد های مختلف نشاسته پیاز زعفران جایگزین با نشاسته ذرت و بررسی خصوصیات فیزیکی و رئولوژیکی و نیز امکان پذیری استفاده از نشاسته پیاز زعفران در فرمولاسیون دسر لبنی است. ابتدا استخراج نشاسته پیاز زعفران به کمک آب و سانتریفوژ انجام شد و آزمون های شفافیت خمیر، حداقل غلظت ژل دهی، قدرت تورم، حلالیت، جذب آب و تعیین رفتار جریان نمونه ها با استفاده از مدل های رایج قانون توان، مدل هرشل باکلی و مدل بینگهام برای برازش داده های تنش برشی بر درجه برش صورت گرفت. سپس ۵ نمونه دسر لبنی با ۰ (شاهد)، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد نشاسته پیاز زعفران جایگزین با نشاسته ذرت تهیه شد و بافت، آب اندازی، رنگ و ارزیابی حسی دسر ها مورد بررسی قرار گرفت. برازش مدل ها نشان داد که از بین مدل های موجود تنها مدل قانون توان بخوبی بیانگر رفتار جریان نمونه ها می باشد. مقدار ضریب قوام نمونه ها، K ، از ۰/۸۶۵ تا ۰/۵۵۷ متغیر بود و عدد شاخص رفتار جریان برای نشاسته پیاز زعفران ۰/۳۶ بود. ویسکوزیته ظاهری نیز با افزایش سرعت برشی، کاهش یافت. نتایج بافت سنجی دسر ها نیز نشان داد نیروی چسبندگی، خاصیت صمغی بودن و سختی دسر با افزایش درصد جایگزینی نشاسته کاهش و پیوستگی نمونه ها تغییر معنی داری نداشته است و افزایش نشاسته پیاز زعفران منجر به نرمی بافت شد. با افزایش درصد نشاسته پیاز زعفران، آب اندازی و روشنایی (L*) نیز کاهش یافت و آنالیز خصوصیات حسی برای هیچ کدام از تیمار ها در پارامتر های رنگ، بافت، طعم، بو و مقبولیت کلی معنی دار نبود ($p > 0.05$). با توجه به یافته های مطالعه حاضر، سوسپانسیون نشاسته پیاز زعفران جزو سیالات غیرنیوتنی از نوع سودوپلاستیک است و نمونه نشاسته پیاز زعفران برای بکارگیری در فرمولاسیون هایی که بافت لزجی کمتر یا احساس دهانی مطلوب تر مورد نیاز است، بسیار مناسب است. تولید دسر لبنی با استفاده از نشاسته پیاز زعفران امکان پذیر بود و نسبت به دسر تهیه شده از نشاسته ذرت نرمی مناسب تری دارد اما از لحاظ رنگ سنجی امتیاز کمتری دریافت نمود و در هیچ پارامتر حسی از جمله طعم، بو و بافت اختلاف معنی داری با نمونه شاهد نداشت.

۱-مقدمه

نشاسته مهمترین منبع انرژی ذخیره‌ای در گیاهان به شمار می‌رود که به وفور در دانه غلات و گیاهان غده‌ای یافت می‌شود [۱]. نشاسته در گیاه به صورت گرانولی ذخیره می‌شود [۲]. از نقطه نظر عملکردی، نشاسته موجود در غلات (ذرت، گندم، برنج و غیره)، حبوبات (لوبیا، عدس، نخود و غیره)، غده‌ها و ریشه‌ها (سیب زمینی، سیب زمینی شیرین، کاساوا، و غیره) و میوه‌های نارس (چنار، انبه، سیب و غیره) هنگامی که پخته می‌شوند و به طور مستقیم مصرف می‌شوند یا برای تهیه غذاهای فرآوری شده مثل محصولات نانوائی، تورتیلا، ماکارونی و غیره استفاده می‌شوند عملکردی از جمله ویسکوزیته، احتباس آب، احساس دهانی و غیره می‌دهند [۳]. ارزش غذایی نشاسته به جنبه‌های بیرونی و ویژگی‌های ذاتی مانند اندازه گرانول، نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین، توزیع آمیلوپکتین در طول زنجیره و آرایش اجزای نشاسته در گرانول بستگی دارد [۵]. ویژگی‌های منحصر به فرد نشاسته باعث شده است تا بتوان از این ترکیب پلیمری به صورت گسترده در صنایع مختلف استفاده نمود که در این بین صنعت غذا سهم عمده‌ای را به خود اختصاص داده است [۱].

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی گرانول نشاسته تعیین‌کننده خواص عملکردی و همچنین سرعت و کیفیت هضم آن در فرآورده‌های غذایی است [۲]. از خواص مهم فیزیکوشیمیایی این محصول جریان پذیری ویژگی‌های رئولوژیکی آن است [۶]. نشاسته حاصل از هریک از منابع گیاهی دارای یکسری خصوصیات رئولوژیکی می‌باشد که با وارد کردن در یک دسر لبنی می‌توان خصوصیات فیزیکی آن را مورد ارزیابی قرار داد.

زعفران (*Crocussativus* L.) یکی از گران‌ترین و بی‌نظیرترین ادویه‌های جهان است که از گل زعفران استحصال می‌شود. سایر بخش‌های گل زعفران مانند پرچم، گلبرگ و بنه زعفران نیز حاوی ترکیبات منحصر به فرد و با

ارزشی هستند که استخراج آنها ارزش افزوده بالایی ایجاد می‌کند [۲]. گیاه زعفران ساقه‌ای زیرزمینی به نام بنه دارد که تکثیر آن به دلیل عقیم بودن، از طریق رویشی و فقط بوسیله‌ی کشت بنه صورت می‌گیرد. [۷].

نشاسته در صنعت غذا از منابع مختلفی شامل ذرت، برنج، گندم، سیب زمینی، کاساوا، موز و سورگوم بدست می‌آید [۸]. در کنار این منابع بنه زعفران مقدار نشاسته قابل توجهی دارد که مقدار آن از سیب زمینی بیشتر و از برنج کمتر است. نشاسته حدود ۸۰ درصد وزن بنه زعفران را تشکیل می‌دهد. لذا یکی از مهم‌ترین و ارزان‌ترین کاربردهای بنه زعفران تولید نشاسته است. از بنه زعفران می‌توان نشاسته با راندمان حدود ۴۳ درصد استخراج نمود. نشاسته بنه زعفران بالاترین میزان آمیلوز را دارا است. همچنین از نشاسته بنه زعفران میتوان فیلم خوراکی تهیه نمود [۲]. بنابراین برای مصارف انسانی فاقد سمیت است. برای تایید این موضوع می‌توان به مطالعه عین افشار و همکاران اشاره کرد که بنه زعفران را به روش استخراج با حلال به کمک اولتراسوند جدا کرده و برای ارزیابی سمیت حاد و تحت مزمن، عصاره در سه دوز مختلف ۱، ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به موش‌های نر تجویز شد. طبق این مطالعه بنه زعفران سمیت حاد و تحت مزمن معنی‌داری روی موش‌های BALB/c نداشت و اگرچه اثرات سمی روی سلول‌های سرطانی داشت، هیچ سمیت سلولی روی سلول‌های فیروبلست طبیعی مشاهده نشد [۹]. ایران نیز بزرگترین تولیدکننده زعفران در دنیا است و از طرفی سالانه مقادیر زیادی بنه زعفران در کشور تولید می‌شود. با توجه به سطح زیر کشت زعفران در خراسان بزرگ، و احتساب میزان بنه زعفرانی که صرف کشت مجدد و یا توسعه کشت زعفران در کشور می‌شود، در سال ۱۳۹۶ حدود ۲۰۰ هزار تن بنه زعفران کاملاً مازاد و ضایعاتی در کشور وجود داشته است [۲].

همچون نوع نشاسته می‌باشد [۱۵]. با تهیه دسر لبنی از نشاسته پیاز زعفران می‌توان خصوصیات فیزیکی و رئولوژیکی و نیز امکان‌پذیری استفاده از نشاسته پیاز زعفران را در فرمولاسیون دسر لبنی بررسی کرد.

هدف این پژوهش، تعیین خصوصیات فیزیکی خمیر نشاسته، تعیین امکان‌پذیری تولید دسر لبنی با استفاده از نشاسته پیاز زعفران و نیز تعیین خواص جریان‌پذیری دسر لبنی تهیه شده با نشاسته پیاز زعفران و مقایسه آن با دسر لبنی تهیه شده از نشاسته ذرت می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

در این پژوهش، از پیاز زعفران موجود در تربت حیدریه جهت استخراج نشاسته و برای تهیه دسر لبنی از شیر کم چرب فراپاستوریزه پگاه، خامه فرادما هومان، گلاب نوش‌گل استفاده شد و شکر، نشاسته ذرت، ژلاتین و وانیل از فروشگاه خریداری شد.

۲-۲- استخراج نشاسته

جهت استخراج نشاسته، پیازهای زعفران با وزن کمتر از ۱۰ گرم ترجیحاً در زمان خواب (خرداد تا تیرماه) از مزارع برداشت گردید. پوسته‌های بیرونی آن‌ها جدا و سپس با آب مقطر شست و شو داده شدند (شکل ۱) و ورقه ورقه و سپس خشک شدند. نمونه خشک شده با آسیاب به پودر نرم تبدیل و از الک شماره ۳۵ عبور داده شد. به میزان سه برابر وزن پودر آب افزوده و با همزن مکانیکی با دور ۶۵۰ به مدت دو ساعت هم زده و سپس از یک پارچه صافی (گاز استریل) عبور داده شد و بر روی صافی مجدداً فرایند استخراج انجام گرفت. زیر صافی دو مرحله با هم مخلوط شده و پس از مدتی که نشاسته ته نشین شد مایع رویی را با پیپت خارج کرده و گرانول‌های نشاسته مایع ته نشین شده با سانتریفوژ با دور ۲۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه کاملاً از آب جدا شدند. مجدداً محلول رویی را خارج کرده و نشاسته را به کمک قاشقک و

با توجه به اینکه عمر مفید مزارع زعفران برای گلدهی با توجه به تراکم کشت اولیه از ۵ تا ۱۰ سال متغیر می‌باشد، پس از این زمان به علت تکثیر زیاد بنه‌ها و کمبود فضا برای رشد رویشی بنه‌ها و ضعیف شدن خاک، عملکرد مزرعه به شدت کاهش می‌یابد. در این زمان لازم است تا بنه‌های زعفران برای کشت در مزرعه جدید از زمین خارج شوند [۱۰]. از آنجا که اندازه بنه از عوامل اصلی و تعیین کننده ظرفیت گلدهی در زعفران است [۱۱]، لذا برای کشت، بنه‌های درشت انتخاب می‌شوند. در نتیجه بنه‌های ریز با وزن کم برای کشت مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. با توجه به این که بنه‌ها برای حیوانات جوان سمی هستند [۱۲] نمی‌توان از آن‌ها به عنوان خوراک دام نیز استفاده کرد. بنابراین سالانه مقدار زیادی از بنه‌های ریز با وزن کم جزء ضایعات محسوب می‌شود [۲]. با توجه به سطح زیر کشت وسیع زعفران در خراسان رضوی که معاون سازمان جهاد کشاورزی آن را ۹۶ هزار هکتار در سال ۱۴۰۳ اعلام کرده است [۱۳] و طبق تحقیقات، زمینی که یکبار زیر کشت زعفران رفته دوباره قابل کشت برای این محصول نیست در آینده ای نه چندان دور افزایش انفجاری تولید بنه زعفران خواهیم داشت بنابراین اگر بتوان از این حجم بنه زعفران مازاد، مواد با ارزش و کاربردی استخراج کرد از یک ماده ضایعاتی مواد با ارزش افزوده بالا تولید می‌شود [۲].

دسرهای لبنی از محبوبیت گسترده‌ای میان گروه‌های سنی مختلف برخوردار می‌باشند. دسرهای لبنی نیمه جامد گروهی از دسرهای لبنی می‌باشند که ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده آن‌ها شامل شیر، قوام‌دهنده (نشاسته یا هیدروکلوئید)، ساکاروز، طعم‌دهنده و رنگ‌دهنده می‌باشد [۱۴]. امروزه، طیف گسترده‌ای از دسرهای لبنی نیمه جامد با فرمولاسیون، بافت، طعم، ظاهر و شرایط فرآوری گوناگون به بازار عرضه می‌شود با این حال، ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی این گروه از محصولات به شدت تحت تأثیر ویژگی ترکیبات اولیه

نهایت آن ها را آسیاب کرده و در ظرف پلی اتیلن نگهداری شد [۲].

مقدار کمی آب مقطر جدا و به سینی منتقل کرده و در آون با دمای ۳۵ درجه سانتی گراد تا روز بعد خشک گردید. در



شکل ۱: (الف) پیاز های زعفران بدون پوشال (ب) پیاز های زعفران کاملاً پوست کنده

۲-۴-۱- شفافیت خمیر نشاسته

مطابق روش احتیاطی (Ehtiati, 2018)، سوسپانسیون ۱ درصد نشاسته تهیه و ژلاتینه شدن طی ۳۰ دقیقه حرارت دهی در حمام آب جوش انجام شد. پس از سرد کردن لوله ها در دمای اتاق به مدت ۱۰ دقیقه، درصد عبور نور از نمونه به وسیله اسپکتروفتومتر مدل Unico در طول موج ۶۵۰ نانومتر در برابر آب مقطر به عنوان نمونه شاهد، اندازه گیری شد [۱۷].

۲-۴-۲- حداقل غلظت ژل دهی

سوسپانسیون نشاسته (۵-۱۰ درصد وزنی) تهیه و بعد از حرارت دهی یک ساعته در آب جوش، تا دمای ۴ درجه سانتیگراد سرد گردید و به مدت ۲ ساعت در دمای یخچال نگهداری شد. با وارونه کردن لوله ها، غلظتی از خمیر نشاسته که در لوله جریان نیابد، حداقل غلظت ژل دهی نشاسته خواهد بود [۱۸].

۲-۳- تهیه دسر لبنی

جهت تهیه ۹۲۰ گرم دسر میزان ۷۵۶ گرم شیر کم چرب فرادما را با ۴۵ گرم خامه فرادما مخلوط کرده و در حمام آب قرار داده تا دمای آن به ۴۰ درجه سانتی گراد برسد. سپس مخلوط مواد خشک شامل ۵۴ گرم شکر، ۳۶ گرم نشاسته مخلوط ذرت و پیاز زعفران و نیز ژلاتین با مقدار ۰/۷۵٪ به آرامی افزوده و ۱۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد جهت آبگیری ذرات جامد قرار گرفت و در این مدت مخلوط به طور مدام همزده شد. سپس دمای محصول در حمام آب گرم به ۹۰ درجه سلسیوس رسید و ۱۰ دقیقه در این دما ماند. بعد از این مدت دسر در یک فلاسک سردکننده قرار داده شد تا دمای محصول به ۴۰ درجه سانتی گراد برسد. سپس ۱ گرم وانیل و ۲۸ گرم گلاب افزوده و ۱ دقیقه همزده شد. سپس دمای محصول به ۴ درجه سانتی گراد رسانده شد و تا زمان انجام آزمون های بعدی در این دما نگهداری شد. در این پژوهش نشاسته پیاز زعفران با مقادیر ۰، ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪ و ۲۰٪ وزنی جایگزین نشاسته در فرمولاسیون دسر لبنی تولیدی شد [۱۶].

سرعت برش ۰ تا ۱۵۰ معکوس ثانیه انجام شد. در عمل پارامترهای فوق از طریق برآزش مدل‌های رئولوژیکی مشهور (روابط ۴ و ۵ و ۶) بر داده‌های آزمون تنش برش - سرعت برش تعیین گردیدند [۲۰، ۲۱].

۲-۴-۱- مدل قانون توان

مدل قانون توان، رایج ترین مدل پیشگویی رفتار سیالیت غذایی غیر نیوتنی می‌باشد و سایر مدل‌ها تقریباً به نوعی از این مدل مشتق شده‌اند. در این مدل رابطه بین تنش برشی (τ) و درجه برش $(\dot{\gamma})$ به صورت رابطه ۴ است:

$$\tau = k \dot{\gamma}^n \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این معادله k ضریب قوام $(Pa \cdot S^n)$ و n شاخص رفتار جریان (بدون بعد) می‌باشد. k بزرگی ویسکوزیته سیال و n میزان نزدیکی رفتار سیال به سیال نیوتنی را نشان می‌دهد. در سیالات نیوتنی n برابر ۱ است و در نتیجه k دقیقاً معادل ویسکوزیته سیال می‌باشد. چنانچه $n < 1$ باشد، سیال را شل شونده با درجه برش یا سود و پلاستیک می‌نامند، اگر $n > 1$ باشد، سیال سفت شونده با درجه برش یا دایلاتانت نامیده می‌شود.

۲-۴-۲- مدل هرشل بالکلی

سیالات پلاستیک دیگری وجود دارند که رفتار آن‌ها با مدل قانون توان قابل توصیف نیست، بلکه مدل‌های مناسب‌تری مانند هرشل بالکلی برای آن‌ها به کار می‌رود. در صورتی که نمونه ای دارای تنش تسلیم باشد، می‌توان این مقدار تنش را به مدل قانون توان اضافه کرد که در نتیجه مدل هرشل بالکلی حاصل می‌شود. شکل ریاضی این مدل به صورت رابطه ۵ است:

$$\tau = \tau_{0H} + k_H (\dot{\gamma})^{n_H} \quad \text{رابطه (۵)}$$

۲-۴-۳- قدرت تورم^۱، حلالیت^۲ و جذب آب^۳

به منظور تعیین میزان تورم و حلالیت نشاسته، یک گرم از نمونه‌ها توزین و با ۳۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط شدند. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۹۵ درجه سانتی گراد قرار گرفتند و مرتباً به هم زده شدند. مخلوط بوسیله آب سرد در مدت ۵ دقیقه به دمای اتاق رسانده شد. در مرحله بعد، ۱۵ دقیقه در ۷۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شدند و مایع شفاف فوقانی به ظرفی با وزن مشخص منتقل شد و در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت خشک و وزن شد و میزان حلالیت طبق رابطه ۱ محاسبه گردید. همچنین قدرت تورم و جذب آب طبق رابطه های ۲ و ۳ محاسبه گردیدند [۱۹].

(۱)

$$100 \times \frac{\text{وزن مایع فوقانی خشک شده}}{\text{وزن نشاسته خشک اولیه}} = \text{درصد حلالیت}$$

(۲)

$$\text{وزن رسوب در لوله سانتریفیوژ} / \text{وزن خشک نشاسته} = \text{میزان جذب آب}$$

(۳)

رسوب باقی مانده

$$\text{قدرت} = \frac{\text{میزان حلالیت} - 100}{\text{وزن نشاسته خشک اولیه}} \times \text{تورم}$$

۲-۴-۴- پارامترهای رئولوژیکی

اندازه گیری ویسکوزیته و پارامترهای رئولوژیکی شاخص رفتار جریان^۴ (n) و ضریب قوام^۵ (k) با استفاده از ویسکومتر چرخشی^۶ (Bohlin مدل ۸۸ Visco، انگلستان) به همراه اسپیندل^۷ مناسب در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و در دامنه

5- Consistency coefficient

6- Rotational viscometer

7- Spindle

1- Swelling power

2- Solubility

3- Water absorption

4- Flow behavior index

زده شدند. نیروی دستگاه روی ۵۰۰ نیوتن و سرعت پروب ۲۰ میلیمتر بر دقیقه تنظیم شد. هر آزمایش در دو تکرار انجام شد. در این آزمون سختی^۹ (نیوتن)، انسجام^{۱۰}، صمغیت^{۱۱} (نیوتن)، جوید^{۱۲} (نیوتن میلی متر)، نیروی چسبندگی^{۱۳} (نیوتن) و چسبندگی^{۱۴} (نیوتن میلی متر) اندازه گیری شد [۱۶].

۲-۵-۲- آب اندازی (سینرسیس)

برای اندازه گیری سینرسیس، ۱۰ گرم از نمونه در داخل لوله سانتریفیوژ دستگاه توزین (شکل ۷-۳) و سپس در سرعت ۵۰۰۰ rpm به مدت نیم ساعت سانتریفیوژ شد. میزان محلول رویی جدا شده توزین و بعد از تقسیم کردن بر مقدار اولیه (۱۰ گرم نمونه) به صورت درصد سینرسیس و طبق معادله ۷ گزارش شد [۲۲].

(۷) ۱۰۰

$$\text{درصد آب اندازی} = \frac{\text{مقدار محلول رویی جدا شده}}{\text{مقدار اولیه محلول}} \times 100$$

۲-۵-۳- رنگ سنجی

به منظور ارزیابی رنگ و تعیین فاکتورهای رنگ سنجی (*L)،

*a و *b) برای دسر لبنی از دستگاه رنگ سنج

(HunterLab Reston, VA made in U.S.A) استفاده

شد [۲۳].

۲-۵-۴- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی دسر لبنی براساس آزمون هدونیک ۹ نقطه ای صورت گرفت. نمره ۹ بیشترین و نمره ۱ کمترین نمره است. در این آزمون، دسرهای لبنی با درصدهای مختلف نشاسته

در معادله فوق τ_{OH} ، k_H و n_H به ترتیب تنش تسلیم (Pa)، ضریب قوام ($Pa \cdot S^n$) و شاخص رفتار جریان مدل هرشل بالکلی (بدون بعد) است.

۲-۴-۳- مدل بینگهام

سیالات پلاستیک دیگری وجود دارند که رفتار آن ها با مدل های هرشل بالکلی و قانون توان قابل توصیف نیست، بلکه مدل مناسب تری بنام بینگهام برای آن ها به کار می رود. شکل ریاضی این مدل به صورت رابطه ۶ است:

$$\tau = \tau_0 + \eta B_v \quad \text{رابطه (۶)}$$

که در این رابطه τ_0 و ηB به ترتیب تنش تسلیم (Pa) و ویسکوزیته پلاستیک بینگهام ($Pa \cdot s$) می باشد.

۲-۴-۴- ارزیابی مدل های رئولوژیکی

برای انتخاب بهترین و مناسب ترین مدل که بتواند رفتار نمونه های تولیدی را به خوبی پیش بینی و توصیف کند، از پارامتر آماری رایج ضریب تبیین (R^2) استفاده گردید. این مقدار بین صفر و یک است. هر چه ضریب تبیین بزرگ تر باشد، نشان دهنده همبستگی بیشتر میان مقادیر پیش بینی شده توسط مدل و مقادیر عددی حاصل از آزمایش می باشد.

۲-۵-۵- آزمون های دسر لبنی

۲-۵-۱- بافت سنجی

آزمون پروفایل بافت^۸ نمونه ها با استفاده از دستگاه بافت سنج (LLOYD مدل TA Plus Ametek, UK) بعد از ۷۲ ساعت نگهداری در دمای ۷ درجه سانتیگراد انجام شد. سرعت نفوذ ۱ میلی متر در ثانیه در نظر گرفته شد. پروب استوانه ای با طول ۲۰ میلی متر، قطر ۲/۳ سانتی متر بود. برای این منظور نمونه های دسر به ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ میلی متر برش

12- Chewiness

13- Adhesive Force

14- Adhesiveness

8 -TPA (Texture Profile Analysis)

9 -Hardness

10 -Cohesiveness

11- Gumminess

پیاز زعفران توسط ۱۴ نفر ارزیاب خانگی با توجه به رنگ، بو، طعم، بافت و مقبولیت کلی مورد ارزشیابی قرار گرفت.

۲-۶- آنالیز آماری

در این پژوهش از طرح آماری کاملاً تصادفی استفاده و آزمون ها سه مرتبه تکرار شد. جهت تجزیه و تحلیل نتایج ارزیابی حسی، از نرم افزار ssps ورژن ۲۱ و آزمون ANOVA یک طرفه استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی

نشاسته پیاز زعفران

۳-۱-۱- شفافیت خمیر نشاسته

شفافیت خمیر نشاسته، نقش اساسی در کاربردهای غذایی به ویژه فراورده‌های ژله‌ای دارد. طی ژلاتینه شدن نشاسته در غلظت کم، گرانول‌ها متورم شده و در نهایت از هم گسسته و به ذرات گرانول تبدیل می‌شوند. هرچه ذرات ایجادشده کوچکتر باشند، عبور نور بیشتر شده و شفافیت افزایش می‌یابد [۲۴].

نتیجه شفافیت سوسپانسیون ۱٪ نشاسته پیاز زعفران در این پژوهش ۱/۸۰۴ درصد بدست آمد که از عدد شفافیت نشاسته ذرت بدون تیمار در زمان صفر در مطالعه گلکار و همکاران (۱۳۹۹) که ۲/۱۵ درصد بود کمتر است. شفافیت با کاهش درجه پلیمریزاسیون نشاسته و در نتیجه شکست بخشی پیوندهای گلیکوسیدی بین واحدهای گلوکز و در نتیجه رهایش آمیلوز در ارتباط است [۲۵]. تعدادی از محققین این اتفاق را تأیید نموده؛ اما برخی دیگر آن را رد کرده‌اند [۲۶-۲۸].

شکرالهی و همکاران (۱۴۰۲) نیز که روی تأثیر پلاسمای هوا و آرگون بر شفافیت نشاسته سورگوم کار کردند میزان شفافیت خمیر نشاسته سورگوم را در حالت شاهد ۱۴/۰۲ درصد بدست آوردند [۲۹] که این عدد بیشتر از عددی است که برای شفافیت خمیر نشاسته پیاز زعفران (۱/۸۰۴ درصد)

بدست آمد. افزایش گروه‌های هیدروکسیل موجب افزایش پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب و افزایش شفافیت میگردد [۲۴]. حضور گروه‌های آلدوست و حجیم کربوکسیل و دافعه میان آنها نیز می‌تواند سبب افزایش شفافیت شود [۳۰].

۳-۱-۲- حداقل غلظت ژل‌دهی

افزایش حداقل غلظت ژل‌دهی به معنی افزایش میزان نشاسته مورد نیاز جهت تشکیل یک بافت ژله‌ای بوده که حالت جریان‌پذیری در ظرف نداشته باشد [۱۸]. در این پژوهش غلظت‌های ۵٪ تا ۱۰٪ در سه تکرار تهیه شد و فقط غلظت ۱۰٪ هر سه تکرار بدون بازگشت ژل بود.

سوجکا و جامروز (۲۰۱۳) گزارش کردند که حداقل غلظت ژل دادن نشاسته ذرت فراصوت شده در مقایسه با نمونه بدون فرایند بالاتر است [۱۸]. گلکار و همکاران (۱۳۹۹) نیز به مقایسه حداقل غلظت ژل‌دهی نمونه‌های فراصوت شده (نشاسته ذرت و نشاسته ذرت صمغ-عربی) و بدون تیمار پرداختند که نمونه ذرت-صمغ عربی فراصوت شده با دمای 45°C بیشترین حداقل غلظت ژل‌دهی (تقریباً ۹/۵ درصد) را داشت و سایر نمونه‌ها کمتر از این مقدار بودند [۲۵].

۳-۱-۳- تورم، حلالیت و جذب آب

قدرت تورم نشان‌دهنده میزان برهمکنش‌های بین زنجیره‌ها در بخش آمورف و کریستالی است. به عبارت دیگر، پارامتر قدرت تورم بیانگر توانایی گرانول‌های نشاسته در هیدراته شدن طی فرایند پختن و حرارت دهی در 90°C می‌باشد [۳۱] که در این مطالعه قدرت تورم نشاسته پیاز زعفران ۹/۳۱ درصد بدست آمد. در پژوهش نادیان و همکاران (۱۴۰۱) نیز میزان جذب آب و تورم نشاسته کینوا تی

کاکا^{۱۵} نسبت به نشاسته گندم پیشگام به طور معناداری بیشتر بود. قدرت تورم برای نشاسته گندم ۸/۲۵ درصد و برای نشاسته کینوا ۹/۳۵ درصد حاصل شد [۳۱] و از این نظر قدرت تورم نشاسته پیاز زعفران (۹/۳۱ درصد) بین این دو عدد قرار داشته است. محتوای آمیلوز پایین و آمیلوپکتین با زنجیره بلند در نشاسته کینوا [۳۲]، اندازه ذرات و گرانول های کوچکتر در نشاسته سبب افزایش میزان جذب آب و تورم آن نسبت به نشاسته گندم شده است [۳۳]. لیند بوم^{۱۶} در سال ۲۰۰۵ نیز به رابطه معکوس محتوای آمیلوز و قدرت تورم اشاره کرده است [۳۴]. بنابراین می توان به محتوای آمیلوز پایین نشاسته پیاز زعفران نیز پی برد.

در مطالعه شکرالهی و همکاران (۱۴۰۲) قدرت تورم برای نشاسته سورگوم در حالت شاهد و بدون تاثیر پلاسمای هوا و آرگون، ۴/۰۱ بود [۲۹] که کمتر از قدرت تورم نشاسته پیاز زعفران است. قدرت تورم نشاسته گندم نیز در محدوده g/g ۱۲/۶۴ تا ۱۶/۷۵ گزارش شده است [۳۱]. تازیکی شمس آبادی و رضوی (۱۴۰۲) قدرت تورم نشاسته گندم را در پژوهش خود، g/g ۱۳/۱۱ تخمین زدند [۳۵] و این اعداد بیشتر از قدرت تورم نشاسته پیاز زعفران است.

حیدری و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که تورم نشاسته بستگی به درجه حرارت قبل از ژلاتیناسیون دارد [۳۶]. شکرالهی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهش خود بیان کردند که افزایش دما منجر به افزایش تورم می شود که احتمالاً به دلیل افزایش تحرک و انرژی مولکول های آب برای نفوذ به گرانول و غلبه بر پیوندهای هیدروژنی درون و بین مولکولی است [۲۹]. تجزیه جزئی پیوندهای هیدروژنی درون و بین مولکولی نشاسته منجر به آشکار شدن و بی حفاظ شدن گروه های هیدروکسیل و برقراری پیوند هیدروژنی بین این گروه ها با آب می شود. همچنین طی دپلمریزاسیون، گروه های

هیدروکسیل جدید تشکیل می شوند که توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول آب و در نتیجه افزایش تورم را دارا هستند. احتمالاً معرفی گروه های آبدوست کربوکسیل و همچنین دافعه میان بارهای منفی آنها هم می تواند منجر به افزایش تورم گردد. از طرفی آمیلوپکتین، عامل اصلی جذب آب و تورم گرانول نشاسته است و دپلمریزاسیون شدید آن موجب کاهش تورم می شود. همچنین تخلخل شدیدتر گرانول و حضور یک ساختار اسفنج مانند در آن ها باعث می شود که گرانول آب را جذب کند، اما هنگام سانتریفوژ شدن آن را از دست بدهد [۳۷]. تازیکی شمس آبادی و رضوی (۱۴۰۲) نیز نتیجه گرفتند در حضور صمغ دانه شاهی و با افزایش غلظت جایگزینی صمغ تا ۱۵٪ قدرت تورم نشاسته به صورت چشمگیر به میزان ۶۹٪ افزایش پیدا کرد [۳۵]. هیدروکلوئیدها از طریق تقویت برهمکنش مولکول های نشاسته باعث فشرده تر شدن شبکه گرانولی می شوند و این امر باعث افزایش نیروهای وارده بر آن ها شده و ورود آب به داخل شبکه گرانولی را تسهیل می کند و منجر به افزایش قدرت تورم گرانول های نشاسته می شود. این امر حل شدن و نشت آمیلوز به فاز پیوسته را نیز تسهیل می کند اما آمیلوز نشت یافته و هیدروکلوئید در فاز پیوسته یک فیلم در اطراف گرانول ها ایجاد می کنند و از تورم بیشتر و نشت پلیمرها جلوگیری می کنند.

حلالیت نشاسته به معنای از دست دادن نظم مولکولی در درون گرانول ها و افزایش مواد جامد محلول در فاز پیوسته می باشد. حلالیت و در نتیجه نشت مولکول های آمیلوز به فاز پیوسته نیز منجر به پدیده بیاتی از خصوصیات عملکردی نشاسته می گردد. پدیده بیاتی نشاسته یک مسئله مهم در محصولات فرآوری شده بر پایه نشاسته می باشد. این پدیده نامطلوب، طی مدت زمان نگهداری آب اندازی را به دنبال

جذب آب و کاهش قابل ملاحظه در ویسکوزیته خواهد شد [۳۶].

هدایتی و همکاران (۱۳۹۷) نیز تاثیر ساکارز و گلوکز را بر میزان جذب آب نشاسته ذرت بررسی کردند. آن‌ها میزان جذب آب نشاسته ذرت در حالت شاهد را $8/70 \text{ g/g}$ گزارش کردند. نتایج آزمون جذب آب آن‌ها نشان داد که با افزایش غلظت قندها، جذب آب نشاسته کاهش معنی‌داری ($0/05$ p value) یافت [۴۱]. آمیلوز عامل ممانعت‌کننده از تورم گرانول‌های نشاسته است. یافته‌های هیراشیما و همکاران (۲۰۰۵) نشان داده است که قندها به زنجیره‌های آمیلوز درون گرانول‌های نشاسته متصل شده و مانع از خروج آن‌ها از گرانول‌های نشاسته در حین ژلاتینه‌شدن می‌گردند [۴۲]. ساکارز در مقایسه با گلوکز تاثیر بیشتری در کاهش جذب آب نشاسته داشته است. ساکارز یک دی ساکارید می‌باشد و در مقایسه با گلوکز که یک منوساکارید است تاثیر بیشتری در مهار تورم گرانول‌ها دارد [۴۱]. میرزا بابائی و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که با به کارگیری تکنولوژی فشار هیدرواستاتیک بالا می‌توان کاربرد های نشاسته‌ها را در صنعت مواد غذایی گسترش داد و به کارگیری فرایند فشار هیدرواستاتیک بالا می‌تواند منجر به افزایش قابلیت هیدراسیون نشاسته شود [۴۳].

۳-۱-۴- پارامترهای رئولوژیکی

برای تعیین رفتار جریان نمونه‌ها از مدل‌های رایج قانون توان، مدل هرشل باکلی و مدل بینگهام برای برازش داده‌های تنش برشی بر درجه برش استفاده شد. نتایج برازش داده‌ها در جداول ۱ و ۲ و ۳ آورده شده است.

دارد، از قابلیت پذیرش محصولات غذایی می‌کاهد و زمان نگهداری آن‌ها را کوتاه می‌کند [۳۸]. در این پژوهش حلالیت نشاسته پیاز زعفران $11/76\%$ بود. حلالیت نشاسته گندم و کینوا نیز در مطالعه نادیان و همکاران (۱۴۰۱) به ترتیب $12/9$ درصد و $14/19$ درصد بدست آمد [۱] که بیشتر از حلالیت نشاسته پیاز زعفران است. حلالیت نشاسته معمولی گندم در دمای 95°C حدود 5 تا 7% گزارش شده است [۳۸] اما در پژوهش تازیکی شمس‌آبادی و رضوی (۱۴۰۲) حدود $8/$ بدست آمد. آن‌ها بیان کردند حلالیت گرانول‌های نشاسته تحت تاثیر جایگزینی صمغ دانه شاهی و ساکارز قرار گرفته است. از نظر آماری جایگزینی آن‌ها بر تغییرات درصد حلالیت معنی‌دار نبود اما حضور صمغ دانه شاهی در سیستم منجر به افزایش چشمگیر درصد حلالیت نشاسته گندم شد و مقدار آن از حدود 8% به 21% رسید [۳۵]. افزایش درصد حلالیت نشاسته در حضور هیدروکلئیدها توسط لطفی و همکاران (۱۳۹۶) نیز گزارش شده است [۳۹]. ونگساگونساپ^۷ و همکاران (۲۰۱۴b) گزارش کردند که با افزایش تورم نشاسته‌های اتصال یافته، حلالیت افزایش یافته و با کاهش تورم از مقدار حلالیت نیز کاسته شده است [۴۰]. جذب آب نیز با میزان نشت آمیلوز از گرانول‌ها در طی ژلاتینه‌شدن رابطه مستقیم دارد. در این مطالعه جذب آب نشاسته پیاز زعفران $8/23 \text{ g/g}$ حاصل شد که بیشتر از جذب آب نشاسته گندم و کینوا ($6/14 \text{ g/g}$ ، $6/67 \text{ g/g}$) در مطالعه نادیان و همکاران (۱۴۰۱) بود [۱]. بنابراین میزان نشت آمیلوز از گرانول‌ها در نشاسته پیاز زعفران بیشتر از گندم و کینوا است. حیدری و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که افزایش غلظت نشاسته موجود در دیسپرسیون منجر به افزایش ظرفیت

Table 1: Rheological parameters of the power law model of production samples

Treatment	K	n	R^2
Saffron corm starch	0.865	0.36	0.98

Corn starch	0.557	0.46	0.98
-------------	-------	------	------

$$(\tau = k\dot{\gamma}^n)$$

Table 2: Rheological parameters of Herschel's exact model of production samples

Treatment	$\tau_0 H$	k_H	n_H	R^2
Saffron corm starch	3.570	0.035	1.120	0.85
Corn starch	2.250	0.021	1.010	0.80

$$(\tau = \tau_{0H} + k_H(\dot{\gamma})^{n_H})$$

Table 3: Rheological parameters of Bingham model of production samples

Treatment	τ_0	η_B	R^2
Saffron corm starch	2.246	0.023	0.90
Corn starch	1.940	0.025	0.94

$$(\tau = \tau_0 + \eta_B \dot{\gamma})$$

سرعت برشی در مورد نمونه نشاسته پیاز زعفران و همچنین نمونه نشاسته ذرت نشان داد که تنش برشی بصورت غیرخطی با سرعت برشی متناسب است. به عبارتی تنش برشی تابع خطی سرعت برشی نیست و شیب منحنی یا ویسکوزیته ثابت نمی باشد و بر این اساس هم می توان نتیجه گرفت که این دو نمونه رفتار جریان غیرنیوتنی از خود نشان داده اند (شکل ۲).

برازش مدل ها نشان داد که از بین مدل های موجود تنها مدل قانون توان بخوبی بیانگر رفتار جریان نمونه ها می باشد. اولین یافته مهمی که می توان به آن پی برد این است که مقدار n برای هر دو نمونه تولیدی، در محدوده بین صفر و یک قرار دارد که بر این اساس می توان بیان کرد که شاهد رفتار رئولوژیکی سیالات غیرنیوتنی از نوع رقیق شونده با برش^{۱۸} یا سودوپلاستیک^{۱۹} بوده ایم. رسم منحنی تنش برشی در برابر

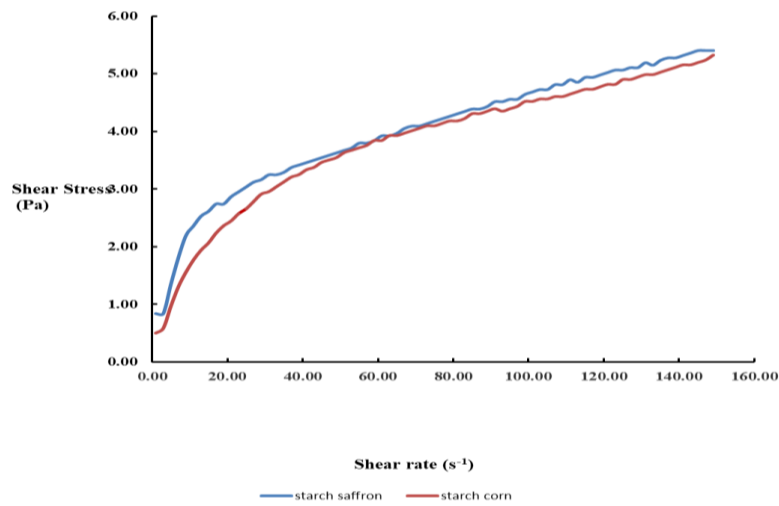


Figure 2- Shear stress curve against shear rate for saffron onion starch and corn starch

میزان تنش تسلیم نمونه‌ها بر اساس مدل بینگهام (که ضریب تبیین آن در برابر مدل هرشل بالکلی بالاتر بود) ۲/۲۴۶ برای نشاسته پیاز زعفران و ۱/۹۴۰ برای نشاسته ذرت به دست آمد. شکل ۲ رفتار جریان نمونه‌ها را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که نمونه‌ها از نظر رئولوژیکی جزو سیالات غیرنیوتنی طبقه بندی می‌شوند.

رابطه بین ویسکوزیته ظاهری با درجه برش نمونه‌های تولیدی در شکل ۳ نشان داده شده است. همچنان که مشاهده می‌شود در هر دو نمونه کاهش ویسکوزیته ظاهری مشاهده می‌شود. در سرعت های برش پایین، کاهش شدید ویسکوزیته با سرعت برش صورت می‌گیرد، اما در سرعت های برش بالاتر این کاهش با روند آهسته تری صورت می‌گیرد. بنابراین ویسکوزیته نمونه‌ها با افزایش سرعت برشی، کاهش یافت (شکل ۳).

ضریب قوام k یا بیانگر شاخص ویسکوزیته ماده غذایی است. تغییرات ضریب قوام نشان دهنده نوع رفتار ویسکوزیته در مقابل درجه برش می‌باشد. مقدار ضریب قوام نمونه‌ها، K ، از ۰/۸۶۵ تا ۰/۵۵۷ متغیر بود. ممکن است در نمونه نشاسته پیاز زعفران، درگیری های بین مولکولی و فرورفتگی های داخلی که منجر به افزایش ویسکوزیته و افزایش محدودیت رانش مولکولی در اثر درگیری بین زنجیره های پلیمری است باعث شده است که ویسکوزیته افزایش یابد.

همچنان که نتایج جداول ۱ و ۲ نشان می‌دهد نمونه‌ها دارای تنش تسلیم هستند. منظور از تنش تسلیم حداقل تنش برشی لازم برای شروع جریان می‌باشد. تنش تسلیم نشان دهنده یک تنش ابتدایی برای جریان یافتن سیال می‌باشد، چون در مقادیر کمتر از تنش تسلیم، سیال قادر به جریان یافتن نیست و رفتاری شبیه جامد دارد [۴۴].

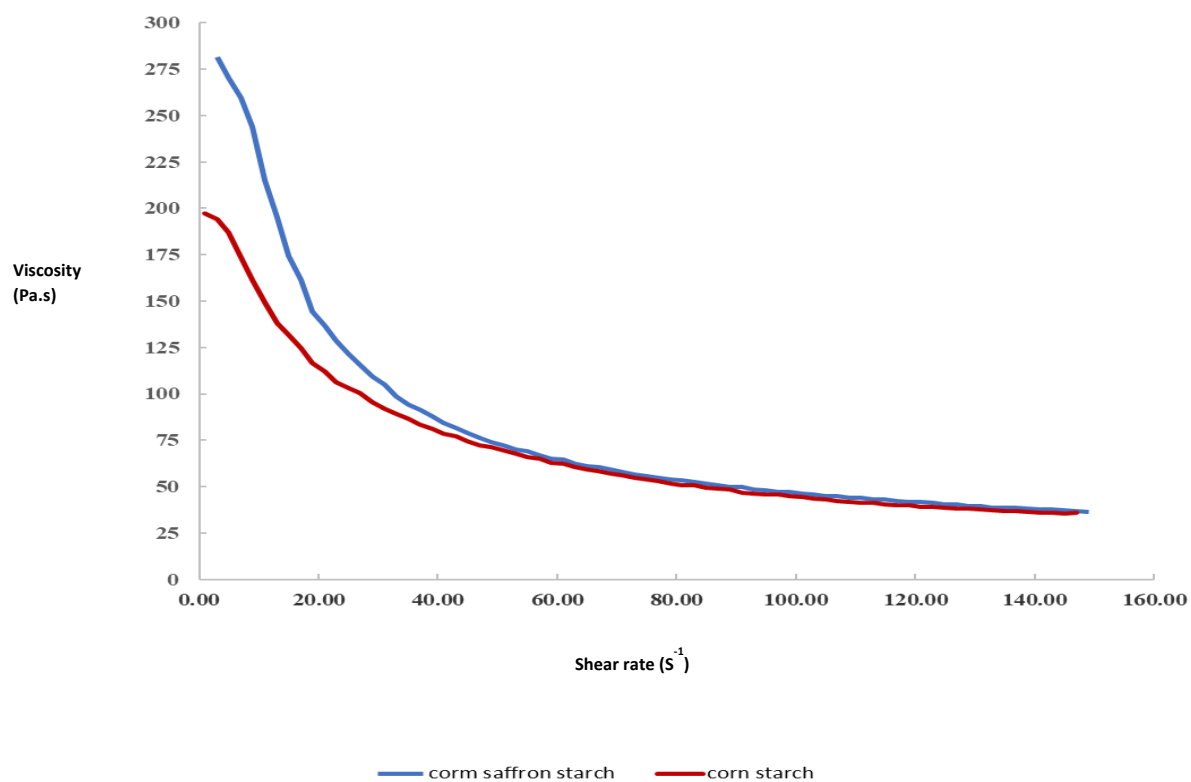


FIGURE 3- VISCOSITY CURVE AGAINST SHEAR RATE FOR SAFFRON ONION STARCH AND CORN STARCH

همچنان که رابطه بین ویسکوزیته ظاهری و درجه برش نمونه‌ها نشان می‌دهد، با افزایش درجه برش کاهش ویسکوزیته ظاهری مشاهده شد. لازم به ذکر است که بین کاهش ویسکوزیته و افزایش درجه برشی رابطه‌ای وجود دارد. بدین صورت که می‌توان گفت در سرعت‌های برشی پایین کاهش شدید ویسکوزیته با سرعت صورت می‌گیرد، اما در سرعت‌های برشی بالاتر این کاهش با روند آهسته‌تری صورت می‌گیرد. مک کلمنتس (۱۹۹۹) علت این جریان را این گونه بیان نموده است که با افزایش درجه برش به میزان مورد نیاز جهت غلبه بر حرکت براونی، ذرات امولسیون بیشتر در جهت جریان قرار گرفته و مقاومت کمتری نسبت به جریان خواهند داشت که این مسئله سبب کاهش ویسکوزیته می‌شود [۴۵]. این روند تغییرات ویسکوزیته با درجه برش در افزایش کارایی پمپ در صنایع غذایی تولید کننده فرآورده‌های غیر نیوتنی اهمیت بسزایی خواهد داشت. کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی، به عدم درگیری زنجیره‌های ماکرومولکولی تحت اثر میدان برشی (هم راستا شدن با جهت برش) و همچنین شکستن احتمالی ساختار پلیمرها در محلول بستگی دارد. در سرعت‌های برشی پایین با تغییر در سرعت برش، ویسکوزیته کاهش ناگهانی داشت؛ در حالی که در غلظت‌های بالاتر، این کاهش ملایم‌تر بود. روان شدن در اثر برش به دلیل قرار گرفتن مولکول‌ها در جهت برش است. با افزایش سرعت برش، پلیمر که دارای زنجیره‌های بلند هستند و به صورت تصادفی و به هم ریخته قرار دارند، به صورت ردیفی در جهت جریان قرار گرفته و باعث کاهش اتصالات زنجیره‌های جانبی پلیمر با یکدیگر می‌شوند. مقدار ویسکوزیته در سرعت برش پایین، مسئول ایجاد قوام در فرآورده‌های غذایی است؛ در حالی که مقدار ویسکوزیته در سرعت برش بالا بیانگر ویسکوزیته فرآورده در مراحل مختلف فرآیند است. از آنجا که ویسکوزیته محلول با افزایش سرعت برشی کاهش می‌یابد، کارایی پمپ کردن اینگونه سیالات با افزایش سرعت جریان پمپ افزایش می‌یابد. تحقیقات نشان می‌دهد که رفتار غیرنیوتنی، زمانی اهمیت دارد که شاخص رفتار جریان کمتر از ۰/۶ باشد. این

خصوصیت در فرمولاسیون امولسیون‌های روغن در آب اهمیت فراوانی دارد و با وجود این که امولسیون در هنگام خروج از ظرف به راحتی جریان پیدا می‌کند، اما از جدا شدن ذرات در اثر نیروی جاذبه جلوگیری شده و امولسیون با ثبات باقی می‌ماند [۴۶].

زنیاک و فارکاس (۱۹۶۲) نشان دادند که محلول یک بیوپلیمر با یک میزان بالای n تمایل دارد که در دهان حالت لزجی و چسبندگی ایجاد کند [۴۷]. هنگامی که ویسکوزیته بالا و احساس دهانی مطلوب مورد نظر است، نمونه‌ای را بایستی انتخاب کرد که مقدار n پایینی داشته باشد. بنابراین نمونه نشاسته پیاز زعفران برای بکارگیری در فرمولاسیون‌هایی که بافت لزجی کمتر یا احساس دهانی مطلوب‌تر مورد نیاز است، بسیار مناسب است. این نتیجه نشان می‌دهد که افزودن نشاسته پیاز زعفران سبب بهبود ویژگی‌های دسر لبنی از لحاظ ویسکوزیته می‌شود و رضایت آن را از نظر مصرف‌کننده افزایش می‌دهد.

۲-۳- خصوصیات فیزیکی و رئولوژیکی دسرهای لبنی تهیه شده با درصد‌های مختلف نشاسته پیاز زعفران و نشاسته ذرت

۳-۲-۱- بافت

پارامترهای بافت سنجی از منحنی پروفیل آنالیز بافت محاسبه شدند و در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است. تحقیقات نشان داده است که ویژگی‌های بافتی مواد غذایی تا حد زیادی تحت تاثیر ماهیت و ساختار اجزاء و برهمکنش‌های موجود در بین مواد فرمولاسیون می‌باشد [۴۸].

بر طبق نتایج بدست آمده سختی دسر با افزایش غلظت نشاسته زعفران به ۲۰٪ روند نزولی داشته که بیشترین اختلاف مربوط به نمونه شاهد با ۲۰٪ نشاسته زعفران می‌باشد. دلیل کاهش سختی بافت، عدم تشکیل شبکه ژله‌ای فشرده می‌باشد [۱۶]. نتایج مشابهی توسط آرورا و همکاران (۲۰۰۷)، جاین و همکاران (۲۰۱۳) بدست آمد. بدین ترتیب که جایگزین نمودن ساکارز با انواع مختلفی از شیرین‌کننده‌های قوی موجب کاهش سختی بافت در دسرهای لبنی می‌شود. ولی این محققین با گذشت زمان افزایش معنی‌داری

خاصیت صمغی بودن نیز از حاصلضرب پارامتر پیوستگی در سختی بدست می‌آید و نظر بر اینکه پارامتر سختی در بین نمونه‌های تولیدی کاهش یافته است، لذا انتظار میرفت که خاصیت صمغی بودن هم کاهش یابد که این تفاوت در نمونه شاهد با نمونه حاوی ۲۰٪ نشاسته زعفران بیشترین می باشد.

در میزان سفتی مشاهده کردند که آن را به تقویت ساختار ژلی دسر شیری در دماهای پایین نگهداری نسبت دادند [۴۹،۵۰].

نتایج آنالیز آماری پیوستگی نمونه‌ها نشان داد که بین نمونه ها در سطح آماری ۵٪ اختلاف آماری معناداری مشاهده می شود، بطوری که بیشترین میزان پیوستگی مربوط به نمونه ۱۰٪ می باشد. این مطلب نشان می‌دهد که حضور نشاسته پیاز زعفران در فرمولاسیون دسر لبنی منجر به تغییر در شکنندگی محصول نهایی در مقایسه با نمونه شاهد می شود.

Table 4- Parameters of hardness, cohesion and viscosity of dairy desserts produced from saffron crom starch

Parameters	Hardness 1 (N)	Cohesiveness	Gumminess (N)
Sample			
Control	0.930896± 0.008 ^a	0.60823488±0.004 ^c	0.566222071±0.009 ^a
Sample %5	0.707537±0.027 ^c	0.603386692±0.006 ^c	0.42700802±0.014 ^c
Sample %10	0.697292±0.038 ^c	0.628216022±0.013 ^a	0.437785125±0.014 ^c
Sample %15	0.76446±0.057 ^b	0.591670678±0.006 ^d	0.452492375±0.038 ^b
Sample 20%	0.52037±0.017 ^d	0.61368826±0.005 ^b	0.319298406±0.008 ^d

Different letters in each column show the statically significant differences (P<0.05)

گردیده که بافت نهایی دسر لبنی چسبندگی مناسبی داشته باشد.

قهرمانی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند افزایش سختی، چسبندگی و نیروی چسبندگی در سس مایونز با افزایش درصد جایگزینی عصاره چوبک با تخم مرغ به این دلیل است که در مقادیر بالاتر، عصاره چوبک قادر به تشکیل ژل مستحکم‌تری می‌باشد، ساختار امولسیون مستحکم‌تر شده و میزان سختی، چسبندگی و نیروی چسبندگی سس افزایش می‌یابد [۵۳].

همانطور که در بحث سختی بافت عنوان شد، به نظر می‌رسد نشاسته پیاز زعفران نقش اصلی را در نرمی بافت دارد. با توجه به رابطه سفتی بافت و قابلیت جویدن که بولاند و همکاران (۲۰۰۶) به آن اشاره نموده‌اند، می‌توان تأثیر نشاسته

نتایج مربوط به نیروی چسبندگی نمونه‌های دسر تولیدی (جدول ۵) نیز نشان داد با افزودن نشاسته پیاز زعفران در فرمولاسیون دسر، به طور کلی نیروی چسبندگی تمام نمونه‌ها نسبت به دسر شاهد کاهش یافت. این پدیده احتمالاً بدلیل عدم تشکیل ژل قوی در غلظت‌های بالاتر جایگزینی نشاسته می‌باشد. به طور کلی بیشترین میزان نیروی چسبندگی از نظر کمی مربوط به تیمار شاهد بود. نتایج مشابهی توسط هاشمی و همکاران (۱۳۹۴) در جایگزینی اینولین با روغن گیاهی و لاکتولوز با بخشی از شکر در بستنی بدست آمد [۵۱]. در ژله‌های قنادی برهم کش بین پایدار کننده‌ها و سایر ترکیبات رخ داده و ساکاروز به پایداری این ساختار کمک می‌کند [۵۲]. بنظر می‌رسد جذب آب توسط نشاسته پیاز زعفران باعث

پياز زعفران با قابليت جويدن بافت را توضيح داد. آنها اظهار داشتند كه زمان لازم براي جويدن ژل قبل از فرو بردن آن بطور معنی داری با سفتی ژل افزایش می یابد و ژل های همانطور كه در قبل اشاره شد در نمونه های تولیدی افزایش نشاسته پياز زعفران منجر به نرمی بافت شده و در نتیجه با افزایش نرمی، انتظار می رود زمان جويدن کاهش یابد.

Table 5- Chewing parameters, Adhesive Force of dairy desserts produced from saffron crom starch

Parameters	Adhesive Force (N)	Chewiness (Nmm)
Sample		
Control	0.322501187±0.012 ^a	7.241234855±0.159 ^a
Sample 5%	0.202257435±0.010 ^c	5.388023488±0.316 ^b
Sample 10%	0.217796049±0.033 ^c	5.570080752±0.182 ^b
Sample 15%	0.232646156±0.038 ^b	5.760257134±0.505 ^b
Sample 20%	0.109280359±0.003 ^d	3.897107476±0.116 ^c

Different letters in each column show the statically significant differences (P<0.05)

می تواند نگهداری به مدت بیشتری را باعث شود. مجذوبی و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش کردند در نمونه کنترل با داشتن کمترین میزان ماده خشک و کمترین میزان سختی، بیشترین آب اندازی بدست آمد، زیرا در این نمونه ساختار ضعیف ژل، توانایی بالایی را در حفظ و نگهداری آب نداشته است و در تیمارهای حاوی جوانه ی گندم نیز، با افزایش درصد و اندازه های ذرات، میزان ظرفیت نگهداری آب به طور معنی داری افزایش و یا میزان آب اندازی به طور معنی داری کاهش یافته است [۵۵]. به طور کلی، برخی ترکیبات مانند قطعات میوه یا عصاره های غلیظ می توانند با جذب آب آزاد محصول باعث کاهش سینرسیس گردند. همانطور كه مهرابی و گلی (۱۳۹۷) از ترکیب نشاسته ذرت و ژلاتین با هم به طور مؤثری در کاهش سینرسیس دسر لبنی بر پایه عسل خرما استفاده کردند [۲۲].

۳-۲-۲- آب اندازی

میزان سینرسیس از ساختار ژل به میزان سختی بافت و سائز و نحوه قرارگیری حفرات و منافذ موجود در شبکه بستگی دارد. میزان آب اندازی دسرهای تولید شده از نشاسته پياز زعفران در شکل ۴ نشان داده شده است.

همانطور كه در شكل ۴ مشاهده می شود میزان آب اندازی نمونه های حاوی نشاسته پياز زعفران کمتر از نمونه شاهد است كه این نشان دهنده پایداری بیشتر دسرهای لبنی حاوی نشاسته پياز زعفران است و از این نظر ویژگی مطلوبیست. در بین نمونه های دارای درصدهای مختلف نشاسته پياز زعفران نیز کمترین آب اندازی مربوط به نمونه ۲۰٪ است و به ترتیب نمونه ۱۰٪، ۱۵٪ و ۵٪ میزان آب اندازی آنها افزایش یافته است. بنابراین با افزایش درصد نشاسته پياز زعفران آب اندازی کاهش چشمگیری داشته است كه

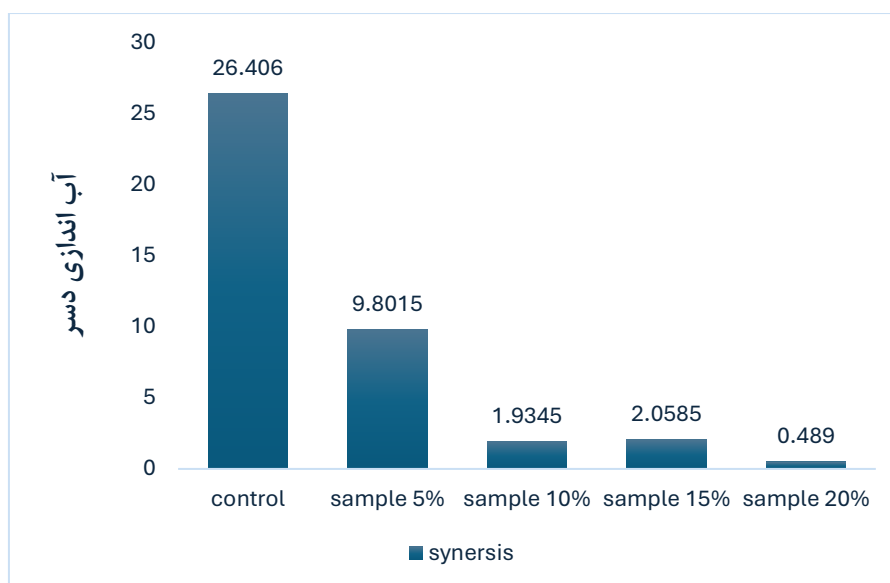


Figure 4- syneresis of desserts produced from saffron onion starch

تیمار و سایر شرایط فرآیند دانه‌ها و ترکیبات تشکیل‌دهنده به خصوص مقدار نشاسته آسیب‌دیده بستگی دارد [۵۷].

۳-۲-۳- رنگ

در رنگ سنجی افزایش پارامترهای *a و *b به ترتیب مربوط به افزایش پارامترهای قرمزی و زردی نمونه‌ها است و فاکتور *L نشان‌دهنده میزان روشنایی نمونه می‌باشد. پارامترهای *L، *a و *b برای ۵ نمونه دسر لبنی با درصد‌های مختلف نشاسته پیاز زعفران را در جدول ۶ نشان داده شده است.

این نتایج با مطالعه جریدی و همکاران (۲۰۱۵) همخوانی داشت به طوری که گزارش کردند محصولات خرما منبع خوبی از ترکیبات قوام‌دهنده (فیبرهای خوراکی) بوده که در کاهش تراوش خود به خودی فرمولاسیون درگیر است و می‌توانند به عنوان یک افزودنی طبیعی در فرمولاسیون محصولات لبنی جدید با ارزش غذایی بالا به کار گرفته شوند [۵۶]. در مطالعه ذبیحی و کاراژیان (۱۴۰۱) بر اساس نتایج به دست آمده، اضافه کردن آرد ارزن به دسر لبنی سبب افزایش معنی‌داری در میزان ظرفیت نگهداری آب دسر می‌شود. ظرفیت جذب آب به عوامل مختلفی از جمله نوع دانه، مدت زمان آسیاب، پیش

Table 6- Colorimetric parameters of desserts produced from saffron onion starch

Treatment	*b	*a	*L
Control	12.44±0.014 ^b	-3.44±0.044 ^a	90.85±0.074 ^a
Sample 5%	11.92±0.016 ^c	-3.40±0.038 ^b	90.62±0.079 ^b
Sample 10%	12.14±0.033 ^d	-3.35±0.037 ^c	90.27±0.096 ^c
Sample 15%	12.36±0.021 ^c	-3.40±0.044 ^b	90.4±0.101 ^d
Sample 20%	12.986±0.009 ^a	-2.883±0.004 ^d	90.52±0.032 ^c

Different letters in each column show the statically significant differences ($P < 0.05$)

روشنایی (*L) کاهش، قرمزی (*a) و زردی (*b) نیز افزایش داشته است. ارزیابی رنگ دسر لبنی مهربابی و گلی (۱۳۹۷) نیز نشان داد که با تغییرات درصد نشاسته و عسل خرما تغییرات محسوسی در فاکتور *L رخ نمی‌دهد؛ اما با افزایش عسل خرما از ۱۷ تا ۲۲٪ باعث افزایش فاکتور *a (قرمزی) و از ۵/۱۹ تا ۲۲٪ باعث افزایش *b (زردی) می‌شود [۲۲] که از این نظر مشابه نتایج این

همانطور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود نمونه دارای ۱۰٪ نشاسته پیاز زعفران کمترین و نمونه شاهد بیشترین روشنایی را داشته است. از نظر پارامتر قرمزی نمونه دارای ۲۰٪ نشاسته پیاز زعفران بیشترین و شاهد، کمترین قرمزی را داشته اما از نظر زردی نمونه دارای ۵٪ نشاسته پیاز زعفران کمترین و نمونه ۲۰٪ بیشترین زردی را نشان داد. به طور کلی، با افزایش درصد نشاسته پیاز زعفران از ۰ تا ۲۰٪

پژوهش است. همچنین مجذوبی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند فاکتور L^* که نشان‌دهنده میزان روشنایی نمونه می‌باشد، در تمامی نمونه‌های مورد بررسی در تیمارهای حاوی جوانه گندم کمتر از نمونه شاهد بود و در هر تیمار نیز با افزایش درصد جوانه گندم فاکتور L^* کاهش و یا به عبارتی نمونه‌ها تیره‌تر شدند. در تیمارهای حاوی جوانه گندم خام و فرآیندشده میزان مؤلفه‌های رنگ سنجی a^* و b^* کمتر از نمونه شاهد بود و در تیمارهای حاوی جوانه‌ی گندم، با افزایش اندازه ذرات و درصد جوانه گندم مقدار قرمزی-سبزی و زردی-آبی به طور معنی‌داری افزایش یافت [۵۵]. در مطالعه دیگری، جریدی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که افزودن سیروپ خرما به دسر لبنی منجر به افزایش پارامترهای رنگی محصول می‌گردد. به طور کلی قندهای احیاکننده متفاوتی همچون گلوکز و فروکتوز، در عسل خرما وجود دارند. برهمکنش بین قندهای احیاءکننده در عسل خرما و پروتئین‌های شیر دسر لبنی طی واکنش مایلارد (واکنش قهوه ای شدن غیرآنزیمی) اتفاق می‌افتد که این واکنش می‌تواند منجر به تشکیل ترکیبات رنگی در محصول گردد و با افزایش میزان آن در فرمولاسیون دسر، شاخص های رنگی را افزایش داده است [۵۶]. براساس نتایج ذبیحی و کاراژیان (۱۴۰۱) نیز، اضافه کردن آرد ارزن سبب افزایش معنی‌داری در مولفه های a^* و b^* و کاهش مولفه L^* در دسر لبنی می‌شود و مشخص گردید که آرد ارزن بدلیل جذب آب باعث کاهش پراکنش نور شده و در نتیجه درجه روشنایی (L^*) را کاهش می‌دهد [۵۷]. براساس نتایج محمودزاده و احمدی دستگردی (۱۳۹۹) با افزایش میزان اینولین و مدت نگهداری در

فرمولاسیون دسر شیری شکلاتی، شاخص درخشندگی کاهش یافت [۵۸]. ابدال-خیر (۲۰۰۹) نشان داد که افزودن اینولین به شیر شکلاتی باعث کاهش L^* در نمونه‌ها گردیده ولی مقادیر a^* و b^* نسبت به نمونه شاهد افزایش می‌یابد [۵۹]. تارگا و کاستل^{۲۱} وانیلی، تارگا و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی دسر لبنی حاوی اینولین شاهد نتایج مشابهی (۲۰۰۷) در بررسی دسر لبنی بودند [۱۴].

۳-۲-۴- ارزیابی حسی

به منظور بررسی واکنش‌های مصرف‌کنندگان نسبت به مصرف این نوع دسر لبنی جدید تهیه شده از نشاسته پیاز زعفران از آزمون ارزیابی حسی استفاده شد و پارامترهای رنگ، بو، بافت، طعم و پذیرش کلی تیمارهای مختلف بررسی و مقایسه گردید. در نمودار عنکبوتی نتایج حاصل از بررسی این پارامترها که میانگینی از ارزیابی ۱۴ نفر است، آورده شده است.

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود نمونه شاهد از لحاظ رنگ، بافت و طعم بیشترین نمره را دریافت کرده است. مجذوبی و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش کردند امتیاز دریافتی برای نمونه ی کنترل در حد بسیار خوب و در تیمارهای حاوی جوانه ی گندم نیز تا سطح ۵٪ امتیاز بسیار خوب برآورد شده است و با افزایش درصد جوانه ی گندم خام بیش از ۵٪ امتیاز دریافتی به طور معنی‌داری کاهش یافت و در حد خوب برآورد شد. بنابراین گرچه اختلافات اندکی در پذیرش نمونه‌های دسر لبنی شاهد و تیمار شده با جوانه ی گندم وجود داشت، اما تا سطح ۵٪ تغییرات معنی‌داری را در ترجیح ارزیاب ها در انتخاب محصول ایجاد نکرد [۵۵].

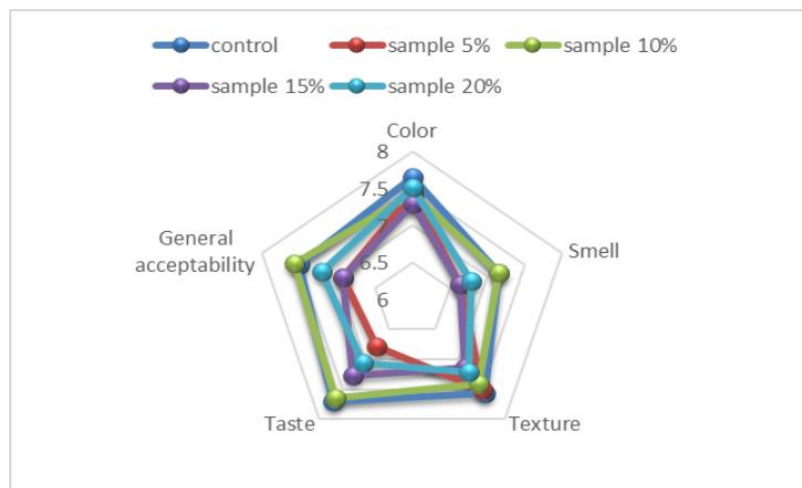


Figure 5- Sensory evaluation of dairy desserts with different percentages of saffron onion starch

نمود و با افزایش غلظت آرد ارزن، نمره رنگ بیشتر شد. از نقطه نظر بافت نیز نمونه های حاوی آرد ارزن نرم تر و مطلوب تر بودند. یکی از مهم ترین فاکتورهای اثرگذار بر پذیرش بافتی دسر شیری، میزان ژلی بودن نمونه می باشد. با افزایش مقدار آرد ارزن، میزان ژلی شدن و سختی به طور محسوسی کاهش یافت. [۵۷]. در مطالعه حاضر اگرچه تفاوت معنی داری در مقبولیت کلی دسرهای لبنی حاوی نشاسته پیاز زعفران با دسر کنترل وجود نداشت، اما بالاترین امتیاز مقبولیت کلی به دسر حاوی ۱۰٪ نشاسته زعفران و پس از آن به نمونه شاهد و نمونه حاوی ۲۰٪ تعلق گرفت. میانی سریزدی و همکارانش (۱۳۹۵) گزارش دادند که با افزایش میزان ژلاتین به دسر لبنی از نظر ارزیاب ها، سختی بافت بیشتر و پذیرش کلی آن نیز افزایش یافته است، به جز نمونه بدون پودر مالت و حاوی دو درصد ژلاتین که بیش از حد سخت بوده و مقبولیت آن کاهش یافته است [۱۶]. مطالعه ذبیحی و کاراژیان (۱۴۰۱) نیز بالاترین امتیاز پذیرش کلی را نمونه شاهد و بعد از آن نمونه حاوی ۵۰٪ آرد ارزن کسب نمود [۵۷]. نتایج مشابهی توسط محمودزاده و احمدی دستگردی (۱۳۹۹) بدست آمد [۵۸] اما به طور کلی طبق نتایج آنالیز آماری با جایگزینی و افزایش درصد نشاسته پیاز زعفران اختلاف معنی داری در رنگ، طعم، بو، بافت و مقبولیت کلی ایجاد نشد.

از نظر بو، هیچ کدام از تیمارها با نمونه شاهد تفاوت معنی داری نداشتند ($p > 0.05$). در مطالعه دیگری ذبیحی و کاراژیان (۱۴۰۱) گزارش کردند که با افزایش میزان آرد ارزن از نظر ارزیاب ها، طعم و بوی دسر لبنی کاهش یافته است. از نظر ارزیاب ها شیرینی نمونه های دسر تحت تاثیر غلظت های مختلف آرد ارزن قرار نگرفت ولی بین نمونه شاهد با سایر نمونه ها تفاوت معنی داری مشاهده شد [۵۷]. مطابق شکل ۵، نمونه ۱۵٪ از نظر رنگ و بافت کمترین نمره را دریافت نمودند که این نتایج با نتایج آنالیز رنگ دستگاهی همخوانی داشت اما در آنالیز آماری تفاوت معنی داری با نمونه شاهد وجود نداشت ($p > 0.05$). در مطالعه میانی سریزدی و همکاران (۱۳۹۵) افزودن مقادیر مختلف ژلاتین از دیدگاه ارزیابان بر رنگ، طعم و شیرینی محصول تاثیر معنی داری نداشته است. این مسئله حاکی از آن است که اضافه کردن ژلاتین به دسر رنگ، طعم و شیرینی آن را تحت تاثیر قرار نمی دهد [۱۶]. محمودزاده و احمدی دستگردی (۱۳۹۹) نشان دادند که ظاهر و رنگ نمونه های مختلف دسر شکلاتی حاوی اینولین و استویا با یکدیگر مشابه اند [۵۸]. نتایج مشابهی توسط آرسیا و همکاران (۲۰۱۱) بدست آمد، این محققان از اینولین به عنوان جایگزین چربی در دسر لبنی کم چرب استفاده کردند. آن ها گزارش نمودند که ماست حاوی اینولین زنجیره بلند، بافت و ساختار بهتری نسبت به نمونه کنترل دارد [۶۰]. ذبیحی و کاراژیان (۱۴۰۱) نیز گزارش کردند با افزودن آرد ارزن، رنگ نمونه ها امتیاز کمتری کسب

۴- نتیجه گیری

با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر، شفافیت سوسپانسیون ۱٪ نشاسته پیاز زعفران ۱/۸۰۴ درصد، حداقل غلظت ژل دهی نشاسته پیاز زعفران، ۱۰ درصد، حلالیت نشاسته پیاز زعفران ۱۱/۶ درصد، جذب آب نشاسته پیاز زعفران ۸/۲۳ g/g، قدرت تورم نشاسته پیاز زعفران ۹/۳۱ درصد شد که با در نظرگیری اعداد مربوط به ارقام نشاسته سایر محصولات، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نشاسته استخراجی از پیاز زعفران قابلیت و پتانسیل لازم برای استفاده در فرآورده‌های حاوی نشاسته را داراست و می‌تواند در فرمولاسیون فرآورده‌های پخت عملکرد مشابهی از خود نشان دهد و اینکه سوسپانسیون نشاسته پیاز زعفران جزو سیالات غیریوتنی از نوع سودوپلاستیک است. نمونه نشاسته پیاز زعفران برای بکارگیری در فرمولاسیون‌هایی که بافت لزجی کمتر یا احساس دهانی مطلوب‌تر مورد نیاز است، بسیار مناسب است. تولید دسر لبنی با استفاده از نشاسته پیاز زعفران امکان‌پذیر است و نسبت به دسر تهیه شده از نشاسته ذرت خواص جریان‌پذیری مناسب‌تری دارد از جمله اینکه با افزایش درصد جایگزینی نشاسته سختی دسر کاهش یافت. پیوستگی نمونه‌ها با افزایش درصد جایگزینی تغییر معنی‌داری داشت بطوری که بیشترین میزان پیوستگی مربوط به نمونه ۱۰٪

۵- منابع

نشاسته زعفران بود. همچنین، نیروی چسبندگی، با افزودن نشاسته پیاز زعفران در فرمولاسیون دسر در تمام نمونه‌ها کاهش یافت. افزایش نشاسته پیاز زعفران در نمونه‌های تولیدی منجر به نرمی بافت شده و در نتیجه با افزایش نرمی، انتظار می‌رود زمان جویدن کاهش یابد. با کاهش پارامتر سختی در بین نمونه‌های دسر لبنی، خاصیت صمغی بودن نیز کاهش یافت. همچنین آب اندازی دسر لبنی که یک ویژگی نامطلوب در نظر گرفته می‌شود در دسر لبنی حاوی ۲۰ درصد نشاسته پیاز زعفران به کمترین میزان رسید که به نگهداری بیشتر محصول کمک می‌کند. از لحاظ پارامترهای رنگ‌سنجی نیز با افزایش درصد نشاسته پیاز زعفران از ۰ تا ۲۰٪ روشنایی (*L) کاهش، قرمزی (*a) و زردی (*b) افزایش داشته است. آنالیز آماری خصوصیات حسی دسرهای لبنی از نظر پارامترهای رنگ، بافت، بو، طعم و مقبولیت کلی اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($p > 0.05$).

تحقیقات بعدی در این زمینه می‌تواند منجر به تولید نشاسته اصلاح شده از پیاز زعفران گردد که منجر به بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و رئولوژیکی دیسپرسیون حاصل شود، لذا کاربرد آن را در فرآورده‌های حاوی نشاسته از قبیل ژل‌های لبنی مناسب‌تر می‌سازد.

- [1] Nadian Narges AMH, Abbas Tabar Ahangar Hossein, Arabi Azam. Comparison of functional and physicochemical properties of quinoa starches of TTKA and Pishgam wheat starches Iranian Journal of Food Science and Industry. April 2022;19.
- [2] Ain Afshar Soudabeh SP. Production of antioxidant extract, starch and edible film from saffron seed wastes Saffron Promotion Magazine. 2017;Volume 01 - Number 02 - Extension 02 .
- [3] Perez S BP, Gallant DJ ed. By Bemiller J, and Whistler R, Academic Press NY Structural features of starch granules I, in Starch :Chemistry and Technology. 2009:149-92.
- [4] Bello-Perez LA A-AE. Starch, in: Starch-Based Materials In Food Packaging: Processing, Characterization And Applications. Elsevier Inc. 2017; Isbn: 978-012812257-0, 978-012809439-6.
- [5] Bello-Perez LA F-SP, Agama-Acevedo E, Tovar J. Starch digestibility: past,present, and future.

J Sci Food Agric. 2020 Nov;100(14):5009-16.

- [6] Karajian Hojjat RMA. Investigation of flowability characteristics of date paste. Journal of Food Science and Technology. autumn 2018(2nd).
- [7] Alvarezort, M., Gomez Gomez, L., Rubio, A., Escriban pardo, J., Jimenez, F., and Fernandez, J.A. Development and gene expression in saffron corms. Acta Horticulturae 2004; 650: 141-148.
- [8] G.O. Phillips, P.A. Williams Murphy, P. Starch. in: Handbook of Hydrocolloids, (Eds.), Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.2000.
- [9] Soodabeh E, T, Hakimi Zahra ,Emami Azadeh,. Acute and Subchronic Toxicity and Cytotoxicity of Saffron Corm Extract. Journal of Medicinal Plants and By-products. 2024;1:11-9.
- [10] Saidi Rad MH, Shraei; P.; Zarif Neshat,S The effect of packaging, temperature and storage time on the physical and mechanical properties and wastes of saffron (Crocus sativus L). bimonthly scientific-

research journal of medicinal and aromatic plants of Iran. 2015;32 (1):14-22.

[11] Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Journal of Field Crops Research*. 2007; 5 (1): 155-166. (In Persian with English Summary).

[12] Srivastava R, Ahmed, H., Dixit, R.K., Dharamveer, S., Saraf. A *Crocus Sativus* L.: a comprehensive review. *Pharmacognosy Reviews*. 2010; 4(8):200-10.

[13] Ministry of Agriculture- Jihad (MAJ) (<https://maj.ir/>). [Internet]. 2024.

[14] Tárrega AC, E. Effect of inulin addition on rheological and sensory properties of fat-free starch-based dairy desserts. *International Dairy Journal*. 2006b;16(9): 1104-12.

[15] Toker OS, Dogan, M., Canıylmaz, E., Ersöz, N. B. & Kaya, Y. The effects of different gums and their interactions on the rheological properties of a dairy dessert. 2013.

[16] Miani Sar yazdi Saeedeh AM, Aminifar Mehrnaz, Ghafarpour Mansour, Dastmalchi Farnaz, Maqsoodlou Yahya, Mohammadi Maryam. Investigating the physicochemical, textural and sensory characteristics of ultra-beneficial dairy dessert with uncoated barley malt. *Biosystem Engineering of Iran (Agricultural Sciences of Iran)* 2015; 47(3):501-509.

[17] Ehtiaty A. Effect of hydrocolloids and salt on Pasting and rheological properties of sorghum starch. Faculty of Agriculture, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad. 2018.

[18] Sujka M JJ. Ultrasound-treated starch: SEM and TEM imaging, and functional properties. . *Food Hydrocolloids*. 2013; 31: 413-419.

[19] DEMIATE Ivo Mottin KV. Cassava starch in the Brazilian food industry. *Food Science and Technology (Campinas)*. June 2011; 0101-2061.

[20] Kaya A, Sanghoon, K. & Sundaram, G. . Viscosity and color change during in situ solidification of grape pekmez. *Food Bioprocess Technol*. 2011; 4:241-6.

[21] Kaya A, & Belibagli, K.B. Rheology of solid Gaziantep pekmez. *Journal of Food Engineering*. 2002; 54:221-6.

[22] Mehrabi Zahra MG. Production of dairy dessert based on the formulation of date honey, corn starch and gelatin with the help of the method Response Level (RSM). *Journal of Nutritional Sciences and Food Industries of Iran*. 2017;13th year, number 3, autumn:115-25.

[23] Yam KLaP, S. E. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surface. *Journal of Food Engineering*. 2004; 61:137 – 142.

[24] Wu TY, Chang, C.R., Chang, T.J., Chang, Y.J., Liew, Y., & Chau, C.F. Changes in

physicochemical properties of corn starch upon modifications by atmospheric pressure plasma jet. *Food Chemistry*. 2019; (283):46-51.

[25] Golkar A, Mohammadzadeh Milani J, Motamedzadegan A, Esmailzadeh Kenari R. Effect of thermal-ultrasound on the rheological properties of corn starch-Arabic gum paste. *Food Science and Technology*. 2020; 17(106):133-43.

[26] Huang Q LL, Fu X. . Ultrasound effects on the structure and chemical reactivity of cornstarch granules. *Starch/Stärke*. 2007; 59:371–8.

[27] Zhang Y GZ, Zhu L, Hong Y. Comparative study on the interaction between native corn starch and different hydrocolloids during gelatinization. *International Journal of Biological Macromolecules* Accepted. 2018.

[28] Zuo YYJ HP, Hemar Y., M. A. Quantification of high-power ultrasound induced damage on potato starch granules using light microscopy. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2012;19:421–6.

[29] F. Shokrollahi FS, M.J. Varidi, A. Koocheki, F. Sohbatzadeh. The Effect of Non-thermal Plasma on Improvement of Functional Properties of Sorghum Starch. *Iranian Food Science and Technology Research Journal* May-June 2023;19:217-29.

[30] Ali, T. M., & Hasnain, A. (2013). Morphological, Physicochemical, and Pasting Properties of Modified White Sorghum (*Sorghum bicolor*) Starch. *International Journal of Food Properties*, 17(3), 523–535. <https://doi.org/10.1080/10942912.2012.654558>.

[31] Kumar R, & Khatkar, B.S. Thermal, pasting and morphological properties of starch granules of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Journal of Food Science and Technology* 2017; 54(8):2403-10.

[32] Jan, KN., Panesar, P., Rana, J., Singh, S. . Structural, thermal and rheological properties of starches isolated from Indian quinoa varieties. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2017; 102:315-22.

[33] Matos M, Timgren, A., Sjöö, M., Dejmek, P., Rayner, M. . Preparation and encapsulation properties of double Pickering emulsions stabilized by quinoa starch granules. *Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering Aspects*. 2013; 423:147-53.

[34] Lindeboom N, Chang, P. R., Falk, K. C., Tyler, R. T. Characteristics of starch from eight quinoa lines. *Cereal Chemistry*. 2005; 82:216-22.

[35] Taziki, S., Razavi, S. M. A. (2023). 'Study of the Functional Properties and the Retrogradation Behavior of Native Wheat Starch in the Presence of Cress Seed Gum and Sucrose', *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 19(1), pp. 1-15. doi: 10.22067/ifstrj.2021.69660.1029 .

[36] Heydari A, Razavi, M. ,Hesarinejad, M., and Farahnaky,A. New Insights into Physical,Morphological, Thermal, and Pasting

- Properties of HHP-Treated Starches: Effect of Starch Type and Industry-Scale Concentration. *Starch*. 2021;73:7-8.
- [37] Chong WT, Uthumporn, U., Karim, A.A., & Cheng, L.H. . The influence of ultrasound on the degree of oxidation of hypochlorite-oxidized corn starch. *LWT- Food Science and Technology*. 2013; 50(2):439-43.
- [38] Abedi E, Pourmohammadi, K., Jahromi, M., Niakousari, M., & Torri, L. . The effect of ultrasonic probe size for effective ultrasound-assisted pregelatinized starch. *Food and Bioprocess Technology* 2019; 12(11): 1852-62.
- [39] Lutfi Z, Nawab, A., Alam, F., Hasnain, A., & Haider, S.Z. . Influence of xanthan, guar, CMC and gum acacia on functional properties of water chestnut (*Trapa bispinosa*) starch. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2017; 103:220-5.
- [40] Wongsagonsup R, Pujchakarn, N., Jitrakbumrung, S., Chaiwat, W., Fuongfuchat, A., Varavinit, S., Dangtip, S., & Suphantharika, M. . Effect of cross-linking on physicochemical properties of tapioca starch and its application in soup product. *Carbohydrate Polymers*. 2014 b;101: 656-65.
- [41] Hedayati S, Majzoubi, M., Shahidi, F., Kuchaki, A., Farhanaki, A., The effect of sucrose and glucose on the functional properties of corn starch. *Food science and industry*. 2018;77: 15.
- [42] Hirashima M, Takahashi, R. and Nishinari, K. . Changes in the viscoelasticity of maize starch pastes by adding sucrose at different stages. *Food Hydrocolloids*. 2005;19:777-84.
- [43] Mirzababaei M, Ozmen, D., Hesarinejad, M., Toker, O., Yeganehzad, S. A study on the structural, physicochemical, rheological and thermal properties of high hydrostatic pressurized pearl millet starch. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022; 223:511-23.
- [44] Steffe J. Rheological methods in food process engineering. East Lansing. 1996.
- [45] MC Clements DJ. Food emulsions, principles, practice and techniques LLC: CRC press. 1999.
- [46] Taherian AR, Fustier, P & Ramaswamy, H.S. Effect of added weighting agent and xanthan gum on stability and rheological properties of beverage cloud emulsions formulated using modified starch. *Journal of Food Engineering*. 2007;30:204-24.
- [47] Szczesniak AS, & Farkas, E. Objective characterization of the mouth feel of gum solutions. *Journal of Food Science*. 1962;27:381-5.
- [48] Shahidi F, Khalilian, s., Mohebi, M., Khazai, A. and Maghami Kia, h. . Investigating the effect of starch and guar on textural parameters, color and acceptability of carrot paste. *Journal of food processing and preservation*. 2012; 4(2):15-28.
- [49] Arora S SVP, Yarrakula S, Gawande H, Narendra K, Sharma V, Sharma G S. . Textural and microstructural properties of burfi made with various sweeteners. *Journal of texture studies*. 2007; 38(6):684-97.
- [50] Jain P KA, Jha A, Kumar R, Pandey S K. . Textural and sensory properties of lal peda manufactured with artificial sweeteners and bulking agents. *International Journal of Dairy Technology*. 2013; 66(1):119-26.
- [51] Hashemi MK, H. Shekarforosh, SH. Evaluation of physicochemical, textural and sensory characteristics of synbiotic low-fat or low-sugar ice creams. *Journal of food hygiene*. 2014; 2 (18):71-81.
- [52] Karajian, H. Chubak (*Acanthophyllum glandulosum*) root gum, *Emerging Natural Hydrocolloids: Rheology and Functions*, Book Chapter, 2019;371-396.
- [53] Ghahremani N, Karajian, H. The effect of substituting egg yolk with *Acanthophyllum glandulosum* gum on the rheological properties of mayonnaise. *Food Research Journal* 2015; 25(2):221-229.
- [54] Boland A B DCM, van Ruth S M. . Influence of the texture of gelatin gels and pectin gels on strawberry flavour release and perception. *Food chemistry*. 2006; 96(3):452-60.
- [55] Majzoubi, M. Ghiasi, F. Farhanaky, A. Physicochemical assessment of fresh chilled dairy dessert supplemented with wheat germ. *International Journal of Food Science and Technology* 2016; 51, 78-86.
- [56] Jridi M SN, Ben Salem M, Ayadi MA, Nasri M, Azabou S. . Tunisian date (*Phoenix dactylifera* L.) byproduct: Characterization and potential effects on sensory, textural and antioxidant properties of dairy desserts. *Food Chemistry*. 2015; 188:8-15.
- [57] Zabihi F, Karazhiyan H. Physicochemical and Textural Properties of Dairy Dessert Containing Millet Flour as a Substitute for Rice Flour. *FSCT* 2022; 19 (123) :329-340.
- [58] Mahmoodzadeh A, Ahmadi Dastgerdi, A. . The effects of Stevia (*Rebaudioside*) and Inulin on the Physicochemical, Antioxidant and Sensory Properties of Low-Calorie Chocolate Dairy Dessert. *EJFPP*. 2019;12(20(13-24).
- [59] Abd El-khair, A.A. (2009). Production and evaluation of a high protein version of non-fat yogurt. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(4): 310-316.
- [60] Arcia P L NS, Costell E, Tárrega, A. Effect of inulin seeding on rheology and microstructure of prebiotic dairy desserts. *Food Biophysics*. 2011; 6(4): 440-9.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigation of the physical properties of starch extracted from saffron corm and its use in dairy dessert formulation

Sanaz Nadafimoghadam¹, Hojjat Karazhian², Zohreh Abdi-Moghadam^{*3}

1- Graduated of master of Food Safety and Hygiene, School of Medicine, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran

2- Department of Food Science and Technology, Torbat-e Heydarieh Branch, Islamic Azad University, Torbat-e Heydarieh, Iran

3- Department of Nutrition, and Food Sciences, School of Medicine, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2024/9/20

Accepted: 2025/1/27

Keywords:

corn starch,
saffron corm,
rheological properties,
dairy dessert,
texture analyzing

DOI: 10.22034/FSCT.22.163.151.

*Corresponding Author E-

z.abdimoghadam1@gmail.com

ABSTRACT

Starch is the most important source of stored energy in plants, which is abundantly found in cereal grains and tuberous plants. Due to the improvement of textural characteristics and rheological properties, it can be used to adjust the consistency of dairy food products. Saffron corms have a significant amount of starch and large quantities of saffron seeds are produced in the country every year. The purpose of this research is to prepare a dairy dessert with different percentages of saffron corm starch replaced with corn starch and to investigate the physical and rheological properties as well as the possibility of using saffron corm starch in dairy dessert formulation. First, the extraction of saffron corm starch was done with the help of water and centrifuge, and the tests of paste transparency, minimum gelling concentration, swelling power, solubility, water absorption and determining the flow behavior of the samples were done using common models of power law, Herschel model, Buckley and Bingham model were used to fit shear stress data on shear degree. Then, 5 dairy dessert samples were prepared with 0 (control), 5, 10, 15 and 20% of saffron corm starch replaced with corn starch and the texture, wateriness, color and sensory evaluation of the desserts were investigated. The fitting of the models showed that among the existing models, only the power law model expresses the flow behavior of the samples well. The consistency coefficient of the samples, K, varied from 0.865 to 0.557 and the flow behavior index number for saffron corm starch was 0.36. Apparent viscosity also decreased with increasing shear rate. The texture evaluation results of the desserts also showed that the stickiness, stickiness, gummy property, and hardness of the dessert decreased with the increase in the concentration of starch replacement, and the consistency of the samples did not change significantly, and the increase in saffron corm starch resulted in a soft texture. With the increase in the percentage of saffron corm starch, watering and brightness (L^*) also decreased, and the analysis of sensory properties showed that the level of satisfaction with color, smell, texture, taste, and overall acceptability decreased. According to the findings of the present study, saffron corm starch suspension is one of pseudoplastic non-Newtonian fluids, and saffron corm starch sample is very suitable for use in formulations that require less viscous texture or more favorable mouthfeel. It was possible to produce a dairy dessert using saffron corm starch and it has a more suitable softness than the dessert made from corn starch, but it received less points in terms of colorimetry and overall acceptability.



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی اثر اسانس میخک هندی بر کاهش تعداد کلنی های تلقیح شده آسپرژیلوس نایجر بر روی میوه گواوا تو سرخ

مهدی پورهاشمی^۱، مهناز هاشمی روان^{۲*}، دکتر نازنین زند^۳، دکتر علیرضا شهاب لواسانی^۴

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

۲- استادیار گروه علوم صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

۳- استادیار گروه علوم صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

۴- دانشیار گروه علوم صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۱

کلمات کلیدی:

آسپرژیلوس نایجر،

گواوا،

اسانس میخک هندی،

مدت ماندگاری

DOI:10.22034/FSCT.22.163.173.

* مسئول مکاتبات:

m_hashemiravan@yahoo.com

این مطالعه به ارزیابی اثر اسانس میخک هندی بر کاهش تعداد کلنی های آسپرژیلوس نایجر در میوه گواوا تو سرخ پرداخته است. هدف تحقیق بررسی تأثیرات ضد میکروبی اسانس میخک هندی با استفاده از غلظت های مختلف بر روی میوه های گواوا آلوده به آسپرژیلوس نایجر بود. برای این منظور، غلظت های مختلف اسانس میخک هندی (۰.۴، ۰.۵، ۰.۶، ۰.۷ و ۰.۸ میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه) به میوه های گواوا تزریق و سپس میوه ها با آسپرژیلوس نایجر تلقیح شدند. تأثیرات ضد میکروبی اسانس میخک هندی با اندازه گیری تعداد کلنی های کپک، pH، سفتی بافت، درصد کاهش وزن، رطوبت و تغییرات رنگ میوه در روز ۱، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ در دمای ۱۵-۱۸ درجه سانتی گراد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اسانس میخک هندی به طور قابل توجهی تعداد کلنی های آسپرژیلوس نایجر را کاهش می دهد. بالاترین اثر کاهش تعداد کپک ها با غلظت ۰.۷ میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه مشاهده شد، که به کاهش ۲/۲۹ لگاریتمی بار میکروبی منجر گردید. همچنین، درصد کاهش وزن و تغییرات pH نیز بهبود یافت. در مقایسه با تیمارهای بدون اسانس، تیمارهایی که با غلظت های بالاتر اسانس میخک هندی درمان شده بودند، کاهش قابل توجهی در درصد کاهش وزن و آسیب های بافتی نشان دادند. نتایج آزمون آنتی اکسیدانی DPPH نیز حاکی از فعالیت بالای آنتی اکسیدانی اسانس میخک هندی بود. به طور کلی، اسانس میخک هندی به عنوان یک ترکیب ضد میکروبی مؤثر در کاهش آلودگی آسپرژیلوس نایجر و بهبود کیفیت میوه گواوا تو سرخ قابلیت استفاده دارد، و می تواند در مدیریت پوسیدگی های پس از برداشت میوه ها به کار رود.

۱- مقدمه

در جهان امروز تکیه بر تولید از منابع داخلی در محصولات اساسی و توسعه صادرات از اهداف استراتژیک تأمین امنیت غذایی کشورها؛ و ارتقاء بهره‌وری عوامل تولید، حفاظت از منابع پایه تولید، ارتقاء دانش فنی تولیدکنندگان، توسعه پژوهش‌های کاربردی و غیره جزو اهداف کیفی و کمی در توسعه کشورها معرفی شده است. خطرات مرتبط با انتقال میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای ناشی از مواد غذایی، به یک مساله نگران‌کننده جهانی در صنایع غذایی، تبدیل شده است. در سال ۲۰۱۱، اتحادیه اروپا به تنهایی در مجموع ۵۶۴۸ شیوع بیماری ناشی از مواد غذایی گزارش کرده است که از ۶۹۵۵۳ مورد، ۷۱۲۵ مورد به بستری شدن در بیمارستان و ۹۳ مورد منجر به مرگ شده‌اند. شیوع بیماری‌های مرتبط با شرایط بهداشتی، که با مصرف محصولات غذایی در ارتباط هستند، نیازمند تحقیق و پژوهش برای دستیابی به تکنیک‌های آلودگی‌زدایی کارآمدتری می‌باشد [۱].

۱-۱- گواوا:

گواوا با نام علمی *Psidium guajava L.* گیاهی از خانواده *Myrtaceae* است. به نظر می‌رسد که این گیاه از جنوب مکزیک یا آمریکای شمالی منشأ گرفته باشد [۲]. از نظر گیاهشناسی میوه سته بوده و اندازه آن متوسط تا بزرگ، به وزن ۱۱۰ تا ۲۵۰ گرم و قطری در حدود ۵ تا ۱۰ سانتیمتر می‌باشد. شکل میوه براساس نوع رقم، گلابی، تخم مرغی و یا کروی است. سطح میوه نرم تا زبر بوده و عاری از کرک می‌باشد. رنگ میوه نابالغ اغلب سبز تیره بوده که در حالت بالغ به زرد تغییر

می‌کند. گوشت میوه رسیده، نرم و به رنگ سفید، صورتی یا قرمز می‌باشد. بذره‌های این میوه سفت است. از ویژگی‌های مطلوب میوه برای مصرف خوراکی، دارا بودن گوشت ضخیم، تعداد کم بذر و غلظت بالای قند می‌باشد [۳]. کشت گواوا در ایران، در استانهای هرمزگان و سیستان و بلوچستان انجام می‌شود. سطح زیر کشت این محصول در ایران ۱۲۹۷ هکتار با تولید ۷۳۳۱ تن می‌باشد [۴].

بیماری‌های پس از برداشت در گواوا^۱ به علت شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب در مرحله برداشت رایج می‌باشند. پوسیدگی‌های میوه در مرحله بلوغ و رسیدن میوه، در طی برداشت، انتقال و همچنین انبارداری ظاهر می‌گردند. معمول ترین بیماری قارچی پس از برداشت است که باعث خسارت شدیدی در گواوا می‌گردد [۵].

گواوا که معمولاً به دلیل ارزش غذایی و تغذیه‌ای خود در سراسر جهان شناخته می‌شود. ترکیباتی از جمله کورستین، گوايچاورین، ایزوفلاونوئیدها، اسید گالیک، کاتچین، اپی کاتچین، روتین، نارینجین، فلاونوئیدهای کامفرول و لسیترین‌های مخصوص گالاکتوز فعالیت‌امیدوارکننده‌ای از خود نشان داده‌اند [۶].

سفتی میوه در گواوا طی رسیدن کم می‌گردد و این کاهش به هشت برابر از مرحله سبز بالغ به مرحله نرم می‌رسد. میزان پروتئین کل میوه در طی رسیدن میوه زیاد می‌شود. همچنین میزان آنتی اکسیدانت کل و فنولها در طی رسیدن کاهش می‌یابد [۷].

۱-۲- آسپرژیلوس نایجر^۲:

قارچ آسپرژیلوس نایجر عضو جنس آسپرژیلوس می باشد و متعلق به قارچ هایی می باشد که معمولاً به صورت غیرجنسی تکثیر می یابند، البته تولید مثل جنسی (قارچ عالی) نیز در این جنس مشاهده می شود.

شاخصه ی اصلی آسپرژیلوس نایجر در جداسازی آن از سایر گونه های آسپرژیلوس، تولید کربن سیاه و یا اسپورهای بسیار سیاه می باشد کنیدیوفورهای نرم و عموماً بی رنگ و اسپورهای گرد و دارای برآمدگی های مشخص از دیگر ویژگی های فیزیکی آسپرژیلوس نایجر جهت شناسایی می باشد. این ویژگی های فیزیکی مثل رنگ اسپور و سرعت رشد آسپرژیلوس نایجر در محیط کشت مشخص جهت جداسازی آسپرژیلوس نایجر از محیط استفاده می شود [۸]. آسپرژیلوس نایجر علاوه بر فاسد نمودن مواد غذایی، می تواند یکسری متابولیت های قارچی که مایکوتوکسین نام دارند تولید کنند که به شرایط رشد و نوع گونه نیز بستگی دارد. مالفترین ها که به وسیله آسپرژیلوس نایجر تولید می شوند به صورت بالقوه بسیار سمی می باشند. رشد آسپرژیلوس نایجر در بافت های بدن و دستگاه تنفس، آسپرژیلوزیس نام دارد. اگر چه آسپرژیلوس نایجر به عنوان یک پاتوژن فرصت طلب در نظر گرفته می شود؛ طبق تحقیقات انجام شده امکان ایجاد اتومایکوزیس توسط این کپک نیز وجود دارد. مصرف مواد غذایی آلوده به توکسین های آسپرژیلوس نایجر می تواند باعث ایجاد سرطان شود. عضو اصلی که در مجاورت با توکسین های این کپک آسیب می بیند کبد است [۸].

۱-۳- اسانس میخک هندی^۳:

اسانس های گیاهی به عنوان دسته مهمی از ترکیبات ضد میکروبی طبیعی ظرفیت مناسبی را برای استفاده در انواع

مواد غذایی جهت مقابله با میکروارگانیسم های بیماری زا و عامل فساد را دارا هستند. این ترکیبات، عصاره های فرار و معطری هستند که از بخش های مختلف گیاهان شامل گل، دانه، غنچه، برگ و ریشه بدست می آیند. بدلیل ویژگی های شناخته شده زیستی و طعم دهندگی عصاره ها و اسانس های گیاهی، این دسته از ترکیبات در میان پرمصرف ترین مواد افزودنی (به اشکال مختلف) در انواع مواد غذایی محسوب می شوند [۹].

خاصیت قارچ کشی اسانس میخک، در اثر ترکیبات فنولی موجود در آن مثل اوژنول است. اسانس میخک هندی به طور موثری علیه بیماری های پس از برداشت کاربرد دارد و از خاصیت ضد عفونی کننده آن می توان در کنترل میکروارگانیسم های بیماری زای گیاهان استفاده کرد [۱۰].

ترکیب اسانس توسط طیف سنجی جرمی کروماتوگرافی گازی^۴ و پتانسیل آنتی اکسیدانی آن را با روش DPPH^۵ ارزیابی شد. تجزیه و تحلیل طیف سنجی جرمی کروماتوگرافی گازی اسانس میخک هندی منجر به شناسایی ۳۷ ترکیب شیمیایی شد که حدود ۹۹.۴۹ درصد از کل اسانس را تشکیل می دهد. اسانس میخک غنی از اوژنول (۵۹.۸۷٪) بوده است [۱۱].

کاریوفیلن ۲۳.۵۸٪، α- سلین (۴.۶۷٪)، α-ترپینیل استات (۴.۱۲٪) و هومولن (۳.۷۴٪). میخک اسانس آنتی اکسیدان قوی با حداکثر بازداري ۹۰.۹۴ درصد، قابل مقایسه با ترکیبات آنتی اکسیدانی می باشد [۱۱، ۱۲].

۲- مواد و روش ها

۱-۲- مواد اولیه: شامل میوه گواوا تو سرخ از استان سیستان و بلوچستان با متوسط وزنی ۱۱۰ گرم و یک شرایط محیطی کاشت و برداشت و آلودگی یکسان، محیط کشت میکروبی DG18^۶ مرک آلمان، سوش میکروبی آسپرژیلوس نایجر تهیه

5- Diphenyl picrylhydrazyl

6- Dichloran %18 Glycerol

2 -*Aspergillus niger*3 -*Daphne odora* essential oil

4- Gas chromatography mass spectrometry

شده از مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران و اسانس میخک هندی از شرکت بل آلمان تهیه گردیدند. در ابتدا بررسی غلظت و حداقل مقدار کشندگی اسانس میخک هندی انجام شد.

۲-۲- تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی از رشد (MIC)^۷ با استفاده از روش میکرو دیلوشن براث

برای این منظور از گونه‌های باکتری‌های مورد مطالعه یک کشت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد و در محیط کشت مولر هینتون براث (مرک آلمان) استفاده شد. محلول‌های استوک از اسانس میخک هندی تهیه و از پلیت ۹۶ خانه ای جهت بررسی استفاده شد. غلظت‌های مختلف اسانس با رقیق سازی محلول اصلی تهیه و پس از آن پلیت ۹۶ خانه ای به انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتیگراد بمدت ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری شد و پس از طی مدت گرمخانه گذاری محلول تری فینیل تترازیلوم کلراید با غلظت ۵ میلی گرم بر میلی لیتر تهیه شد و به هرخانه ۲۵ میکرولیتر از این معرف افزوده شد و اولین غلظتی که در آن رشد باکتری روی نداده و رنگ قرمز تشکیل نشد به عنوان MIC گزارش گردید [۱۳].

۲-۳- تعیین حداقل غلظت کشندگی (MBC)^۸ اسانس حداقل غلظت کشندگی اسانس میخک هندی برای باکتری‌های مورد مطالعه تعیین می‌شود. میزان ۱۰ میکرولیتر از چاهک‌هایی که فاقد رشد باکتری‌ها بودند، به پلیت‌های حاوی محیط کشت مولر هینتون آگار منتقل و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه گرمخانه گذاری می‌شوند. پتری‌هایی که فاقد کلنی بودند به عنوان MBC گزارش گردید. تمامی آزمایشات در سه تکرار انجام گرفت [۱۳].

افزودن اسانس میخک هندی با سرنگ انسولین به بدنه گواوا در ۶ نقطه تزریق گردید و گواوا بر اساس حداقل غلظت

کشندگی اسانس در ۵ سطح غلظت به شرح S1 با غلظت ۰/۴ میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه گواوا و S2 با غلظت ۰/۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه گواوا و S3 با غلظت ۰/۶ میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه گواوا و S4 با غلظت ۰/۷ میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه گواوا و S5 با غلظت ۰/۸ میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه گواوا و دو نمونه گواوا بدون اسانس T0 گواوا شاهد بدون هیچ فرآیند و T1 گواوا آلوده شده با آسپرژیلوس نایجر و پس از افزودن اسانس به گواوا مربوطه، میوه‌های گواوا را با آسپرژیلوس نایجر تلقیح گردید.

۲-۴- آماده سازی گواوا تلقیح شده به آسپرژیلوس نایجر: کشت‌های اولیه آسپرژیلوس نایجر: برای تهیه کشت‌های اولیه و ذخیره از آسپرژیلوس نایجر، از محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار^۹ در تشتک‌های سترون یکبار مصرف و کشت‌های شیب دار استفاده شد. ابتدا یک سوسپانسیون از پودر لیوفیلیزه آسپرژیلوس نایجر در ۲ میلی لیتر آب مقطر سترون تهیه گردید. از این سوسپانسیون به عنوان مایه تلقی برای تهیه کشت‌های ذخیره استفاده شد.

با استفاده از سویه قارچی آسپرژیلوس نایجر گواوا تو سرخ را با رقت ۱۰^۴ کلنی در هر گرم از گواوا آلوده گردید و گواوا تو سرخ آلوده شده با سویه باکتریایی را برای تصدیق وجود باکتری مورد آزمون میکروبی قرار گرفت و پس از آن گواوا تو سرخ را مورد آزمون میکروبی در آزمایشگاه شرکت بهار نیکو گستران و آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و شیمیایی در پژوهشگاه مهندسی شیمی ایران از روز اول تا روز بیست و هشتم بصورت هفتگی مورد بررسی و آزمون در ۳ تکرار قرار گرفتند.

Table No. 1 – Guava treatments

Infected With Aspergillus niger	density Daphne odora essential oil (mg/100g)	Type	treatment	Row
Yes	0.4	Infected Guava	S1	1
Yes	0.5	Infected Guava	S2	2
Yes	0.6	Infected Guava	S3	3

Yes	0.7	Infected Guava	S4	4
Yes	0.8	Infected Guava	S5	5
No	0	Guava Withess	T ₀	6
Yes	0	Infected Guava	T ₁	7

متفاوتی از جمله روشهای حسی و تجهیزات الکترونیکی برای سنجش بافت مواد غذایی وجود دارد که برخی از این روشها برای آزمون بافت مواد غذایی خاصی استاندارد شده اند. از دست دادن رطوبت، اصلی ترین علت کاهش وزن میوه طی انبارداری است که از طریق چروکیدگی و کاهش بازارپسندی میوه باعث خسارتهای اقتصادی زیادی می شود. از دیگر دلایل افت وزن، تنفس میوه و سوختن مواد آلی از جمله قندها است. سفتی بافت میوه با دستگاه مگنيس تیلور^{۱۱} اندازه گیری شد. آزمون نفوذسنجی (پنترومتري): سختی بافت میوه ها، نیروی مورد نیاز برای فروکردن پروب در گوشت میوه می باشد و توسط دستگاه آنالیز کننده بافت^{۱۲} که بیشترین نیروی مقاومت کننده در مقابل نفوذ را بر حسب نیوتن نشان می دهد اندازه گیری گردید. برای هر تیمار از ۱۰ میوه استفاده شد [۱۷، ۱۸].

۲-۸- درصد کاهش وزن :

برای اندازه گیری تغییرات وزن، ابتدا نمونه های گواوا تو سرخ بر روی ترازو قرار داده شد و سپس وزن نمونه ها هر روز با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه گیری شد و به مدت ۲۸ روز در یخچال در دمای ۱۵-۱۸ درجه سلسیوس نگهداری شدند. درصد کاهش وزن نمونه ها از طریق رابطه ۱ محاسبه شد [۱۹].

رابطه شماره ۱ درصد کاهش وزن

۱۰۰*(وزن میوه در روز اول / وزن میوه بعد گذشت زمان (۲۸، ۲۱، ۱۴، ۷روز) - وزن میوه روز اول) = درصد کاهش وزن

۲-۹- آزمون اندازه گیری رطوبت:

۲-۵- آزمون شمارش کپک های هوازی و بی هوازی :

ابتدا ۱ گرم نمونه گواوا را در زیر هود میکروبی وزن نموده و در ۱۰ سی سی محلول رینگر حل شده، سپس به روش CFU یک سری ۶ تایی لوله حاوی آب مقطر استریل با افزودن ۱ سی سی از نمونه به لوله شماره ۱ سریال رقت تهیه گردید و در محیط کشت DG18 به صورت پورپلیت دو لایه در جار بی هوازی کشت داده شد. بعد از در آون خلاء ۳۷ درجه سانتی گراد و با استفاده از گاز پک به مدت ۷۲ ساعت جهت شمارش کپک های هوازی و بی هوازی اختیاری در پلیت های چند قسمتی نگهداری شد. سپس از دستگاه کلنی کانت برای شمارش تعداد کپک استفاده شد [۱۴، ۱۵].

۲-۶- آزمون اندازه گیری pH :

آزمایش pH با دستگاه لاموته آمریکایی^{۱۰} انجام شد و دستگاه pH متر به ترتیب توسط محلول بافر با pH ۷ و همچنین محلول بافر با pH ۴ کالیبره شده و سپس، مقداری نمونه را در یک بشر خشک و تمیز ریخته شده و الکتروود دستگاه pH متر درون آن قرار گرفت و پس از گذشت مدت زمان اندک دمای pH متر با توجه به دمای نمونه تنظیم گردیده و پس از ثابت شدن عدد، pH نمونه قرائت شد [۱۶].

۲-۷- سفتی پوست و ساختار گواوا تو سرخ :

بافت یکی از خواص فیزیکی مواد غذایی است که بیانگر کیفیت آنها می باشد. بافت محصولات غذایی و کشاورزی شامل گستره وسیعی از تعاریف و شاخصها می باشد. این شاخصها شامل ویسکوزیته، سفتی، نرمی، خاصیت کشسانی و کشش پذیری می باشد که برای اندازه گیری هر یک از این ویژگیها دستگاه خاصی مورد استفاده قرار می گیرد. روشهای

۲-۱۲- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات:

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت آزمایشگاهی انجام گردید که به صورت کاملاً تصادفی از نوع مقادیر تکرارشونده بود در جهت تشخیص کاملاً معنادار بودن ($p < 0.01$) یا معنا دار بودن ($p < 0.05$) عدم تشخیص معنی دار بودن ($p > 0.05$) از تجزیه واریانس دوطرفه^{۱۳} و مقایسه میانگین‌ها با آزمون برای تیمار که شامل نمونه گاوآلوده شده به اسپرژیلوس نایجر و استفاده از ۵ غلظت تحت اثر اسانس میخک هندی بر گاوآلوده تو سرخ در سه تکرار صورت گرفت.

۳- یافته‌ها و نتایج:

۳-۱- شمارش کلی کپک:

در جدول شماره ۲ لگاریتم کپک در نمونه های گاوآلوده تحت تیمار اسانس میخک هندی و بدون اسانس آمده است، در روز اول گاوآلوده شده دارای Log cfu/ml ۴ بود که این مقدار بیشترین مقدار Log cfu/ml در بین تیمارها بود. و پایین ترین مقدار Log cfu/ml در روز اول مربوط به گاوآلوده تیمار اسانس میخک هندی با غلظت ۰/۷ میلی گرم بر صد گرم با Log cfu/ml ۲/۰۱ بود. روند تغییرات در طول زمان نگهداری از روز اول تا روز ۲۸ روند رشد، کپک های هوازی و بی هوازی برای کلیه تیمارها یکسان و افزایش معنی داری در شمارش تعداد کپک هوازی و بی هوازی وجود داشت ($P < 0.05$). شرایط نگهداری تمام نمونه های گاوآلوده در دمای ۱۵-۱۸ درجه سانتی گراد بوده است. در روز ۲۸ بیشترین Log cfu/ml مربوط به تیمار گاوآلوده شده با اسپرژیلوس نایجر با مقدار Log cfu/ml ۵/۸۱ و کمترین مقدار Log cfu/ml ۳/۵۲ گاوآلوده تحت تیمار اسانس میخک هندی با غلظت ۰/۷ میلی گرم بر صد گرم بوده است.

محتوای رطوبت با اندازه گیری وزن قبل و بعد از نگهداری در آون ۱۱۰ درجه تا رسیدن به وزن ثابت بررسی می گردد [۱۹].

رابطه شماره ۲- روش محاسبه رطوبت:

وزن قبل از قرار گیری در آون - وزن بعد از قرار گیری در آون * ۱۰۰ = درصد رطوبت
۲-۱۰- رنگ:

ظاهر محصول یکی از مهمترین خصوصیات کیفی حسی در مواد غذایی تازه و فرآیند شده و همچنین ارزش فروش آنها می باشد. رنگ میوه ها و سبزیها در اثر رنگدانه های طبیعی شامل کلروفیل محلول در آب (سبز)، کاروتنوئیدها (زرد، نارنجی و قرمز)، آنتوسیانین های محلول در آب (قرمز و آبی)، فالونوئیدها (زرد) و بتالائین (قرمز) ایجاد می شود [۲۰]. رنگ سطح مواد غذایی مهمترین پارامتر کیفی از نظر مصرف کننده می باشد. از این رو در پذیرش محصول دارای اهمیت ویژه ای می باشد. آزمون رنگ سنجی با استفاده از دستگاه رنگ سنج مدل TES ۱۳۵ انجام شد. برای انجام آزمون، ابتدا دستگاه با صفحات استاندارد کالیبره شد. تغییرات رنگ نمونه های گاوآلوده تو سرخ شاهد و تیمار شده با پلاسما در طول مدت نگهداری با استفاده از اندازه گیری شاخص روشنایی L^* (سیاه-سفید) و شاخص های a^* (قرمز-سبز) و b^* (آبی-زرد) ارزیابی شد.

۲-۱۱- بررسی اثر آنتی اکسیدانی گاوآلوده تو سرخ با استفاده از محلول DPPH

گاوآلوده تو سرخ به اضافه ۲ میلی لیتر از محلول رادیکالی DPPH با غلظت ۱۵٪ میلی مول بر لیتر مخلوط گردید و به منظور رقیق شدن نمونه برای قرارگیری در محدوده خطی جذب مقدار ۲ میلی لیتر متانول به مخلوط اضافه شد و پس از ۴۵ دقیقه قرارگرفتن در تاریکی، جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرار گرفت. برای به دست آمدن میزان جذب محلول DPPH نمونه با ترکیب ۲ میلی لیتر از متانولی رادیکال DPPH با ۳ میلی لیتر متانول خالص استفاده شد [۲۱].

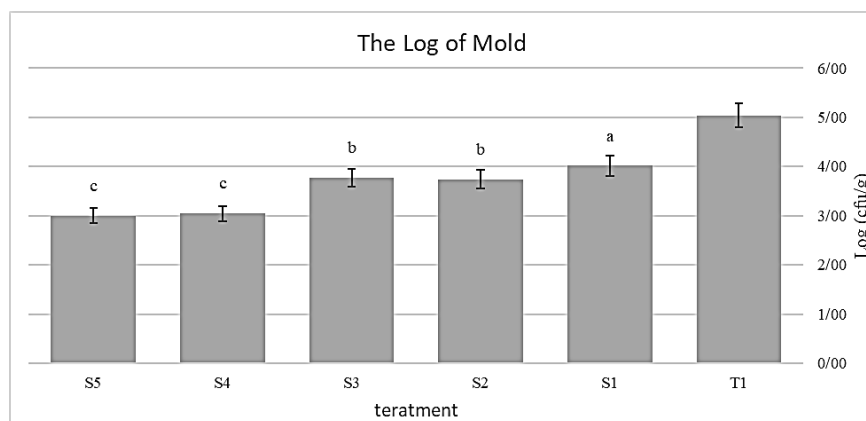
Table No. 2- Comparison of mold Log cfu/ml of guava infected with *Aspergillus niger* and guava infected under *Daphne odora* essential oil treatment from day 1 to day 28

Day 28	Day 21	Day 14	Day 7	Day 1	treatment
4.62 ± 0.001 ^a	4.51 ± 0.011 ^a	4.22 ± 0.013 ^a	3.75 ± 0.024 ^a	2.98 ± 0.019 ^a	S1
4.54 ± 0.021 ^{ab}	4.42 ± 0.041 ^b	4.15 ± 0.018 ^b	3.67 ± 0.021 ^b	2.92 ± 0.009 ^a	S2
4.25 ± 0.023 ^b	4.15 ± 0.021 ^c	3.95 ± 0.005 ^c	3.48 ± 0.018 ^c	2.82 ± 0.028 ^b	S3
3.52 ± 0.014 ^c	3.52 ± 0.033 ^d	3.23 ± 0.043 ^d	2.85 ± 0.038 ^d	2.01 ± 0.028 ^c	S4
3.58 ± 0.019 ^d	3.48 ± 0.05 ^e	3.18 ± 0.006 ^e	2.7 ± 0.024 ^e	2.05 ± 0.026 ^d	S5
5.81 ± 0.039	5.62 ± 0.092	5.13 ± 0.012	4.65 ± 0.035	4 ± 0.006	T ₁

Values with the same letters do not have a significant difference in Hurston ($P > 0.05$)

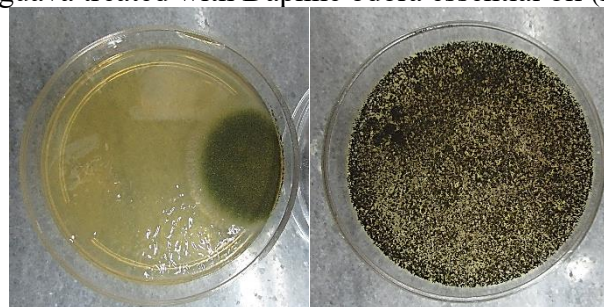
The significance level is $p < 0.05$

T1 guava infected with *Aspergillus niger*, S1 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.4 mg/100 g, S2 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.5 mg/100 g, S3 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.6 mg/100 g, S4 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.7 mg/100 g, S5 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration 0.8 mg per 100 grams

Graph No. 1 - Comparison of the average mold log cfu/ml of guava infected with *Aspergillus niger* and guava infected with *Daphne odora* essential oil treatment from day 1 to day 28

The significance level is $p < 0.05$

T1 guava infected with *Aspergillus niger*, S1 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.4 mg/100 g, S2 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.5 mg/100 g, S3 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.6 mg/100 g, S4 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.7 mg/100 g, S5 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration 0.8 mg per 100 grams

Photo number 1 - DG18 culture medium for guava infected with *Aspergillus niger* (A) and guava treated with *Daphne odora* essential oil (B)

B

A

۳-۲- ارزیابی بافت :

۲۸ بیشترین مقدار مربوط به تیمار گواوا با غلظت ۰/۸ و با

ارزیابی بافت نمونه ها با دستگاه مگنيس تیلور بر روی گواوا
 ها در جدول شماره ۳ انجام شد و در روز اول Kg/cm^3
 ۴/۷۶ بوده است و در طی نگهداری کاهش می یابد. در روز می باشد.

Table No. 3- Tissue comparison (Kg/cm^3) of guava infected with *Aspergillus niger* and guava infected with *Daphne odora* essential oil treatment from day 1 to day 28

Day 28	Day 21	Day 14	Day 7	Day 1	treatment
2.17 ± 0.015^d	2.8 ± 0.235^d	3.26 ± 0.115^b	4 ± 0.23^b	4.76 ± 0.165^a	S1
2.35 ± 0.19^c	3 ± 0.195^c	3.18 ± 0.04^c	4.01 ± 0.145^b	4.76 ± 0.165^a	S2
2.64 ± 0.02^d	3.11 ± 0.145^b	3.55 ± 0.04^b	4.21 ± 0.13^a	4.76 ± 0.165^a	S3
2.83 ± 0.225^b	3.31 ± 0.2^a	3.87 ± 0.08^a	4.28 ± 0.14^a	4.76 ± 0.165^a	S4
2.84 ± 0.12^a	3.67 ± 0.225^a	3.9 ± 0.06^b	4.3 ± 0.15^a	4.76 ± 0.165^a	S5
0.51 ± 0.04	0.98 ± 0.1	1.38 ± 0.03	2.43 ± 0.065	4.76 ± 0.165	T1

The

significance level is $p < 0.05$

Values with the same letters do not have a significant difference in Hurston ($P > 0.05$). The tissue evaluation value on the first day (4.76) was the same for all treatments (a). Values with the same letters for day 7 were S3, S4, and S5 (a) and S1 and S2 (b). For the fourteenth day, S1, S3, and S5 are equal to (b), and on the twenty-first day, S4 and S5 are equal to (a), and on the twenty-eighth day, S1 and S3 are equal to (d).

T1 guava infected with *Aspergillus niger*, S1 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.4 mg/100 g, S2 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.5 mg/100 g, S3 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.6 mg/100 g, S4 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.7 mg/100 g, S5 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration 0.8 mg per 100 grams

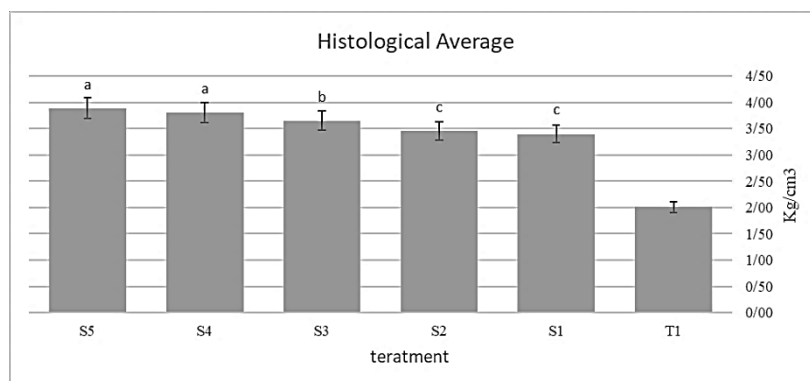


Chart No. 2 - Comparison of average texture (Kg/cm^3) of guava infected with *Aspergillus niger* and infected guava treated with *Daphne odora* essential oil from day 1 to day 28

T1 guava infected with *Aspergillus niger*, S1 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.4 mg/100 g, S2 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.5 mg/100 g, S3 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.6 mg/100 g, S4 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.7 mg/100 g, S5 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration 0.8 mg per 100 grams

۳-۳- ارزیابی pH :

در ارزیابی pH گواوا جدول شماره ۴ کلیه تیمار ها در روز

اول عدد ۴/۸ بوده و در طی فرآیند نگهداری در طول ۲۸ روز

در کلیه تیمار ها روند کاهشی داشته است.

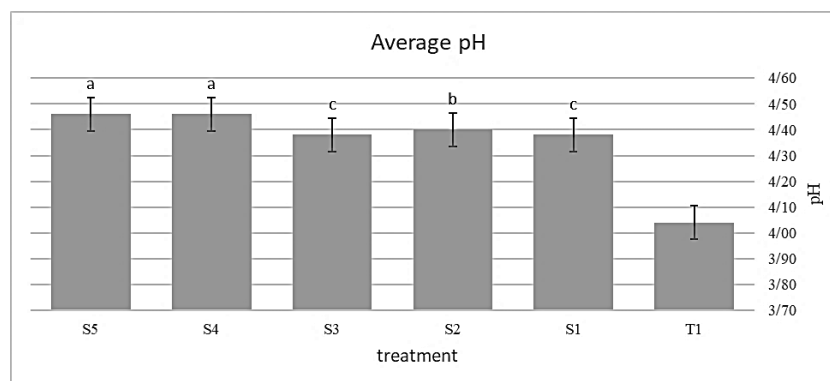
Table No. 4- pH comparison of guava infected with *Aspergillus niger* and guava infected with *Daphne odora* essential oil treatment from day 1 to day 28

Day 28	Day 21	Day 14	Day 7	Day 1	treatment
4 ± 0^c	4.2 ± 0.2^b	4.4 ± 0.2^b	4.6 ± 0.1^a	4.8 ± 0.1^a	S1
4 ± 0.1^c	4.2 ± 0.1^b	4.3 ± 0.1^c	4.6 ± 0.1^a	4.8 ± 0.1^a	S2
3.9 ± 0.2^d	4.2 ± 0.2^b	4.4 ± 0^b	4.6 ± 0.2^a	4.8 ± 0.1^a	S3
4.1 ± 0.1^b	4.3 ± 0.2^a	4.5 ± 0.2^a	4.6 ± 0.2^a	4.8 ± 0.1^a	S4
4.2 ± 0.1^a	4.3 ± 0.1^a	4.4 ± 0.2^b	4.6 ± 0.2^a	4.8 ± 0.1^a	S5
3.6 ± 0.1	3.7 ± 0.1	3.9 ± 0.1	4.2 ± 0.2	4.8 ± 0.1	T1

The significance level is $p > 0.05$

Values with the same letters in Hurston do not have significant differences ($P > 0.05$). And the pH value on the first day was the same for all treatments (4.8). The pH value for all *Daphne odora* essential oil treatments was 4.6 (a) on the seventh day. and on the fourteenth day S1, S3 and S5 equal to (b) and on the twenty-first day S4 and S5 equal to (a) and S1, S2 and S3 treatment equal to (b) and on the twenty-eighth day S1 and S2 treatment It is equal to (c).

T1 guava infected with *Aspergillus niger*, S1 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.4 mg/100 g, S2 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.5 mg/100 g, S3 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.6 mg/100 g, S4 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.7 mg/100 g, S5 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration 0.8 mg per 100 grams

Graph No. 3- Comparison of the average pH of guava infected with *Aspergillus niger* and guava infected with Indian *Daphne odora* essential oil from the first day to the 28th day

The significance level is $p > 0.05$

T1 guava infected with *Aspergillus niger*, S1 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.4 mg/100 g, S2 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.5 mg/100 g, S3 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.6 mg/100 g, S4 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.7 mg/100 g, S5 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration 0.8 mg per 100 grams

گوآوا آورده شده است. با توجه به فعالیت میکروبی بالا و همچنین آسیب بافت در گوآوا آلوده شده به آسپرژیلوس نایجر بدون اسانس دارای بالاترین مقدار کاهش وزن و بالاترین مقدار غلظت اسانس در تیمار ها دارای پایین ترین مقدار کاهش وزن قابل مشاهده می باشد.

۳-۴- درصد کاهش وزن :

درصد کاهش وزن میوه گوآوا پس از محاسبه و توزین گوآوا مشخص شده هر تیمار در زمان های یک هفته و ۱۴ روز و ۲۱ روز و ۲۸ روز محاسبه شده و با مقایسه و تناسب آن با وزن اولیه در روز اول مقدار درصد کاهش وزن، محاسبه شده است. در جدول شماره ۵ مقدار درصد کاهش تیمار های

Table No. 5- Comparison of weight loss percentage of guava infected with *Aspergillus niger* and infected guava treated with *Daphne odora* essential oil from the 7th day to the 28th day

Day 28	Day 21	Day 14	Day 7	treatment
27.24 ± 0.47 ^a	24.75 ± 0.01 ^c	15.90 ± 0.09 ^a	11.12 ± 0.28 ^c	S1
27.09 ± 0.03 ^a	25.92 ± 0.3 ^b	14.76 ± 0.27 ^b	11.31 ± 0.32 ^b	S2
26.94 ± 0.28 ^b	23.77 ± 0.25 ^d	14.09 ± 0.27 ^c	11.40 ± 0.12 ^a	S3
25.10 ± 0.44 ^c	22.09 ± 0.36 ^e	14.01 ± 0.21 ^c	11.01 ± 0.43 ^d	S4
25.03 ± 0.17 ^b	22.13 ± 0.44 ^a	13.95 ± 0.12 ^d	10.26 ± 0.46 ^e	S5
55.18 ± 0.34	35.5 ± 0.11	27.31 ± 0.37	19 ± 0.24	T1

The significance level is $p < 0.05$

Values with the same letters in Hurston do not have significant differences ($P > 0.05$). The values with the same letters on the fourteenth day S3 and S4 are equal to (c) and on the twenty-eighth day S1 and S2 are equal to (a) and S1 and S2 are equal to (a) and S3 and S5 are equal to (b).

T1 guava infected with *Aspergillus niger*, S1 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.4 mg/100 g, S2 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.5 mg/100 g, S3 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.6 mg/100 g, S4 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.7 mg/100 g, S5 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration 0.8 mg per 100 grams

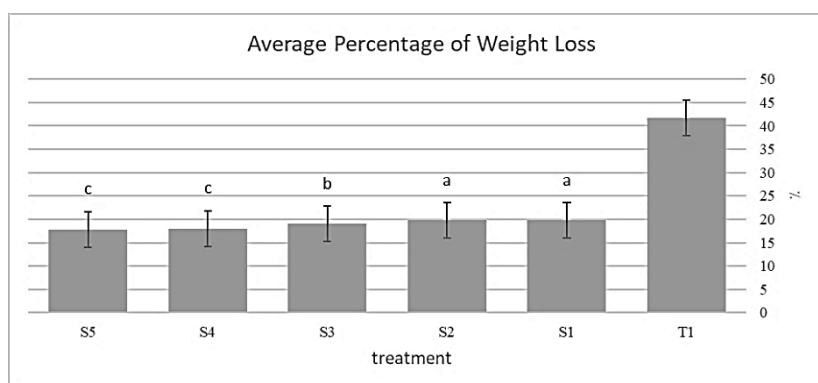


Chart No. 4 - Comparison of the average weight loss percentage of guava infected with *Aspergillus niger* and guava infected with *Daphne odora* essential oil treatment from the first day to the 28th day

The significance level is $p < 0.05$

T1 guava infected with *Aspergillus niger*, S1 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.4 mg/100 g, S2 infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.5 mg/100 g, S3 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.6 mg/100 g, S4 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration of 0.7 mg/100 g, S5 Infected guava treated with *Daphne odora* essential oil with a concentration 0.8 mg per 100 grams

۳-۵- درصد DPPH: مقدار DPPH مربوط به گواوا آلوده شده تحت تیمار اسانس

در جدول شماره ۶ نتایج آزمون DPPH در تیمارهای گواوا میخک هندی با غلظت ۰/۸ و کمترین مربوط به گواوا آلوده آمده است که نشان دهنده این موضوع می باشد که بیشترین شده با آسپرژیلوس نایجر می باشد.

Table No. 6- Comparison of DPPH percentage of guava infected with *Aspergillus niger* and guava infected with *Daphne odora* essential oil treatment

T1	S5	S4	S3	S2	S1	treatment
46 ± 0.2	54 ± 0.3 ^b	55 ± 0.1 ^a	52 ± 0.1 ^d	53 ± 0.1 ^c	52 ± 0.1 ^d	DPPHse%

The significance level is $p < 0.05$

Values with the same letters do not have a significant difference in Hurston ($P > 0.05$).

T1 guava infected with *Aspergillus niger*, S1 infected guava treated with Daphne odora essential oil with a concentration of 0.4 mg/100 g, S2 infected guava treated with Daphne odora essential oil with a concentration of 0.5 mg/100 g, S3 Infected guava treated with Daphne odora essential oil with a concentration of 0.6 mg/100 g, S4 Infected guava treated with Daphne odora essential oil with a concentration of 0.7 mg/100 g, S5 Infected guava treated with Daphne odora essential oil with a concentration 0.8 mg per 100 grams

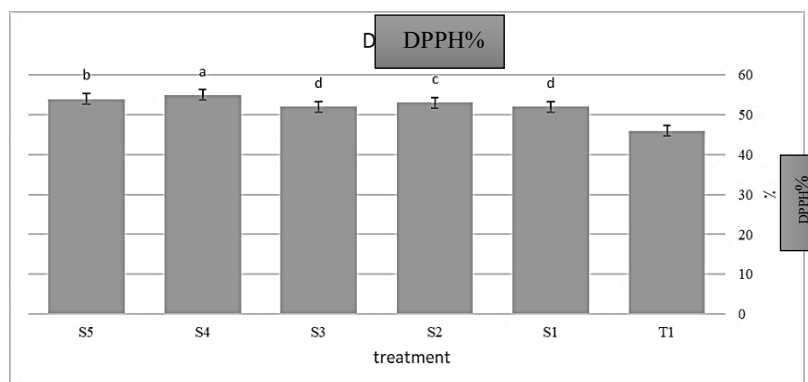


Chart No. 5 - Comparison of the average DPPH of guava infected with *Aspergillus niger* and guava infected with Daphne odora essential oil treatment from the first day to the 28th day

The significance level is $p < 0.05$

T1 guava infected with *Aspergillus niger*, S1 infected guava treated with Daphne odora essential oil with a concentration of 0.4 mg/100 g, S2 infected guava treated with Daphne odora essential oil with a concentration of 0.5 mg/100 g, S3 Infected guava treated with Daphne odora essential oil with a concentration of 0.6 mg/100 g, S4 Infected guava treated with Daphne odora essential oil with a concentration of 0.7 mg/100 g, S5 Infected guava treated with Daphne odora essential oil with a concentration 0.8 mg per 100 grams

Table No. 7- Analysis of variance of the effect of the log of mold on the treatment of infected guava with Daphne odora essential oil

Test	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Mold	density	1	0.7453	0.74529	20.59*	0.020
Mold	Error	3	0.1086	0.03620		
Mold	Total	4	0.8539			
texture	density	1	0.176890	0.176890	115.61**	0.002
texture	Error	3	0.004590	0.001530		
texture	Total	4	0.181480			
pH	density	1	0.004840	0.004840	7.72 ^{ns}	0.069
pH	Error	3	0.001880	0.000627		
pH	Total	4	0.006720			
Percentage of Weight Loss	density	1	3.0058	3.00578	32.26*	0.011
Percentage of Weight Loss	Error	3	0.2795	0.09318		
Percentage of Weight Loss	Total	4	3.2853			
DPPH	density	1	3.600	3.600	3.38 ^{ns}	0.164
DPPH	Error	3	3.200	1.067		
DPPH	Total	4	6.800			

The sign ** indicates a The difference is quite significant ($p < 0.01$).

The sign * indicates a significant difference ($0.01 < p < 0.05$)

ns sign indicates non-significance ($p > 0.05$)

۳-۶- تغییرات رنگ گواوا:

تغییرات رنگی در طی نگهداری میوه گواوا در پارامتر ΔE بصورت روند افزایشی و رابطه آن معنی دار نبوده ($P > 0.05$) و در پارامتر Δh روند کاهشی و رابطه معنی دار بوده است.

Table No. 8- Investigation of the color indicators of the infected red Guara under the treatment of *Daphne odora* essential oil

Des. Day	L*	a*	b*	ΔE	Δh
1	53/7	-37/5	52/2	0	0
7	38	-17/4	35/7	30/4	-9/62
14	37/6	-15	35/3	32/4	-12/7
21	46/2	-8/23	36/3	34/1	-22/9
28	34/1	-6/36	26/9	44/6	-22/4

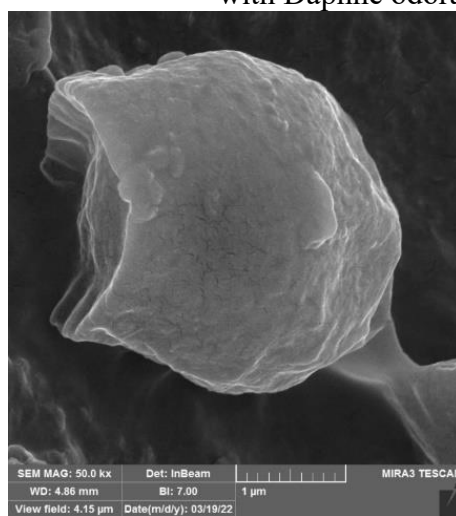
Table No. 9- Analysis of variance of the average effect of ΔE , Δh on the treatment of infected guava treated with *Daphne odora* essential oil:

Test	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΔE	Day	1	836.0	835.96	8.78 ^{ns}	0.059
ΔE	Error	3	285.5	95.16		
ΔE	Total	4	1121.4			
Δh	Day	1	333.79	333.79	31.57*	0.011
Δh	Error	3	31.72	10.57		
Δh	Total	4	365.51			

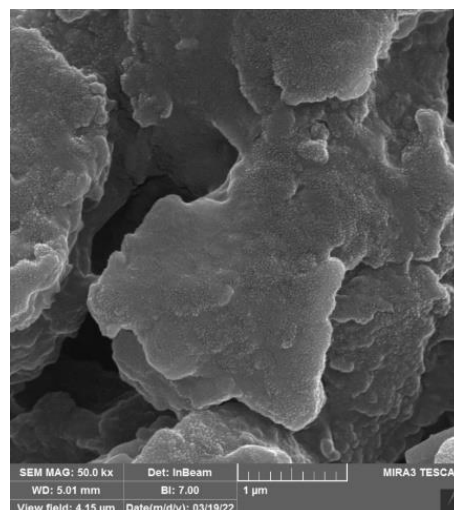
The sign * indicates a significant difference ($0.01 < p < 0.05$).

ns sign indicates non-significance ($p > 0.05$)

Photo number 2- SEM of guava infected with *Aspergillus niger* (C) and infected guava treated with *Daphne odora* essential oil (D)



C



D

را دارا می باشد و همچنین در روز اول برای غلظت ۰/۱ درصد به مقدار ۱ لگاریتم بار میکروبی آسپرژیلوس نایجر را در میوه گواوا کاهش داده و بهترین مقدار کاهش برای درصد اسانس به مقدار ۰/۷ اختصاص یافت با مقدار ۱/۹۵ لگاریتم کاهش آلودگی و روند غلظت اسانس با اثر کشندگی اسانس دارای رابطه معنا داری می باشد ($P < 0.05$). این روند کاهشی

۴-تحلیل:

در بررسی اثر اسانس میخک هندی بر میوه گواوا آلوده شده به آسپرژیلوس نایجر با رقت ۱۰۴ نشان دهنده این موضوع می باشد که پس از بررسی اثر کشندگی اسانس میخک هندی مشخص گردید که غلظت بالاتر از ۰/۴ دارای اثر کشندگی

مدت زمان وجود نداشت ($p > 0.05$). در روز ۲۸ مقدار pH تیمار T1 به مقدار ۱/۲ کاهش یافته و محیطی اسیدی شکل داده که این امر نشان دهنده خرابی و فساد کامل میوه گواوا آلوده شده با آسپرژیلوس نایجر می باشد ولی pH نمونه های تیمار اسانس میخک هندی بین ۰/۸ تا ۰/۴ در روز ۲۸ کاهش داشته که این امر نشان دهنده این موضوع می باشد که اسانس میخک هندی توانسته تعادل pH را برای میوه گواوا به ارمغان آورد. عدد F-Value در pH ۷/۷۲ و عدد P-Value معادل ۰/۰۶۹ بوده است که نشان دهنده رابطه غیر معنی دار می باشد.

در ارزیابی کاهش درصد وزن گواوا تا ۲۸ روز میزان کاهش درصد وزن با میزان غلظت اسانس میخک هندی رابطه معنی داری ($P < 0.05$) دارد. با افزایش میزان غلظت اسانس میخک هندی از میزان ۰/۴ به ۰/۸ میزان کاهش درصد وزن گواوا می یابد که نشان دهنده حفظ کیفیت بیشتر و جلوگیری از مصرف آب و aw گواوا توسط میکروارگانیسم ها می باشد. همچنین میزان کاهش وزن در گواوا آلوده شده بیشترین مقدار کاهش می باشد که نشان دهنده از بین رفتن آب میوه گواوا می باشد و رنج درصد کاهش وزن در میوه گواوا با اسانس میخک هندی بین ۲۵/۰۳ تا ۲۷/۲۴ می باشد. بیشترین مقدار کاهش وزن در هفته اول رخ داده است و کمترین مقدار درصد کاهش وزن از روز ۲۱ تا ۲۸ می باشد. عدد F-Value برای میانگین درصد کاهش وزن ۳۲/۲۶ بوده است با عدد F-Value معادل ۰/۰۱۱ بوده است.

در ارزیابی DPPH پایین ترین مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی مربوط به گواوا آلوده شده می باشد و بیشترین مقدار مربوط به گواوا آلوده تحت تیمار اسانس میخک هندی با غلظت ۰/۷ میلی گرم در ۱۰۰ گرم می باشد که این مقدار معادل ۵۵ می باشد و نشان دهند این موضوع می باشد که این میوه در روز ۲۸ نیز قابلیت مصرف دارد. عدد F-Value تیمار ۳/۳۸ و عدد P-Value معادل ۰/۱۶۴ می باشد که نشان دهند رابطه غیر معنی دار می باشد.

در ارزیابی رنگ میوه گواوا پارامترهای میانگین ΔE ، Δh نشان می دهد که ΔE در حال افزایش و Δh در حال کاهش می

در روزهای ۷ و ۱۴ و ۲۱ و ۲۸ نیز ادامه دارد بطوری که در روز ۲۸ لوگاریتم میوه گواوا آلوده شده به مقدار ۵/۸۱ CFU/ml می رسد که بالاترین بار میکروبی در این آزمون بوده است و کمترین مقدار مربوط به S4 با مقدار ۳/۵۲ CFU/ml می باشد که به مقدار ۲/۲۹ لوگاریتم کمتر از گواوا آلوده شده می باشد با این حال با گذشت ۲۸ روز بار میکروبی تیمار S4 و S5 کمتر از T1 روز اول می باشد. این امر نشان دهنده این موضوع می باشد که بهترین اثر کشندگی بار میکروبی کپک برای اسانس میخک هندی در میوه گواوا با توجه به ترکیبات این میوه و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن مقدار ۰/۷ و ۰/۸ میلی گرم در ۱۰۰ گرم می باشد. در تجزیه واریانس غلظت اسانس میخک هندی در گواوا F-Value برابر ۲۰/۵۹ با سطح معنی داری ($P = 0.02$) بوده است.

در ارزیابی بافت میوه گواوا در روز اول به مقدار ۴/۷۶ برای تمام تیمار ها بوده است و این مقدار در اثر گذشت زمان با توجه به واکنش های شیمیایی داخل میوه و تاثیر عوامل دیگر کاهش پیدا می کند و بافت میوه شل می گردد. این مقدار به حدی کاهش پیدا می کند که در میوه گواوا آلوده شده بدون اسانس به مقدار ۰/۵۱ Kg/cm^3 و برای S5 به بالاترین مقدار خود یعنی ۲/۸۴ Kg/cm^3 می رسد. روند کاهش مقاومت بافتی و سطحی میوه گواوا با غلظت اسانس میخک هندی دارای رابطه کاملاً معنی دار $P = 0.002$ می باشد. و در بهترین حالت که برای تیمار S5 می باشد به مقدار ۱/۹۲ Kg/cm^3 کاهش و در بدترین حالت غلظت اسانس مقدار ۰/۴ میلی گرم در ۱۰۰ گرم معادل ۲/۵۹ Kg/cm^3 کاهش می باشد این در حالی است که در میوه گواوا آلوده شده به مقدار ۴/۲۵ Kg/cm^3 کاهش وجود داشته است. این امر نشان می دهد که تاثیر اسانس در حفظ ساختار بافت میوه گواوا موثر بوده و دارای رابطه کاملاً معنا دار $p < 0.01$ می باشد.

در ارزیابی pH در روز اول برای تمام غلظت ها و حتی گواوا آلوده شده با آسپرژیلوس نایجر هدد ۴/۸ بود در حالی که با افزایش مدت زمان از روز اول تا روز ۲۸ pH کاهش یافته ولی رابطه معنی داری بین غلظت اسانس میخک هندی و

سانتی گراد) داشت [۲۲]. که نشان دهنده اثر اسانس میخک هندی در حفظ کیفیت و ماندگاری میوه گواوا نیز می شود. در مطالعه ای یک راه حل پایدار برای حفظ کیفیت لیچی با ارزیابی تأثیر پوشش های نانوامولسیون موم کارناوبا در غلظت های مختلف، با یا بدون اسانس های میخک هندی و نعنای فلفلی^{۱۵} بر نگهداری لیچی پس از برداشت بود که منجر به افزایش کیفیت میوه لیچی پس از برداشت گردید [۲۳]. درمان با اسانس میخک هندی موجب حفظ کیفیت میوه های لیچی از جمله رنگ، pH و TSS شد. اسانس های میخک جزو اجزای اصلی بود [۲۴]. در پژوهش دیگر اسانس میخک هندی روی بازدارندگی از رشد قارچ های انباری *F. solani*، *A. alternata* و *B. cinerea* تأثیر بسزایی داشت، اما دامنه تأثیر غلظت های مختلف آن روی این قارچ ها متفاوت بود. پیش از این نیز فعالیت ضد قارچی، ضد باکتریایی و آنتی اکسیدانی در اسانس و عصاره میخک و ترکیب های مشتق شده از آن به اثبات رسیده است [۲۵].

۶- نتیجه گیری نهایی :

میخک سرشار از ترکیبات فنولیک به ویژه اورژنول است که دارای آنتی اکسیدان، ضد التهاب، ضد میکروبی، ضد قارچ و خواص ترمیم زخم را نشان داده اند. افزودن اسانس به عنوان یک نگهدارنده طبیعی در محصولات غذایی و لبنی و ماتریس های غذایی و همچنین جایگزینی برای نگهدارنده های مصنوعی بوده است [۲۴]. نگهدارنده های شیمیایی به طور گسترده ای به عنوان رویکرد اولیه برای جلوگیری از فساد مواد غذایی مورد استفاده قرار می گیرند، اما پذیرش آنها در بین مصرف کنندگان به تدریج در حال کاهش است [۲۵]. با توجه به پتانسیل درمانی اسانس میخک هندی، به عنوان یک عنصر زیست فعال در پوشش میوه ها و سبزیجات تازه استفاده شده است [۲۶]. و با توجه به خاصیت ضد میکروبی آن می تواند برای کاهش بار میکروبی مورد استفاده قرار گیرد و اما بهترین تیمار برای نگهداری میوه گواوا و همچنین

باشد و رابطه معنی داری برای ΔE وجود ندارد و عدد F-Value $8/78$ و عدد P-Value معادل $0/059$ می باشد. برای Δh عدد F-Value $31/57$ و عدد P-Value معادل $0/011$ می باشد. که نشان دهنده رابطه معنی دار بین غلظت و میزان Δh می باشد ($P < 0/05$).

در ارزیابی SEM^{۱۴} نشانه هایی از آسیب های سطحی و تغییرات مورفولوژیکی در پوست و بافت گواوا آلوده شده با اسپریلوس نایجر وجود داشت، ساختارهای قارچی روی سطح گواوا رشد کرده اند، و همچنین وجود تجمعات یا تغییرات در سطح گواوا که ممکن است ناشی از فعالیت های قارچ باشد. ولی در SEM گواوا تحت تیمار اسانس میخک هندی ساختار سطحی گواوا تحت تأثیر اسانس تغییر نکرده است، ساختارهای قارچی کاهش یافته یا از بین رفته اند، سطح گواوا شامل کاهش آسیب های ناشی از قارچ یا بهبود در ساختار سطحی می باشد.

۵- بحث :

در مطالعه ی Shukla، اثر خواص آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی پوشش خوراکی کیتوزان ترکیب شده با اسانس میخک بر بهبود کیفیت و ماندگاری کلت مرغ بررسی شد. کلت های مرغ به چهار گروه تقسیم و در پوشش های خوراکی با ترکیبات مختلف غوطه ور شدند. این چهار گروه شامل موارد زیر بودند: گروه T1 به عنوان شاهد، گروه T2 در محلول ۱٪ اسید استیک گلاسیال، گروه T3 در محلول ۱/۵٪ کیتوزان، و گروه T4 در محلول ۱/۵٪ کیتوزان مخلوط با ۰/۵٪ اسانس میخک. تیمارها به مدت ۳۵ روز در یخچال با دمای 1 ± 4 درجه سانتی گراد نگهداری شده و برای ارزیابی پارامترهای کیفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که گروه T4 به طور معناداری ($p < 0/05$) پارامترهای کیفی را نسبت به سایر تیمارها بهبود بخشیده است. این مطالعه نشان داد که گروه T4 با ماندگاری ۳۰ روز، پایدارترین تیمار در میان تمام گروه ها بود، در حالی که گروه شاهد تنها ماندگاری ۱۰ روزه را در یخچال (1 ± 4 درجه

15 -Mentha piperita (MEO)

14- Scanning electron microscope

مؤثر برای کنترل بیماری‌های پس از برداشت و حفظ کیفیت میوه‌ها، به ویژه در شرایط انبارداری، می‌تواند به بهبود امنیت غذایی و کاهش ضایعات کمک کند.

۷- سپاسگزاری

مطالعه حاضر در شرکت بهار نیکو گستران و پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران انجام شده است و بدین وسیله از رئیس و کلیه کارشناسان محترم واحد‌های مذکور ریاست و کارمندان محترم پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا تشکر و قدردانی می‌گردد.

کاهش بار آلودگی در گاوآه تیمار با اسانس میخک هندی با غلظت ۰/۷ میلی گرم در ۱۰۰ گرم بوده است. زیرا مقدار لگاریتم کپک در روز ۲۸ برای این تیمار ۳/۵۲ (کمترین مقدار cfu/ml) بوده است و همچنین از نظر ارزیابی بافت تقریباً برابر با غلظت ۰/۸ میلی گرم در ۱۰۰ گرم در روز ۲۸ بوده است و از نظر میانگین کلی pH نیز برابر با غلظت ۰/۸ میلی گرم در ۱۰۰ گرم می‌باشد و از نظر ارزیابی DPPH بالاترین مقدار (عدد ۵۵) را داشته است و همچنین از نظر خصوصیات ظاهری نیز از بقیه تیمارها بهتر بوده است. استفاده از اسانس‌های گیاهی به عنوان یک روش طبیعی و

۸- منابع

- [1] [Jayasena, D.D., Kim, H.J., Yong, H.I., Park, S., Kim, K., Choe, W., Jo, C., (2015). "Flexible thin-layer dielectric barrier discharge plasma treatment of pork butt and beef loin: effects on pathogen inactivation and meat-quality attributes". Food Microbiology, 46: 51-57.
- [2] Siddig, M., Ahmed, J., Lobo, M. G., Ozadali, F., (2012). "Tropical and subtropical fruits: postharvest physiology, processing and packaging". Wiley Publishing. P. 637.
- [3] Singh, S.P., (2010). "Prospective and retrospective approaches to postharvest quality management of fresh Tropical Guava (*Psidium guajava* L.) fruit in supply chain". Fresh Produce, 4: 36 - 48.
- [4] Ahmadi, K., Qolizadeh, H., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Hosseinpour, R., Abdshah, H., Rezaei, M.M., Fazli Estebaq, M., (2016), "Ministry of Jihad Agriculture" Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center, Agricultural Statistics, Volume 3, Horticultural Products. [In Persian]
- [5] Lim, T. K., Manicom, B.Q., (2003). "Diseases of Tropical Guava. In Ploetz, R. C. Diseases of Tropical Fruit Crops". Oxford shire, CABI, 275 - 290
- [6] Uzzaman Shakib, Akanda Khokon Miah, Mehjabin Sanzia, G.M. Masud Parvez "A short review on a Nutritional Fruit : Tropical Guava Citation: G. M. Masud Parvez et al. (2018), "A short review on a Nutritional Fruit : Tropical Guava". Opn Acc Tox & Res.1;1, 1-8.
- [7] Ahmadi, K., Qolizadeh, H., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Hosseinpour, R., Abdshah, H., Rezaei, M.M., Fazli Estbaraq, M., 2015, Statistics Agriculture, the third volume, horticultural products, Ministry of Agricultural Jihad, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center. [In Persian]
- [8] Yalmeh, M., Habibi Najafi, M.B., Hosseini, F., 2013, evaluation of the effect of table salt on the growth of *Aspergillus niger* isolated from tomato paste, 21st National Congress of Food Sciences and Industries of Iran, Shiraz University. [In Persian]
- [9] Mithaghi, A., Saidi, M., Nouri, N., Rezaei Golestani, M.R. (2017). Studying the effect of oregano essential oil and ethanol extract of propolis on antibacterial properties and some physical properties of biodegradable polylactic acid films, Journal of Health and Environment, Scientific Research Quarterly of the Iranian Environmental Health Scientific Association, Volume 11, Number 1, Pages 111-122. [In Persian]
- [10] Zand, N., Ayazzadeh, A., Sediqi R., Effect of modified atmosphere, *Daphne odora* essential oil and flexible envelopes on microbial and sensory properties of red pepper, 2021, first period, third issue, winter 2021, research paper pp. 57-74. [In Persian]
- [11] Ahmad, J., (2023). "Characterization of Essential Oil Composition of *Syzygium aromaticum* Linn. (Clove) by GC-MS and Evaluation of its Antioxidant Activity", Article in Journal of Angiotherapy · November 2023, DOI: 10.25163/angiotherapy.719358
- [12] Eboumbou Massodi, M., Cecilia Mime, L., Dongmo Fogang, H., Tonfack Djikeng, F., Lakshmi Karuna, M., Macaire Womeni, H., (2018). "Chemical Composition and Antioxidant Activity of *Syzygium aromaticum* and *Monodora myristica* Essential Oils from Cameroon", Journal of food atability, J. Food. Stab (2018) 1(1): 1-13
- [13] Ginting, E., Retnaningrum, E., Widiasih, D., (2021). "Antibacterial activity of clove (*Syzygium*

- aromaticum) and cinnamon (*Cinnamomum burmannii*) essential oil against extended-spectrum β -lactamase-producing bacteria” ,*Veterinary World*, EISSN: 2231-0916, Available at
- [14] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2005. Characteristics and test methods of fresh vegetable and other products - The colony count method (aerobic; mold and yeast colonies counting). Iranian National Standard No. 7635. [In Persian]
- [15] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2010. Fruits and their products-measurement method of chemical and microbial properties. Iranian National Standard No. 12588. [In Persian]
- [16] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1998. pH measurement in fruit and vegetable products. Iranian National Standard No. 4404. [In Persian]
- [17] Saberi, L., 2014. The effect of bioactive coating of aloe vera with carboxymethyl cellulose for the preservation of button mushrooms, master's thesis, Tabriz University. [In Persian]
- [18] D'Aquino, S., Continella, A., Gentile, A., Dai, S., Deng, Z., Palma, A., (2020). “Decay control and quality of individually film-wrapped lemons treated with sodium carbonate”. *Food Control*, 108, 106878.
- [19] Honarvar, Z., Farhoodi, M., Khani, M. R., Mohammadi, A., Shokri, B., Ferdowsi, R., & Shojaee-Aliabadi, S. (2017). Application of cold plasma to develop carboxymethyl cellulose-coated polypropylene films containing essential oil. *Carbohydrate polymers*, 176, 1-10 .
- [20] Baygan, A., Jafari Jed, A., Mehravar, N., Habibzadeh, M., 2016, Natural pigments and their application in food industry, the first international congress and the 24th national congress of food sciences and industries of Iran. [In Persian]
- [21] Sethi, Sh., Joshi, A., Arora, B., Bhowmik, A., Sharma, R.R., Kumar, P., 2020, Significance of FRAP, DPPH, and CUPRAC assays for antioxidant activity determination in apple fruit extracts, *European Food Research and Technology*, Volume 246, pages 591–598, (2020)
- [22] Shukla, V., Mendiratta, S., Jayavant Zende, R., Agrawal, R., Jaiswal, R., (2020). “Effects of chitosan coating enriched with *Syzygium aromaticum* essential oil on quality and shelf-life of chicken patties”, *journal of food processing and preservation*, First published: 13 August 2020, <https://doi.org/10.1111/jfpp.14870>
- [23] Fukuyama C., Duarte, L., Pedrino, I., Mitsuyuki, M., Bogusz Junior, S., Ferreira, M., (2024). “Effect of carnauba wax nanoemulsion associated with *Syzygium aromaticum* and *Mentha piperita* essential oils as an alternative to extend lychee post-harvest shelf life”, *Sustainable Food Technology*, 2024, 2, 426–436
- [24] Fukuyama C., Duarte, L., Pedrino, I., Mitsuyuki, M., Bogusz Junior, S., Ferreira, M., (2024). “Effect of carnauba wax nanoemulsion associated with *Syzygium aromaticum* and *Mentha piperita* essential oils as an alternative to extend lychee post-harvest shelf life”, *Sustainable Food Technology*, 2024, 2, 426–436
- [25] Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Valverde, J.M., Zapata, P.J., Castillo, S., Valero, D., (2008). “The addition of essential oils to MAP as a tool to maintain the overall quality of fruits”. *Trends in Food Science and Technology*, 19: 464-471
- [26] Soares Farias, P.K., Alves da Fonseca, F.S., Ronie Martins, E., Mota Sales, M.S., Leite, A.S., Santos de Oliveira, F.B., Mendes, P.M., Azevedo, A.M., Brandi, I.V., Duraes, R.R., Almeida Ravnjak, J.M., de Souza, C.N., de Andrade Souto, C., (2022). “The addition of *Syzygium aromaticum* essential oil preserves the microbiological and physicochemical quality of the fermented milk beverage during storage”, *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*, Peer-Reviewed Journal, ISSN: 2349-6495(P) | 2456-1908(O), Vol-9, Issue-5; May, 2022
- [27] Liu, W., Su, E., (2024). “Screening, evaluation and identification of promising plant extracts for development of novel natural preservatives”, *Food Bioscience*, Volume 58, April 2024, 103672
- [28] Kumar Pandey, V., Srivastava, S., Ashish, Kumar Dash, K., Singh, R., Dar, A., H., Singh, T., Farooqui, A., Mukkaram Shaikh, A., (2024). “Bioactive properties of clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil nanoemulsion: A comprehensive review”, *Heliyon* 10 (2024) e22437



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Evaluation of the effect of *Daphne odora* essential oil on reducing the number of *Aspergillus niger* inoculated colonies on red guava fruit

Mahdi Pourhashemi¹, Mahnaz HashemiRavan^{2*}, Dr. Nazanin Zand³, Dr. Alireza Shahab Lavasani⁴

1-Ph.D. student, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

3-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

4-Associate professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2024/10/15

Accepted: 2025/3/11

Keywords:

Aspergillus niger,

guava,

Daphne odora essential oil,

Shelf life

DOI: 10.22034/FSCT.22.163.173.

*Corresponding Author E-

m_hashemiravan@yahoo.com

ABSTRACT

This study evaluated the effect of *Daphne odora* essential oil (*Syzygium aromaticum*) on reducing *Aspergillus niger* colony counts in red-fleshed guava fruits. The objective of the research was to investigate the antimicrobial effects of *Daphne odora* essential oil at different concentrations on guava fruits infected with *Aspergillus niger*. For this purpose, various concentrations of *Daphne odora* essential oil (0.4, 0.5, 0.6, 0.7, and 0.8 mg per 100 g of fruit) were injected into the guava fruits, which were then inoculated with *Aspergillus niger*. The antimicrobial effects of *Daphne odora* essential oil were assessed by measuring mold colony counts, pH, texture firmness, weight loss percentage, moisture content, and color changes in the fruits on days 1, 7, 14, 21, and 28 at a temperature of 15-18°C. The results showed that *Daphne odora* essential oil significantly reduced the colony counts of *Aspergillus niger*. The highest reduction in mold colonies was observed at a concentration of 0.7 mg per 100 g of fruit, leading to a 2.29 log reduction in microbial load. Furthermore, weight loss percentage and pH changes were improved. Compared to untreated samples, those treated with higher concentrations of *Daphne odora* essential oil showed a significant reduction in weight loss percentage and tissue damage. The results of the DPPH antioxidant assay also indicated high antioxidant activity of *Daphne odora* essential oil. In conclusion, *Daphne odora* essential oil demonstrates potential as an effective antimicrobial agent for reducing *Aspergillus niger* contamination and improving the quality of red-fleshed guava. It could be utilized for managing post-harvest fruit decay.



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر آب مغناطیسی شده بر رشد جودوسر و سیتیک خشک شدن جوانه‌های آن برای استفاده در فرمولاسیون محصولات فاقد گلوتن

کیما ثمری^۱، فخرالدین صالحی^{۲*}، اکبر علی‌وردی^۳، امیر دارایی گرمه‌خانی^۴

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۳- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۴- دانشیار، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده فنی و منابع طبیعی تویسرکان، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۸

کلمات کلیدی:

آبگیری مجدد،
ضریب نفوذ مؤثر رطوبت،
مدل میدیلی،
میدان مغناطیسی.

DOI:10.22034/FSCT.22.163.190.

* مسئول مکاتبات:

F.Salehi@basu.ac.ir

یکی از روش‌های پیشنهادشده در کشاورزی برای مصرف بهینه آب، عبور دادن آب آبیاری از یک میدان مغناطیسی است. استفاده از این آب مغناطیسی‌شده باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی دانه‌ها و افزایش تولید محصول می‌شود. جودوسر جوانه‌زده محصولی فاقد گلوتن و حاوی انواع ویتامین‌ها و مواد مغذی است و از پودر آن می‌توان برای افزایش کیفیت مواد غذایی مختلف استفاده کرد. در این پژوهش اثرات آب تیمارنشده، آب مغناطیسی‌شده و میدان مغناطیسی بر رشد جودوسر و سیتیک خشک شدن جوانه‌های آن بررسی و مدل‌سازی شد. جهت مغناطیسی کردن آب و تهیه آب مغناطیسی شده از دستگاه تولیدکننده آب مغناطیسی-قلیایی استفاده شد. اثر تیمارهای مختلف بر ضریب نفوذ مؤثر رطوبت جوانه‌های جودوسر هنگام خشک شدن محاسبه و آبگیری مجدد جوانه‌های خشک‌شده آنها اندازه‌گیری شد. نتایج این پژوهش نشان داد که قرارگیری دانه‌های جودوسر درون آب مغناطیسی‌شده و میدان مغناطیسی باعث افزایش وزن آنها هنگام خیساندن و همچنین افزایش سرعت رشد آنها می‌شود. جوانه‌های جودوسر رشد کرده در میدان مغناطیسی به دلیل رطوبت بالاتر، با سرعت بیشتری رطوبت خود را از دست دادند و سریعتر خشک شدند. متوسط ضریب نفوذ مؤثر رطوبت محاسبه‌شده برای جوانه‌های جودوسر رشد کرده با آب تیمارنشده، آب مغناطیسی‌شده و میدان مغناطیسی به ترتیب برابر $7/31 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ، $9/14 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ و $15/22 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ بود. جهت مطالعه سیتیک خشک شدن جوانه‌های جودوسر، مدل‌های ریاضی مختلفی بر داده‌های آزمایشگاهی برازش و در مجموع مدل میدیلی بر اساس بالاترین برازش و کمترین خطا به‌عنوان بهترین مدل انتخاب شد. آبگیری مجدد محاسبه‌شده برای جوانه‌های جودوسر رشد کرده با آب تیمارنشده، آب مغناطیسی‌شده و میدان مغناطیسی به ترتیب برابر ۱۸۲/۹۳ درصد، ۱۸۴/۴۰ درصد و ۱۶۷/۲۷ درصد بود.

۱-مقدمه

بیماری سلیاک یک بیماری مادام‌العمر روده‌ای است که در اثر عوامل محیطی و ژنتیکی ایجاد شده و در نتیجه مصرف پروتئین گلوتن در این افراد پوشش مخاطی روده کوچک آسیب‌دیده و موجب کاهش جذب مواد مغذی ضروری مانند پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌های محلول در چربی، آهن و کلسیم می‌گردد. تنها راه درمان این بیماری استفاده از یک رژیم غذایی بدون گلوتن در تمام طول عمر است [۱]؛ بنابراین تولید محصولات بدون گلوتن یکی از اولویت‌های بخش صنعت غذا جهت کمک به این افراد است. از جودوسر خشک‌شده و پودر تهیه شده از آن می‌توان در فرمولاسیون محصولات فاقد گلوتن استفاده کرد [۲].

جودوسر یا یولاف بانام علمی *Avena sativa* گیاهی است از خانواده گندمیان که دارای گل‌های ریز است و به دلیل شکل ظاهری باریک و بسیار کشیده و از دو طرف یکسان به این نام شناخته می‌شود. استفاده از جودوسر در رژیم غذایی تأثیرات مثبتی بر سلامتی انسان دارد. جودوسر حاوی پروتئین فاقد گلوتن و مقدار زیادی فیبر (به‌ویژه محتوای بتاگلوکان) است که می‌تواند به پایین نگه‌داشتن کلسترول خون، قند خون و انسولین کمک کند [۳، ۴]. جودوسر حاوی ویتامین‌های گروه B ازجمله بیوتین، نیاسین، پنتونیک اسید و املاح معدنی به‌خصوص منیزیم است که یک ترکیب ضروری در عملکرد آنزیم‌ها و تولید انرژی است [۵]. با توجه به نتایج پژوهش اکستروم و همکاران (۲۰۱۷) گلوکان‌های موجود در جودوسر برای استفاده در پخت مناسب هستند و جودوسر پتانسیل جالبی برای استفاده در هنگام تنظیم نمایه گلیسمی محصولات نان دارد [۶].

استفاده از غلات جوانه‌زده در رژیم غذایی افراد به دلیل ارزش تغذیه‌ای و محتوای فیتوشیمیایی آنها افزایش یافته است. این محصولات جوانه‌زده به‌طور چشمگیری طی مدت جوانه‌زنی حاوی منابع غذایی ارزشمندی می‌شوند. این ترکیبات مغذی شامل ویتامین‌ها و ترکیبات ثانویه می‌باشد که عوامل ضد تغذیه‌ای این محصولات را کاهش می‌دهند [۷]. ظهور و همکاران (۲۰۲۱) تأیید کردند که طی فرآیند

جوانه‌زنی میزان فیبرها، ویتامین‌ها و املاح لوبیای سویا افزایش و فعالیت آنزیم‌های بازدارنده تیرپسین و فیتاز در آن کاهش می‌یابد. جودوسر جوانه‌زده هم محصولی ارزشمند برای مغذی کردن مواد غذایی به شمار می‌آید [۸]. در پژوهشی کائو و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر جایگزینی آرد جودوسر جوانه‌زده بر بافت و قابلیت هضم نشاسته در شرایط آزمایشگاهی نان گندم را بررسی کرده و عنوان کردند که پلی‌فنل‌ها و اسید بوتیریک محصول افزایش یافته و فرآیند جوانه زدن، پتانسیل تهیه نان مغذی باقابلیت هضم بالا را دارد [۹].

آب نقش مهمی در سلامتی و درمان بسیاری از بیماری‌ها و تسکین دردها نظیر کاهش تشنجات عضلانی، افزایش حرکت، جنب‌وجوش مفاصل و افزایش گردش خون دارد. در صورتی که آب در معرض میدان مغناطیسی که دارای قطب مثبت و منفی است قرار گیرد، مولکول‌های آن مغناطیسی می‌شوند [۱۰]. این موضوع سبب خارج شدن مولکول‌های آب از بی‌نظمی شده و ضمن تشکیل خوشه‌های کوچک‌تر آب، سبب افزایش تعداد خوشه‌ها در واحد حجم و افزایش قدرت حلالیت آب می‌شود [۱۱]. آب مغناطیسی به دلیل ساختار شش‌ضلعی خود می‌تواند تأثیرات خوبی بر مواد غذایی داشته باشد. ازجمله اثر میدان مغناطیسی بر برخی خواص آب می‌توان به کاهش کشش سطحی آب، افزایش pH، افزایش ویسکوزیته و کاهش تشکیل رسوب اشاره کرد [۱۲]. استفاده از این آب باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی و افزایش تولید محصول می‌شود [۱۳]. تأثیر آبیاری با آب مغناطیسی شده بر همزیستی بین سویا و ریزوبیوم توسط علی‌وردی و همکاران (۲۰۲۱) بررسی و این‌گونه بیان شده که این فناوری سبب خروج سریع‌تر گیاه چه از خاک می‌شود و می‌تواند وزن خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای نیتروژن اندام هوایی و ریشه، تعداد و وزن گره‌های باکتریایی، تعداد غلاف، وزن صد دانه و عملکرد بوته را افزایش دهد [۱۳]. بودلسنی و همکاران (۲۰۰۴) گزارش دادند که قرار دادن دانه لوبیا در معرض میدان مغناطیسی قبل از کاشت می‌تواند اثر قابل توجهی بر جوانه‌زنی بذر و عملکرد آن داشته باشد [۱۴].

جداسازی ضایعات، دانه‌ها شسته و در آب تیمارنشده، آب مغناطیسی شده و آبی که در میدان مغناطیسی قرار داشت، با دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت، خیسانده شدند (شکل ۱). جهت مغناطیسی کردن آب و تهیه آب مغناطیسی شده از دستگاه تولیدکننده آب مغناطیسی-قلیایی (مدل دوقطبی، شرکت مغناطیس سازان حیات، ایران) استفاده شد (شکل ۲). برای تهیه آب مغناطیسی شده، ۲ لیتر آب شهری داخل ظرفی از جنس پلی اتیلن ریخته شد و ظرف آب به مدت ۲ ساعت داخل دستگاه قرار داده شد. میزان میدان مغناطیسی دستگاه و آب مغناطیسی شده توسط دستگاه مغناطیس سنج (TES-3196، تایوان) اندازه‌گیری شد (شکل ۳). شدت میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط دستگاه ۲/۸ گوس، شدت میدان مغناطیسی آب داخل دستگاه ۱/۴ گوس و مقدار میدان مغناطیسی آب مغناطیسی شده (خارج دستگاه) ۰/۶ گوس بود. در مرحله بعد، آب اضافی دانه‌های پوست‌گیری شده حذف شد و درون یک ظروف مسطح ریخته شدند و روی آن‌ها توسط حوله نازک نم‌دار پوشانده شد. در مرحله جوانه‌زنی، برای گروه اول از آب تیمارنشده و برای گروه دوم از آب مغناطیسی شده برای جوانه زدن دانه‌ها استفاده شد و برای گروه سوم، دانه‌ها طی مدت جوانه‌زنی به‌صورت کامل همراه با ظرف و حوله، داخل میدان مغناطیسی قرار گرفتند. در مجموع، دانه‌ها برای جوانه‌زنی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند.

در پژوهش دیگری، اثر آب مغناطیسی بر چهار نوع آب شامل شهری، دیونیزه، باران و مقطر بررسی شد. تأثیر این آب‌های مغناطیسی شده بر سرعت جوانه‌زنی بذر گندم و جو نشان داد که آب دیونیزه مغناطیسی به‌طور قابل توجهی وزن تر ریشه در گندم و سرعت جوانه‌زنی در جو را افزایش می‌دهد. آب شهری مغناطیسی شده وزن تر اندام هوایی و وزن تر ریشه گیاهچه را در گندم افزایش ولی وزن خشک اندام هوایی و شاخص بینه گیاهچه را در جو کاهش داد [۱۵]. از اهمیت آب مغناطیسی در درمان بیماری‌ها می‌توان به نقش آن در درمان دیابت اشاره کرد. از آنجایی که بیماران دیابتی از مشکل استرس‌های اکسیداتیو رنج می‌برند، آب مغناطیسی می‌تواند باعث کاهش فشار اکسیداتیو شده و در درمان بیماری دیابت مؤثر باشد [۱۶].

در این پژوهش، ابتدا اثر آب تیمارنشده، آب مغناطیسی و میدان مغناطیسی بر رشد جودوسر بررسی و سپس سیستیک خشک شدن جودوسر جوانه‌زده در خشک‌کن هوای داغ بررسی می‌شود. ضریب نفوذ مؤثر رطوبت نیز محاسبه و گزارش می‌شود. سپس معادله‌های سیستیکی مختلف روی داده‌های نسبت رطوبت بررسی و بهترین مدل برای بررسی سرعت خشک شدن جودوسر جوانه‌زده با آب تیمارنشده، آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی گزارش می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه جودوسر جوانه‌زده

در ابتدا بذر جودوسر (*Avena sativa* L.) از شرکت پاکان بذر اصفهان (اصفهان، ایران) تهیه شد. بعد از تمیز کردن و



Figure 1- Soaking, peeling, and sprouting steps



Figure 2- Device for producing magnetized water



Figure 3- Gauss meter (digital magnetic field detector)

۲-۲- اندازه گیری تغییرات وزنی دانه ها

بعد از پایان ۲۴ ساعت خیساندن دانه ها و پوست گیری آن ها، وزن دانه های پوست گیری شده و پوست آن ها با ترازوی دیجیتالی (GM-300p، لوترون، تایوان) با دقت ± 0.01 گرم ثبت گردید. بعد از جوانه زدن نیز وزن دانه ها اندازه گیری شد. برای اندازه گیری رطوبت جودوسر تازه و جوانه زده از ترازوی رطوبت سنج (DBS 60-3، کرن، آلمان) استفاده شد.

۲-۳- خشک کردن جودوسر جوانه زده

برای خشک کردن دانه های جودوسر جوانه زده با آب تیمار نشده، آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی، از آون فن دار (شیماز، ایران) در دمای 70°C درجه سلسیوس استفاده شد. وزن نمونه ها هر ۵ دقیقه توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ± 0.01 گرم تا رسیدن به وزن ثابت اندازه گیری شد.

۲-۴- محاسبه پارامتر نسبت رطوبت

کاهش محتوای رطوبت جوانه های جودوسر، بر مبنای خشک در برابر زمان خشک کردن رسم و تأثیر شرایط مختلف جوانه زنی بر آنها مورد بررسی قرار گرفت. پارامتر نسبت رطوبت^۱ (MR) از طریق معادله ۱، محاسبه گردید [۱۷].

(۱)

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e}$$

در این معادله، MR: نسبت رطوبت (بدون بعد)، M_t محتوای رطوبت بر مبنای خشک در هر زمان t (گرم آب بر گرم ماده خشک)، M_0 محتوای رطوبت اولیه بر مبنای خشک و M_e محتوای رطوبت تعادلی (گرم آب بر گرم ماده خشک) است. برای زمان های طولانی خشک شدن، مقادیر M_e در مقایسه با مقادیر M_0 و M_t بسیار کوچک می باشد؛ بنابراین می توان

1- Moisture ratio (MR)

خشک کردن و به دست آوردن ثلثت‌های مدل‌ها نیز از نرم‌افزار متلب و ویرایش R2012a استفاده شد.

۲-۷- آبیگری مجدد جوانه‌های جودوسر خشک‌شده

برای محاسبه پارامتر آبیگری مجدد، ۵ گرم از جوانه‌های جودوسر خشک‌شده توزین و درون آب با دمای ۵۰ درجه سلسیوس غوطه‌ور شدند. نمونه‌ها بعد از گذشت ۳۰ دقیقه از آب خارج‌شده و توزین شدند. نسبت باز جذب آب توسط معادله ۴ محاسبه و گزارش شد.

$$RR = \frac{M}{M_0} \times 100 \quad (4)$$

در این معادله M وزن جوانه‌های جودوسر بعد از باز جذب آب و M_0 وزن جوانه‌های جودوسر خشک می‌باشد.

۲-۸- آنالیز آماری

نتایج به دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آزمون‌های خشک کردن در سه تکرار انجام و برای مقایسه میانگین پاسخ‌های مشاهده شده، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تغییرات وزن و رطوبت دانه‌های جودوسر طی

فرآیند خیساندن و جوانه زدن

وزن جودوسر خشک استفاده شده در این مرحله برای هر تکرار، ۱۰ گرم بود. میانگین درصد رطوبت بذر جودوسر استفاده شده ۳/۷ درصد و جودوسر پوست‌کنده خیس‌خورده در آب تیمارنشده ۳۶/۴ درصد بود. طی فرآیند خیساندن بذر جودوسر با آب تیمارنشده، آب مغناطیسی‌شده و در میدان مغناطیسی، بذرها به ترتیب برابر ۵۸/۸۰، ۸۰/۳۰ و ۸۵/۱۰ درصد وزن اولیه خود، آب جذب کردند.

معادله نسبت رطوبت در طی خشک شدن را به صورت معادله ۲ ساده نمود و برای محاسبه نسبت رطوبت نیازی به اندازه‌گیری رطوبت تعادلی نیست.

$$MR = \frac{M_t}{M_o} \quad (2)$$

۲-۵- محاسبه ضریب نفوذ مؤثر رطوبت

مدل نظری استفاده شده برای تعیین ضریب نفوذ مؤثر رطوبت^۲ جوانه‌های جودوسر بر اساس قانون دوم نفوذ فیک^۳ و با استفاده از مختصات کروی^۴ بود. برای حل معادله فیک، ابتدا فرض شد که ۱) خروج رطوبت تنها به روش نفوذ بوده، ۲) چروکیدگی حجمی قابل چشم‌پوشی است، ۳) دما در طی فرآیند ثابت است و ۴) ضرایب نفوذ در طی فرآیند ثابت باقی می‌ماند؛ سپس از معادله ۳ برای محاسبه ضریب نفوذ مؤثر رطوبت استفاده شد [۱۸].

$$Slope = \frac{\pi^2 D_{eff}}{r^2} \quad (3)$$

در این معادله‌ها، r شعاع جودوسر جوانه‌زده (m)، D_{eff} ضریب نفوذ مؤثر رطوبت ($m^2 s^{-1}$)، n اعداد صحیح مثبت، t زمان خشک شدن (s) و $Slope$ شیب خط لگاریتم طبیعی نسبت رطوبت داده‌های تجربی ($\ln MR$) در مقابل زمان خشک کردن می‌باشد.

۲-۶- مدل‌سازی سینتیک

به منظور بررسی سینتیک و پیش‌بینی روند خشک شدن جوانه‌های جودوسر، با کمک داده‌های تجربی و با استفاده از مدل‌های تجربی مختلف خشک کردن، مدل‌سازی سینتیک انجام گردید. معادله‌های ونگ و سینگ، هندرسون و پابیس، تقریب انتشار، پیچ، نیوتن، میدیلی، لگاریتمی و درجه دوم، برای مدل‌سازی فرآیند خشک کردن جوانه‌های جودوسر و انتخاب بهترین مدل سینتیک، انتخاب و بررسی شدند [۱۹]. به منظور مدل کردن داده‌های تجربی

4- Spherical coordinate

2- Effective moisture diffusivity coefficient (D_{eff})

3- Fick's second law of diffusion

سرعت خشک شدن یک پارامتر مهم است که بر فرآیند خشک کردن تأثیر می‌گذارد و ویژگی‌های خشک کردن مواد مرطوب نیز با منحنی‌های سرعت خشک شدن مشخص می‌شوند. از نظر تعریف، سرعت خشک شدن مقدار آب حذف شده در واحد زمان است [۲۰]. شکل ۴ افت رطوبت جوانه‌های جودوسر رشد کرده در محیط‌های مختلف (آب تیمارنشده، آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی) هنگام خشک شدن در خشک‌کن هوای داغ را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، جوانه‌های جودوسر رشد کرده در میدان مغناطیسی با سرعت بیشتری رطوبت خود را از دست می‌دهند. میدان مغناطیسی باعث افزایش مقدار رطوبت محصول در مرحله خیس‌اندن شد؛ علاوه بر این باعث افزایش سرعت رشد دانه‌ها هم گردید. در نتیجه جوانه‌های رشد کرده در این شرایط، رطوبت بیشتری داشته و سریعتر هم رطوبت خود را از دست دادند.

بعد فرآیند جوانه‌زنی، مجدد وزن جوانه‌های جودوسر رشد کرده اندازه‌گیری شد. درصد افزایش وزن جوانه‌های رشد کرده در حضور آب تیمارنشده، آب مغناطیسی شده و در میدان مغناطیسی، به ترتیب برابر $۷۶/۶۰$ ، $۹۳/۳۳$ و $۱۱۴/۸۳$ درصد (نسبت به وزن اولیه بذر)، بود. قراردادن بذرها جودوسر درون آب مغناطیسی شده باعث افزایش سرعت رشد آن‌ها شد. البته سرعت رشد دانه‌هایی که درون میدان مغناطیسی قرار داشتند بیشتر بود و اختلاف معناداری بین این تیمار با دو تیمار دیگر وجود داشت. در مجموع، آب مغناطیسی شده که به طور پیوسته در میدان مغناطیسی قرار داشت، باعث افزایش بیشتر وزن دانه‌های خیس‌خورده و افزایش سرعت رشد جوانه‌های جودوسر شد.

۲-۳- افت رطوبت دانه‌های جودوسر هنگام خشک شدن

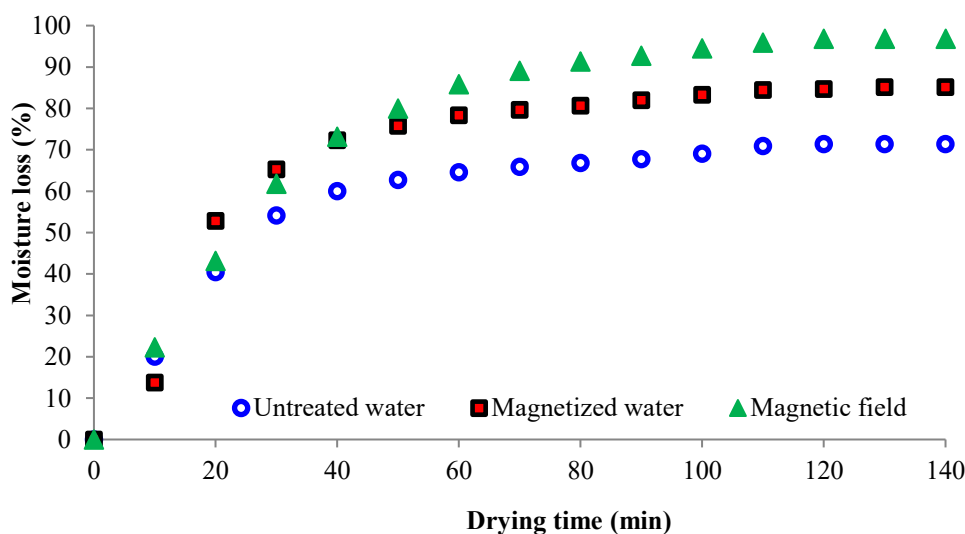


Figure 4- Effect of experimental treatments on the moisture loss rate of sprouted oats during drying in the hot-air dryer

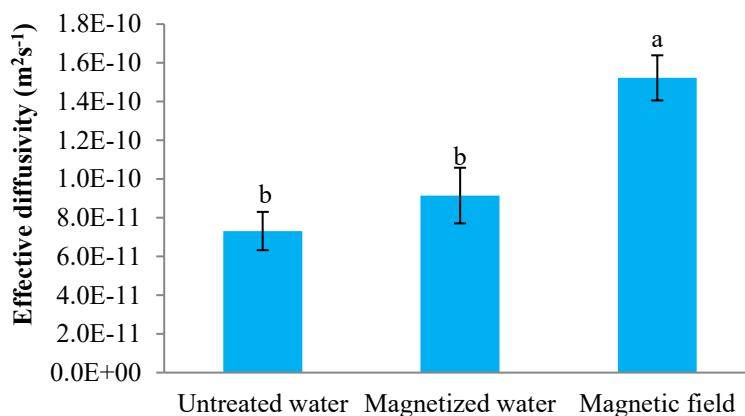
رطوبت جوانه‌های جودوسر رشد کرده با آب تیمارنشده، آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی هنگام خشک شدن در خشک‌کن هوای داغ را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، جوانه‌های جودوسر رشد کرده در میدان مغناطیسی با سرعت بیشتری رطوبت خود را از دست می‌دهند و مقادیر ضریب نفوذ مؤثر رطوبت برای این جوانه‌ها بیشتر است. جوانه‌های رشد کرده در حضور میدان مغناطیسی رطوبت

۳-۳- ضریب نفوذ مؤثر رطوبت

بسته به روش انتقال حرارت اعمال شده، خشک‌کن‌ها روش‌ها و طرح‌های مختلفی برای گرم کردن محصول و خروج رطوبت از آن دارند. در اکثر روش‌های خشک کردن، حرارت ابتدا به سطح خارجی ماده مرطوب و سپس به داخل آن منتقل می‌شود [۲۰]. شکل ۵ ضریب نفوذ مؤثر

که نشان می‌دهد ضریب نفوذ مؤثر رطوبت گندم جوانه‌زده کمی بیشتر از جودوسر جوانه‌زده است [۱۸]. در پژوهش دیگری صالحی و همکاران (۲۰۲۴) تأثیر پیش‌تیمار فراصوت بر سرعت خشک شدن جوانه‌های عدس در خشک‌کن‌های هوای داغ و فروسرخ را بررسی کردند. متوسط ضریب نفوذ مؤثر رطوبت محاسبه‌شده برای جوانه‌های عدس قرار گرفته در خشک‌کن هوای داغ برابر $1.76 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ و برای خشک‌کن فروسرخ برابر 1.6×10^{-9} بود [۲۱].

بیشتری دارند و رطوبت خود را هم با سرعت بیشتری از دست می‌دهند. متوسط ضریب نفوذ مؤثر رطوبت محاسبه‌شده برای جوانه‌های جودوسر رشد کردن با آب تیمارنشده، آب مغناطیسی‌شده و میدان مغناطیسی به ترتیب برابر $7.31 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ، $9.14 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ و $1.5/22 \times 10^{-10}$ بود. از نظر آماری اختلاف معناداری بین مقادیر ضریب نفوذ مؤثر رطوبت جوانه‌های رشد کرده در آب تیمارنشده و آب مغناطیسی‌شده نبود ($p > 0.05$). امین‌اخلاص و همکاران (۲۰۲۳) متوسط ضریب نفوذ مؤثر رطوبت گندم جوانه‌زده هنگام خشک شدن در دمای ۷۰ درجه سلسیوس را برابر $1.65 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ گزارش کردند



Experimental treatments

Figure 5- Effect of experimental treatments on the effective moisture diffusivity coefficient of oat sprouts
Different letters above the columns indicate significant difference ($p < 0.05$).

مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از این ۸ مدل در جدول ۱ گزارش شده است. در این جدول ضرایب مدل‌ها و خطای محاسبه شده برای هر یک از مدل‌ها نیز گزارش شده است. بهترین مدل می‌بایست دارای بیشترین مقدار ضریب تبیین (r) و حداقل مقادیر خطا باشد. نتایج نشان داد که بهترین مدل با بالاترین برازش، در مورد فرآیند خشک کردن جوانه‌های جودوسر، مدل میدیلی است. در جدول ۲ مجموع مربعات خطا^۵ (SSE)، ضریب تبیین و جذر میانگین مربعات خطا^۶ (RMSE) و همچنین ضرایب ثابت مدل میدیلی ارائه شده است. لذا استفاده از مدل میدیلی برای بررسی فرآیند خشک کردن جوانه‌های جودوسر رشد

۴-۳- انتخاب بهترین مدل سیتیکی

یکی از روش‌های خشک کردن محصولات کشاورزی استفاده از هوای داغ و آون است که باعث کاهش رطوبت و فعالیت آبی محصول شده و از رشد میکروارگانیسم‌ها جلوگیری می‌کند [۲۰، ۲۲]. با محاسبه مقدار نسبت رطوبت برای تمامی تیمارهای مورد مطالعه در طی فرآیند خشک کردن جوانه‌های جودوسر و برازش نقاط حاصل از ترسیم نمودارهای نسبت رطوبت-زمان، به وسیله مدل‌های ونگ و سینگ، هندرسون و پایس، تقریب انتشار، پیچ، نیوتن، میدیلی، لگاریتمی و درجه دوم، نتایج برای هر مدل

6- Root mean square error (RMSE)

5- Sum of squares due to error (SSE)

کرده با آب تیمارنشده، آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی، توصیه می شود. در پژوهشی سینتیک خشک شدن گندم جوانه زده در دو خشک کن هوای داغ (با دمای ۷۰ درجه سلسیوس) و فروسرخ (توان ۲۵۰ وات) توسط امین اخلاص و همکاران (۲۰۲۳) بررسی شد. این پژوهشگران مدل پیچ را برای بررسی تغییرات نسبت

رطوبت گندم جوانه زده هنگام خشک شدن را توصیه کرده اند [۱۸].

Table 1- Calculated statistical parameters to verify the agreement of each mathematical model with the moisture ratio (MR) data

Model name	Wang and Singh	Henderson and Pabis	Approximation of diffusion	Page
Model equation	$MR=1+at+bt^2$	$MR= a\exp(-kt)$	$MR=a\exp(-kt)+(1-a)\exp(-kbt)$	$MR=\exp(-kt^n)$
Model constants	$a=-0.0199$ $b=0.000097$	$a=1.022$ $k=0.0314$	$a=1$ $k=0.0309$ $b=-1.477$	$k=0.0242$ $n=1.065$
SSE ¹	0.0548	0.0041	0.0043	0.0037
r	0.9573	0.9968	0.9966	0.9971
RMSE ²	0.0649	0.0178	0.0189	0.0169

1- SSE: Sum of squares due to error; 2- RMSE: Root mean square error

Table 1- Continued from previous table

Model name	Newton	Midilli	Logarithmic	Quadratic
Model equation	$MR=\exp(-kt)$	$MR=a\exp(-kt^n)+bt$	$MR=a\exp(-kt)+c$	$MR=a+bx+cx^2$
Model constants	$k=0.0307$	$a=1.005$ $k=0.0198$ $n=1.135$ $b=0.0002$	$a=1.016$ $k=0.0323$ $c=0.0097$	$a=0.9165$ $b=-0.0176$ $c=0.00008$
SSE ¹	0.0048	0.0013	0.0038	0.0398
r	0.9963	0.9990	0.9970	0.9690
RMSE ²	0.0185	0.0109	0.0178	0.0576

1- SSE: Sum of squares due to error; 2- RMSE: Root mean square error

Table 2- The constants and coefficients of the Midilli model

Experimental treatments	a	k	n	b	SSE ¹	r	RMSE ²
Untreated water	1.0117	0.0363	0.9533	0.0014	0.0068	0.9955	0.0245
Magnetized water	1.0283	0.0260	1.1029	0.0012	0.0258	0.9870	0.0482
Magnetic field	1.0067	0.0257	1.0747	0.0004	0.0019	0.9992	0.0128

1- SSE: Sum of squares due to error; 2- RMSE: Root mean square error

برای بررسی توانایی مدل میدیلی، مقادیر نسبت رطوبت پیش بینی شده توسط این مدل و مقادیر نسبت رطوبت تجربی به دست آمده، در شکل ۶ کنار یکدیگر قرار گرفته اند. همان طوری که در این شکل مشاهده می شود، انطباق خوبی بین نسبت رطوبت تجربی و پیش بینی شده توسط مدل میدیلی وجود دارد؛ بنابراین، این مدل برای پیش بینی تغییرات نسبت رطوبت جوانه های جودوسر مناسب می باشد.

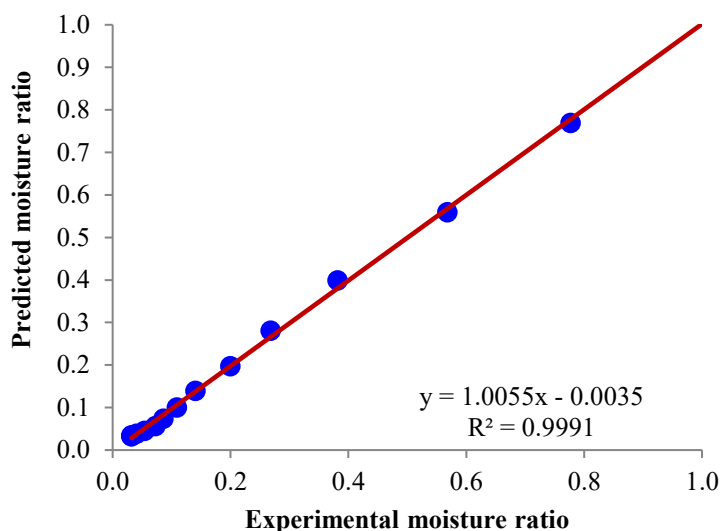


Figure 6- Comparison of fitted data by Midilli model with experimental results of moisture ratio.

مقادیر آبیگری مجدد جوانه‌های رشد کرده با آب تیمارنشده و آب مغناطیسی‌شده نبود ($p > 0.05$). امین‌اخلاص و همکاران (۲۰۲۳) آبیگری مجدد گندم جوانه‌زده خشک‌شده در دمای ۷۰ درجه سلسیوس را در محدوده ۲۱۴/۴۶ درصد تا ۲۱۸/۲۱ درصد گزارش کردند که نشان می‌دهد آبیگری مجدد گندم جوانه‌زده خشک بیشتر از جودوسر جوانه‌زده خشک است [۱۸]. در پژوهشی صالحی و همکاران (۲۰۲۴) آبیگری مجدد جوانه‌های عدس خشک شده در خشک‌کن‌های هوای داغ و فروسرخ را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که آبیگری مجدد جوانه‌های عدس خشک‌شده در خشک‌کن هوای داغ بیشتر از خشک‌کن فروسرخ است و متوسط آبیگری مجدد جوانه‌های عدس خشک‌شده در خشک‌کن‌های هوای داغ و فروسرخ به ترتیب ۳۰۴/۵۲ درصد و ۲۲۶/۲۷ درصد بود [۲۱].

۳-۵- آبیگری مجدد

شکل ۷ آبیگری مجدد جوانه‌های خشک‌شده جودوسر رشد کرده در شرایط مختلف (آب تیمارنشده، آب مغناطیسی‌شده و میدان مغناطیسی) را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، جوانه‌های خشک‌شده جودوسر رشد کرده در میدان مغناطیسی به صورت معناداری آبیگری مجدد کمتری نسبت به دو نمونه دیگر دارند ($p < 0.05$). این موضوع می‌تواند به دلیل خروج سریع‌تر رطوبت از این جوانه‌ها هنگام خشک‌کردن باشد که در نتیجه آن بخشی از لوله موینه‌های داخلی و حفرات سطحی دانه‌ها آسیب دیده و جمع شده و باعث کاهش ظرفیت آبیگری مجدد دانه خشک می‌شود. متوسط آبیگری مجدد محاسبه‌شده برای جوانه‌های جودوسر رشد کرده با آب تیمارنشده، آب مغناطیسی‌شده و میدان مغناطیسی به ترتیب برابر ۱۸۲/۹۳ درصد، ۱۸۴/۴۰ درصد و ۱۶۷/۲۷ درصد بود. از نظر آماری اختلاف معناداری بین

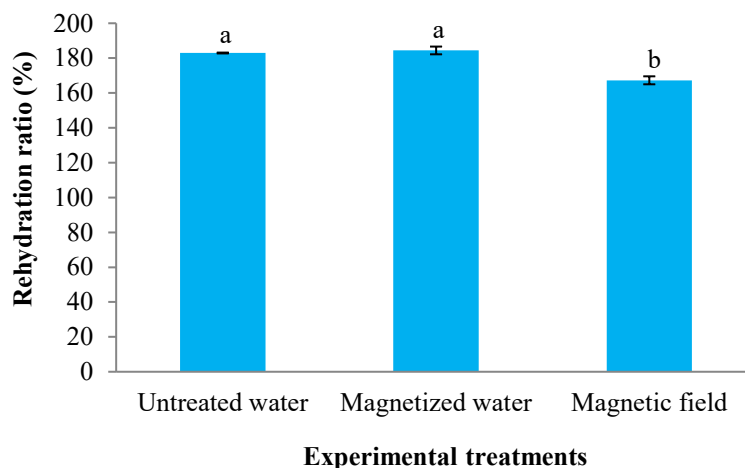


Figure 7- Effect of experimental treatments on the rehydration ratio (%) of dried sprouted oats.

Different letters above the columns indicate significant difference ($p < 0.05$).

استفاده از این مدل برای بررسی فرآیند خشک کردن جوانه‌های جودوسر رشد کرده با آب تیمارنشده، آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی، توصیه می‌شود. بیشترین مقدار آبیگری مجدد محصول خشک مربوط به جوانه‌های رشد کرده در آب تیمارنشده و آب مغناطیسی شده بود؛ البته از نظر آماری اختلاف معناداری بین درصد آبیگری مجدد جوانه‌های رشد کرده در این دو نوع آب نبود ($p > 0.05$).

۵- تشکر و قدردانی

هزینه‌های انجام این پژوهش از محل پژوهانه به شماره ۴۰۲۱۷۴، تأمین شده از سوی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه بوعلی سینا، پرداخت شده است. لذا نویسندگان از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه بوعلی سینا به خاطر حمایت مالی و معنوی از این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی بر رشد جودوسر و سینتیک خشک شدن جوانه‌های آن مورد مطالعه قرار گرفت. جهت مغناطیسی کردن آب و تهیه آب مغناطیسی شده از دستگاه تولیدکننده آب مغناطیسی-قلیایی استفاده شد. سرعت رشد دانه‌هایی که درون میدان مغناطیسی قرار داشتند بیشتر بود و آب مغناطیسی همراه با میدان مغناطیسی باعث افزایش سرعت رشد و افزایش وزن دانه‌های خیس خورده و جوانه‌ها شد. جوانه‌های رشد کرده در حضور میدان مغناطیسی، رطوبت بیشتری داشتند و سریعتر هم رطوبت خود را از دست دادند. جوانه‌های جودوسر رشد کرده در میدان مغناطیسی با سرعت بیشتری رطوبت خود را از دست دادند و مقادیر ضریب نفوذ مؤثر رطوبت برای این جوانه‌ها بیشتر بود. بهترین مدل با بالاترین برازش، در مورد فرآیند خشک کردن جوانه‌های جودوسر، مدل میدیلی بود و

۶- منابع

- [1] Jnawali, P., Kumar, V., Tanwar, B. 2016. Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods, *Food Science and Human Wellness*. 5, 169-176.
- [2] Salehi, F. 2019. Improvement of gluten-free bread and cake properties using natural hydrocolloids: A review, *Food Science & Nutrition*. 7, 3391-3402.
- [3] Tomar, M., Singh, P. 2024. Oat (*Avena sativa*): Production to Plate, 1st Edition ed., CRC Press,
- [4] Sciarini, L. S., Bustos, M., Vignola, M. B., Paesani, C., Salinas, C., Perez, G. T. 2017. A study on fibre addition to gluten free bread: Its effects on bread quality and in vitro digestibility, *Journal of Food Science and Technology*. 54, 244-252.
- [5] Inglett, G. E., Chen, D., Liu, S. X. 2015. Physical properties of gluten-free sugar cookies made from amaranth-oat composites, *LWT - Food Science and Technology*. 63, 214-220.

- [6] Ekström, L. M., Bok, E. A. H., Sjöö, M. E., Östman, E. M. 2017. Oat β -glucan containing bread increases the glycaemic profile, *Journal of Functional Foods*. 32, 106-111.
- [7] Talebi Najaf Abadi, S., Sharifi, A., Absalan, A. A. 2020. Effect of germination process on nutritional value changes and some mung bean physicochemical properties, *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*. 8, 211-224.
- [8] Zahir, M., Fogliano, V., Capuano, E. 2021. Soybean germination limits the role of cell wall integrity in controlling protein physicochemical changes during cooking and improves protein digestibility, *Food Research International*. 143, 110254.
- [9] Cao, H., Wang, C., Li, R., Guan, X., Huang, K., Zhang, Y. 2022. Influence of sprouted oat flour substitution on the texture and in vitro starch digestibility of wheat bread, *Food Chemistry: X*. 15, 100428.
- [10] Holysz, L., Szczes, A., Chibowski, E. 2007. Effects of a static magnetic field on water and electrolyte solutions, *Journal of Colloid and Interface Science*. 316, 996-1002.
- [11] Pang, X., Deng, B. 2008. Investigation of changes in properties of water under the action of a magnetic field, *Science in China Series G: Physics, Mechanics and Astronomy*. 51, 1621-1632.
- [12] Esmaeilnezhad, E., Choi, H. J., Schaffie, M., Gholizadeh, M., Ranjbar, M. 2017. Characteristics and applications of magnetized water as a green technology, *Journal of Cleaner Production*. 161, 908-921.
- [13] Aliverdi, A., Karami, S., Hamami, H. 2021. The effect of irrigation with magnetized water on the symbiosis between soybean and rhizobium, *Journal of Water and Soil*. 35, 95-106.
- [14] Podleśny, J., Pietruszewski, S., Podleśna, A. 2004. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions, *International Agrophysics*. 18, 65-71.
- [15] Al-Akhras, M. A. H., Al-Quraan, N. A., Abu-Aloush, Z. A., Mousa, M. S., AlZoubi, T., Makhadmeh, G. N., Donmez, O., Al jarrah, K. 2024. Impact of magnetized water on seed germination and seedling growth of wheat and barley, *Results in Engineering*. 22, 101991.
- [16] Khudiar, K., Ali, A. M. 2012. Effect of magnetic water on some physiological aspects of adult male rabbits. in: Proceeding of the Eleventh Veterinary Scientific Conference, 120-126.
- [17] Salehi, F., Goharpour, K., Razavi Kamran, H. 2023. Effects of ultrasound and microwave pretreatments of carrot slices before drying on the color indexes and drying rate, *Ultrasonics Sonochemistry*. 101, 106671.
- [18] Amin Ekhlās, S., Pajohi-Alamoti, M. R., Salehi, F. 2023. Effect of ultrasonic waves and drying method on the moisture loss kinetics and rehydration of sprouted wheat, *Journal of Food Science and Technology (Iran)*. 20, 159-168.
- [19] Salehi, F., Satorabi, M. 2021. Influence of infrared drying on drying kinetics of apple slices coated with basil seed and xanthan gums, *International Journal of Fruit Science*. 21, 519-527.
- [20] Khodadadi, M., Masoumi, A. 2025. Recent drying technologies used for drying poultry litter (principles, advantages and disadvantages): A comprehensive review, *Poultry Science*. 104, 104677.
- [21] Salehi, F., Razavi Kamran, H., Goharpour, K. 2024. Influence of ultrasonic pretreatment on the drying rate of lentil sprouts in hot-air and infrared dryers, *Food Research Journal*. 34, 31-43.
- [22] Khodadadi, M., Masoumi, A., Sadeghi, M. 2024. Drying, a practical technology for reduction of poultry litter (environmental) pollution: methods and their effects on important parameters, *Poultry Science*. 103, 104277.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of magnetized water on oat growth and drying kinetics of its sprouts for use in gluten-free product formulation

Kimia Samary¹, Fakhreddin Salehi^{2*}, Akbar Aliverdi³, Amir Daraei Garmakhany⁴

¹ MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

^{2*} Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

³ Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

⁴ Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Natural Resources, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2024/12/27

Accepted: 2025/1/27

Keywords:

Effective moisture diffusivity coefficient, Magnetic field, Midilli model, Rehydration.

DOI: 10.22034/FSCT.22.163.190.

*Corresponding Author E-

F.Salehi@basu.ac.ir

One of the methods proposed in agriculture for optimal water use is to pass irrigation water through a magnetic field. The use of this magnetized water promotes seed germination and increases crop yields. Sprouted oat is a gluten-free product that contains various vitamins and nutrients, and its powder can be used to improve the quality of various foods. In this study, the effects of untreated water, magnetized water, and magnetic field on the oat growth and drying kinetics of its sprouts were investigated and modeled. A magnetic-alkaline water generator was used to magnetize water and generate magnetized water. The effect of different treatment on the effective moisture diffusivity coefficient of oat sprouts during drying was calculated and the rehydration of their dried sprouts was measured. The results of this study showed that oat seeds placed in the magnetized water and magnetic field increased their weight when soaked and also grew faster. Oat sprouts grown in the magnetic field lost moisture faster and dried faster due to their higher moisture content. The average effective moisture diffusivity coefficients calculated for oat sprouts grown by untreated water, magnetized water, and magnetic field mediums were $7.31 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, $9.14 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, and $15.22 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, respectively. To study the drying kinetics of oat sprouts, various mathematical models were fitted to the experimental data, and overall, the Midilli model was chosen as the best model due to the highest fit and lowest error. The calculated rehydration of oat sprouts grown by untreated water, magnetized water, and magnetic field mediums was 182.93%, 184.40%, and 167.27%, respectively.



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

اثر افزودن نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع در جیره بر کیفیت گوشت بره‌های نر سنگسری

محمدتقی حیدریان^۱، اشکان جبلی جوان^{۲*}، علی مهدوی^۳، محمدکاظم حیدریان^۴، ایمان خانبانی^۵

۱- پژوهشگر پسادکتری، گروه بهداشت و کنترل کیفی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۲- دانشیار، گروه بهداشت و کنترل کیفی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۳- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۴- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۱

کلمات کلیدی:

اسید چرب غیر اشباع،

کیفیت گوشت،

بره نر سنگسری،

خصوصیات کیفی،

جیره غذایی

یکی از راهکارهای مؤثر برای بهبود راندمان تولید در دام‌های نر پرواری، استفاده از مواد افزودنی تغذیه‌ای است چراکه انرژی جیره غذایی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی محدودکننده در تغذیه دام‌ها شناخته شده و نقشی اساسی در هضم و بهره‌وری سایر مواد مغذی ایفا می‌کند. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر افزودن نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیر اشباع (امگا ۳، ۶ و ۹) بر ویژگی‌های کیفی گوشت بره‌های نر سنگسری انجام شد. در این پژوهش، ۲۸ رأس بره به چهار گروه تغذیه‌ای با سطوح مختلف اسیدهای چرب تقسیم شدند و به مدت ۷۵ روز جیره‌های مربوطه دریافت کردند. کیفیت گوشت با استفاده از شاخص‌هایی نظیر رنگ (L^* , a^* , b^*), اکسیداسیون لیپیدها (MDA)، سختی، افت پخت، و ظرفیت نگهداری آب ارزیابی شد. نتایج نشان داد افزودن امگا ۳ منجر به کاهش شفافیت و افزایش زردی گوشت شد، در حالی که سختی بافت کاهش و نرمی آن بهبود یافت ($P < 0.05$). هرچند غلظت MDA افزایش یافت، این مقادیر همچنان در محدوده قابل قبول باقی ماند. همچنین، مکمل‌های اسید چرب غیر اشباع افت پخت را کاهش و ظرفیت نگهداری آب را بهبود بخشیدند که نشان‌دهنده پایداری بالاتر گوشت در طول نگهداری است. به طور کلی، افزودن این مکمل‌ها به جیره غذایی بره‌ها می‌تواند به عنوان راهکاری مؤثر برای بهبود کیفیت و ماندگاری گوشت مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، اثرات آن وابسته به نوع و مقدار اسید چرب مصرفی است.

DOI:10.22034/FSCT.22.163.202.

* مسئول مکاتبات:

jebellija@semnan.ac.ir

۱- مقدمه

استفاده قرار می گیرند [۴]. استفاده از چربی های فراوری نشده در جیره دام می تواند مشکلاتی از جمله بازدارندگی اسیدهای چرب بلند زنجیر غیر اشباع بر فعالیت میکروب های شکمبه ایجاد کند. افزایش غیر اشباعیت چربی ها، اگرچه قابلیت هضم را افزایش می دهد، اما ممکن است تخمیر شکمبه را مختل کند و موجب کاهش مصرف ماده خشک، چربی شیر و هضم فیبر شود. علاوه بر این میکروارگانیسم های شکمبه، اسیدهای چرب غیر اشباع را هیدروژنه می کنند، اما اشباع سازی کامل آنها می تواند فرایند تخمیر را مختل نماید [۵].

بر اساس مطالعات صورت گرفته در این زمینه به منظور کاهش اثرات منفی چربی ها، می توان از چربی های محافظت شده استفاده نمود. این چربی ها شامل انواعی مانند چربی های محافظت شده با فرمالدئید، چربی های کریستاله، اسیدهای چرب آمیدی، چربی های هیدروژنه و نمک های کلسیمی اسیدهای چرب بلند زنجیر^۱ CSFA هستند. تحقیقات نشان داده اند که افزودن چربی های محافظت شده به جیره گاوهای شیرده منجر به افزایش تولید شیر بدون کاهش چربی آن می شود [۶]. به طور کلی، مکمل های اسیدهای چرب نه تنها موجب افزایش انرژی جیره می شوند، بلکه با بهبود جذب ویتامین های محلول در چربی، به عنوان مکملی مؤثر در تغذیه دام و طیور عمل کرده و ضمن بهبود راندمان تولید، باعث کاهش چربی لاشه و افزایش اسیدهای چرب ضروری گوشت می شوند [۴].

در میان چربی های محافظت شده، CSFA به دلیل پایداری بیشتر در شکمبه و حفظ قابلیت هضم مواد مغذی اهمیت ویژه ای دارند [۷، ۸]. این نمک ها با فراوری روغن هایی مانند سویا، ماهی، کتان یا پالم تولید می شوند، که طی آن تری آسیل گلیسرول ها با ترکیبات کلسیمی به نمک های کلسیمی اسید چرب تبدیل می گردند. این ترکیبات با افزایش نقطه ذوب اسیدهای چرب غیر اشباع و مقاومت در pH

مهدی شهر، معروف به سنگسر، در شمال غربی استان سمنان و در فاصله ۲۰ کیلومتری شهر سمنان قرار دارد [۱]. این منطقه که در گذشته با سبک زندگی عشایری شناخته می شد، اکنون عمدتاً شهرنشین شده است. دامپروری، به ویژه فراوری شیر گوسفند، از ارکان اصلی زندگی عشایر سنگسری بوده و سابقه ای چند هزار ساله دارد. عشایر این منطقه با مهارت بالا بیش از ۳۰ نوع لبنیات منحصربه فرد مانند ماست، دوغ، آرشه، پنیر، لور، چیکو، کشک و وارعون و ... تولید می کنند [۲]. گوسفند نژاد سنگسری از نژادهای بومی و مقاوم ایران است که در منطقه سنگسر؛ به شکل کوچ رو، نیمه کوچرو و روستایی پرورش داده می شود. این نژاد جز نژادهای کوچک جثه تا متوسط و رنگین است که به رنگ های سیاه، سفید، بور و قهوه ای روشن تا تیره دیده می شود. گوسفندان نژاد سنگسری دارای جثه کوچک و قلم دست و پای ظریف، دنبه کوتاه و دنبالچه کوچک و کمائی شکل و فاقد شاخ هستند. به علاوه، گوسفندان سنگسری به دلیل کیفیت پرواری بی نظیر خود مشهورند و تقریباً ۶۰ درصد وزن آنها قبل از ذبح به گوشت اختصاص دارد. گوشت گوسفند سنگسری به دلیل چربی متعادل و بافت نرم، طعمی لذیذ و خوشمزه دارد. این گوشت با توجه به بازدهی بالای پرواری و ترکیب مناسب عضلات و چربی، از کیفیت بالایی برخوردار است. علاوه بر طعم بی نظیر، گوشت این نژاد به عنوان محصولی با خواص تغذیه ای مطلوب در بازارهای داخلی و خارجی شناخته شده است [۳].

یکی از راهکارهای مؤثر برای بهبود راندمان تولید در دام های نر پرواری، استفاده از مواد افزودنی تغذیه ای است چراکه انرژی جیره غذایی به عنوان یکی از عوامل اصلی محدودکننده در تغذیه دام ها شناخته شده و نقشی اساسی در هضم و بهره وری سایر مواد مغذی ایفا می کند. از این رو، رویکردهای متنوع تغذیه ای با هدف افزایش غلظت انرژی جیره مورد

1. Calcium salts of long-chain fatty acids

بالای ۶/۵، از تخمیر شکمبه‌ای محافظت کرده و تأثیرات منفی بر متابولیسم میکروبی را کاهش می‌دهند [۵].

نمک‌های کلسیمی با عبور از شکمبه به‌صورت صابونی و دست‌نخورده، در قسمت‌های بعدی گوارش پیوند کلسیم و اسید چرب را شکسته و هر دو مؤلفه جداگانه جذب می‌شوند. این نمک‌ها شامل اسیدهای چرب اشباع مانند پالمیتیک و استئاریک و غیر اشباع مانند اولئیک، لینولئیک و لینولنیک هستند. نقطه ذوب حدود ۳۸ درجه سانتی‌گراد آن‌ها امکان حل شدن و جذب مؤثر در مایعات گوارشی را فراهم کرده و با کاهش اتلاف انرژی از طریق مدفوع و جذب کاتیون‌ها، کارایی تغذیه را بهبود می‌بخشند [۵].

بر اساس گزارش آلبا و همکاران (۲۰۲۱)، افزودن CSFA به جیره نشخوارکنندگان می‌تواند تعادل انرژی و عملکرد تولیدی دام را بهبود بخشد. این مکمل‌سازی باعث افزایش نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع در گوشت شده که از نظر تغذیه‌ای برای انسان سالم‌تر از اسیدهای چرب اشباع محسوب می‌شود. این تغییرات به دلیل محافظت جزئی اسیدهای چرب غیر اشباع از فرایند بیوهیدروژناسیون در شکمبه رخ می‌دهد [۹]. همچنین، تحقیقات نشان داده‌اند که CSFA می‌تواند نرمی، آبدار بودن و رنگ گوشت را بهبود بخشد، اگرچه مکانیسم دقیق این تأثیرات هنوز به طور کامل مشخص نشده است [۱۰]. علاوه بر این مطالعات نشان داده‌اند که تعامل CSFA با اجزای دیگر جیره، مانند علوفه‌ها، می‌تواند اثرات مثبتی بر قابلیت هضم مواد مغذی و کیفیت گوشت داشته باشد. به عنوان مثال، هی و همکاران ۲۰۱۸ گزارش کردند که استفاده همزمان از CSFA و یونجه می‌تواند تخمیر شکمبه و ویژگی‌های کیفی گوشت گاوهای گوشتی را بهبود دهد. در مجموع، شواهد حاکی از آن است که استفاده هدفمند از CSFA در جیره غذایی نشخوارکنندگان پتانسیل بهبود ارزش تغذیه‌ای و کیفیت حسی گوشت را دارد، اما برای شناسایی دقیق مکانیسم‌ها و

بهینه‌سازی کاربرد این رویکرد، تحقیقات بیشتری مورد نیاز است [۱۱].

بر اساس مطالعه داغ‌کیا و همکاران (۲۰۱۵)، استفاده از نمک‌های کلسیمی منابع اسیدهای چرب امگا-۳ و امگا-۶ در میش‌ها منجر به افزایش تعداد بره‌های متولد شده شد. این افزایش با غلظت بالاتر استروژن در مراحل استروس و قبل از استروس در فاز فولیکولی مرتبط است، که به نوبه خود باعث تحریک ترشح گنادوتروپین‌ها از طریق فیدبک مثبت می‌شود [۱۲]. در پژوهش دیگری، محتشمی و همکاران (۱۴۰۰) تأثیر اسیدهای چرب زیست‌فعال را بر عملکرد رشد گوساله‌های شیرخوار هلشتاین تحت تنش سرمایی بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزودن نمک کلسیمی روغن ماهی در این شرایط می‌تواند نقش مؤثری در بهبود سلامت دام و تضمین رشد مطلوب ایفا کند [۴]. علاوه بر این، محققان دیگری افزایش ۲ تا ۱۰ درصدی تولید شیر را در گاوهای تغذیه‌شده با مکمل چربی در مقایسه با گاوهایی که از جیره بدون مکمل چربی استفاده کرده‌اند، گزارش کردند [۱۳].

همچنین، گنج‌خانلو و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر افزودن انواع مختلف منابع چربی مانند پنبه‌دانه، پیه حیوانی، نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب بلند زنجیر، روغن‌های پسماند حاصل از رستوران‌ها و چربی‌های محافظت‌شده به شکل قرص‌شده^۲ را در طول دوره شیردهی بررسی کردند. در اکثر موارد، این منابع اثر مثبتی بر افزایش تولید شیر داشتند [۱۴]. با توجه به اینکه مطالعات پیشین عمدتاً تأثیر مکمل‌های اسیدهای چرب را بر پارامترهای وزنی و بازده لاشه ارزیابی کرده‌اند و کیفیت گوشت استحصالی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است، و همچنین تاکنون تحقیقی در این زمینه بر روی بره‌های نژاد سنگسری انجام نشده است، این پژوهش به ارزیابی اثر افزودن نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیر اشباع در جیره غذایی بر کیفیت گوشت بره‌های نر سنگسری می‌پردازد.

۲- مواد و روش

۲-۱- مواد

به‌طور تصادفی در جایگاه‌های انفرادی قرار گرفتند و به آب و خوراک به‌صورت آزاد دسترسی داشتند. پس از اتمام دوره ۱۴ روزه عادت‌دهی، بره‌ها به‌طور تصادفی مطابق جدول ۱ و رعایت اصل رفاه حیوانات با کد اخلاق شماره ۱۵۶۵۲۴۹۶ با یکی از جیره‌های آزمایشی به مدت ۸۴ روز تغذیه شدند. خوراک به‌صورت کامل مخلوط و در حد اشتها در دو نوبت، ساعت ۷:۰۰ و ۱۷:۰۰ در اختیار بره‌ها قرار داده شد. مقدار انرژی قابل متابولیسم و پروتئین خام در جیره‌ها یکسان بود. در پایان دوره پرواربندی، دام‌ها ذبح شدند و تفکیک لاشه انجام شد. علاوه بر اندازه‌گیری سطح مقطع راسته و ضخامت چربی پشتی، وزن قطعات مختلف لاشه و احشاء نیز ثبت گردید [۱۵].

نمک‌های کلسمی اسیدهای چرب با خلوص بالا وارداتی با برند LADOR از شرکت اعلا روغن سپاهان تهیه شد و ترکیبات شیمیایی مورد استفاده از شرکت مرک آلمان می‌باشد.

۲-۲- روش پژوهش

در این تحقیق، از ۳۲ رأس بره نر نژاد سنگسری با سن چهار تا پنج ماه و میانگین وزن ۱۶/۵ کیلوگرم، در ایستگاه پرورش دام دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان استفاده شد. بره‌ها

Table 1. Feed ingredients and chemical composition of experimental diets (percentage of dry matter).

Ingredients (by dry matter)	Rations			
	Control	Omega 3 (g)	Omega 6 (g)	Omega 9 (g)
Alfalfa	14.60	16.20	16.20	16.20
Corn silage	15.40	18.00	18.00	18.00
Barley	41.26	35.00	35.00	35.00
Corn	11.04	9.00	9.00	9.00
Rapeseed meal	3.06	3.80	3.80	3.80
Soybean meal	3.72	3.95	3.95	3.95
Wheat bran	7.64	7.50	7.50	7.50
Fatty acid calcium salts	0	2	2	2
Calcium carbonate	1.10	1.05	1.05	1.05
Vitamin-mineral supplement*	0.84	1.20	1.20	1.20
Sodium bicarbonate	0.84	0.90	0.90	0.90
Salt	0.51	0.71	0.71	0.71
Dicalcium phosphate	0	0.7	0.7	0.7
Metabolizable energy (Mcal/kg)	2.68	2.68	2.68	2.68
Dry matter (percent)	69.92	69.92	69.92	69.92
Crude protein	14.00	14.00	14.00	14.00
Cell wall (percent dry matter)	28.90	31.70	31.70	31.70
Neutral detergent fiber(NDF) (percent dry matter)	41.30	42.33	42.33	42.33
Calcium (percent dry matter)	0.75	0.75	0.75	0.75
Phosphorus (percent dry matter)	0.42	0.42	0.42	0.42

* A kilogram of vitamin supplement contained 600,000 international units of vitamin A, 200,000 international units of vitamin D, 200 mg of vitamin E, 2,500 mg of antioxidants, 195 g of calcium, 80 g of phosphorus, 21,000 mg of magnesium, 2,200 mg of manganese, 3,000 mg of iron, 300 mg of copper, 300 mg of zinc, 100 mg of cobalt, 120 mg of iodine, and 1.1 mg of selenium.

۲-۲- افت ناشی از پخت^۳ (CL)

گروه بین‌المللی شاخص‌های شاخص‌های L^* ، a^* و b^* تنظیم شده بود، صورت گرفت [۱۵].

۲-۴- تعیین میزان اکسیداسیون لیپید^۴ (TBARS)

در زمان‌های تعیین‌شده، چربی نمونه‌های گوشت استخراج شد و مقاومت گوشت به اکسیداسیون با اندازه‌گیری عدد TBARS بر اساس روش نام و آهن (۲۰۰۳) محاسبه گردید. به منظور تعیین تیوباربتوریک اسید، ۵ گرم از نمونه با ۳۱ میلی‌لیتر محلول استخراج شامل ۴ درصد پرکلریک اسید و ۱ میلی‌لیتر بوتیل هیدروکسی آنیزول (با غلظت ۱ گرم بر لیتر) که در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده بود، به مدت ۱ دقیقه با سرعت ۱۳۵۰۰ دور در دقیقه هموژن شد. مخلوط به‌دست‌آمده از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد و حجم محلول فیلترشده با افزودن اسید پرکلریک ۴ درصد به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس، ۵ میلی‌لیتر از این محلول با ۵ میلی‌لیتر محلول TBA با غلظت ۰/۰۲ مول بر لیتر مخلوط شد، و رتکس گردید و به مدت ۶۰ دقیقه در حمام آب با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا کمپلکس مالون‌آلدئید تشکیل شود. میزان جذب نوری (A_s) محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۰ نانومتر در مقابل شاهد آب مقطر (A_b) خوانده شد و بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید. عدد TBARS به‌صورت میلی‌گرم مالون‌آلدئید بر کیلوگرم نمونه گزارش شد [۱۶].

$$TBA = \frac{A_s - A_b \times 50}{500}$$

۲-۵- بررسی پروفایل بافت^۵ TPA

به منظور بررسی پروفایل بافتی نمونه‌های گوشت، ابتدا نمونه‌های گوشت ماهیچه راسته در ابعاد $(1/8 \times 1/9 \times 1/8)$ سانتی‌متر برش داده شدند و در مرکز صفحه TPA برای تست فشردگی دو چرخه قرار گرفتند. آزمون تحلیل پروفایل بافت نمونه گوشت با استفاده از دستگاه بافت سنج با لودسل ۵۰۰ نیوتن در دمای محیط، تحت شرایط دو بار

به منظور اندازه‌گیری افت ناشی از پخت، نمونه‌های کدگذاری‌شده توزین شدند و سپس در دمای ۱۶۳ درجه سانتی‌گراد در آون روی توری چرب‌شده قرار گرفتند. جهت ثبت دمای مرکزی نمونه‌ها در حین پخت، از ترمومتر پروب‌دار دیجیتال استفاده شد؛ به‌این‌ترتیب که پروب در مرکز نمونه جای‌گذاری گردید و فرایند پخت تا زمانی ادامه یافت که دمای مرکز به ۷۷ درجه سانتی‌گراد رسید. پس از خارج‌سازی نمونه‌ها از آون، تا رسیدن به دمای محیط در معرض هوای سرد قرار داده شدند و سپس مجدداً توزین شدند. درصد افت پخت هر نمونه با استفاده از فرمول (۱) محاسبه شد [۱۵].

$$Cl = \frac{w1 - w2}{w1}$$

(CL: افت ناشی از پخت، W_1 : وزن نمونه قبل از پخت، W_2 : وزن نمونه بعد از پخت)

۲-۳- رنگ سنجی

پس از کشتار دام‌ها، به‌منظور اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ گوشت بر اساس شاخص‌های L^* (روشنایی)، a^* (قرمزی) و b^* (زردی)، ماهیچه راسته (واقع بین دنده‌های ۶ و ۱۰) به دلیل تجمع اسیدهای چرب و کیفیت مطلوب تارهای عضلانی، که آن را به گزینه مناسبی برای رنگ‌سنجی تبدیل می‌کرد، انتخاب و تشریح شد. شاخص روشنایی L^* از سیاه (۰) تا سفید (۱۰۰)، شاخص قرمزی a^* از سبز (مقادیر منفی) تا قرمز (مقادیر مثبت)، و شاخص زردی b^* از آبی (مقادیر منفی) تا زرد (مقادیر مثبت) متغیر هستند. ارزیابی کیفیت رنگ با استفاده از دستگاه هانتربل و به‌صورت سه‌بار تکرار برای هر نمونه، ۲۴ ساعت پس از کشتار انجام شد. پیش از رنگ‌سنجی، کالیبراسیون دستگاه با استفاده از صفحه سفید استاندارد، که بر اساس دستورالعمل

۳-۱- ارزیابی رنگ

ویژگی‌های رنگی نقش مهمی در تعیین ظاهر کلی مواد غذایی و تأثیرگذاری بر پذیرش مصرف‌کننده دارند. با توجه به جدول ۲ مشاهده شد که بیشترین و کمترین میزان شفافیت به ترتیب مربوط به گروه کنترل و امگا ۳ است که این اختلاف بین این دو گروه معنادار است ($P < 0.05$). همچنین لازم به ذکر است که میزان شفافیت در گروه امگا ۶ و امگا ۹ اختلاف معناداری با گروه شاهد نداشته است اما این دو گروه نسبت به گروه امگا ۳ به شکل معناداری شفافیت بالاتری داشتند ($P < 0.05$). همچنین تفاوت معناداری در میزان شفافیت در مدت روزهای نگهداری ۰ و ۳ و ۷ مشاهده نگردید ($P < 0.05$).

همانطور که در جدول ۲ نمایان است بیشترین و کمترین شاخص a^* به ترتیب مربوط به روز هفتم گروه کنترل و روز هفتم امگا ۳ است که این اختلاف بین این دو گروه معنادار است ($P < 0.05$). همچنین لازم به ذکر است که میزان شاخص a^* در گروه امگا ۶ و امگا ۹ اختلاف معناداری با گروه شاهد در روزهای مختلف نداشته است اما این دو گروه نسبت به گروه امگا ۳ به شکل معناداری قرمزی بالاتری داشتند ($P < 0.05$).

با توجه به جدول ۲ مشاهده شد که بیشترین و کمترین شاخص b^* به ترتیب مربوط به روز هفتم امگا ۳ و روز شروع آزمایش گروه کنترل است که این اختلاف بین این دو گروه معنادار است ($P < 0.05$). همچنین لازم به ذکر است که میزان شاخص b^* در گروه امگا ۶ و امگا ۹ اختلاف معناداری با گروه شاهد در روزهای مختلف نداشته است اما این دو گروه نسبت به گروه امگا ۳ به شکل معناداری زردی بالاتری داشتند ($P < 0.05$). در روز شروع آزمایش میزان زردی گوشت در گروه امگا ۳ به شکل معناداری نسبت به گروه کنترل و دو گروه امگا ۶ و امگا ۹ بیشتر بود ($P < 0.05$).

فشردن با سرعت پیش آزمون و پس آزمون ۵ میلی متر بر ثانیه و سرعت خروج ۱ میلی متر بر ثانیه، درصد تغییرات ۵۰ درصد و نیروی بار گذاری اولیه ۱۰ گرم انجام شد. در این آزمون نمونه تحت تنش محوری ۵۰ درصد قرار گرفته تا از تخریب نمونه های گوشت طی آزمون جلوگیری شود [۱۵].

۲-۶- اندازه گیری ظرفیت نگهداری آب^۶ WHC

ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها بر اساس روش هیمونیدس و همکاران (۱۹۹۹) مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور، ابتدا ۵ گرم از نمونه با دقت توزین شد. سپس، نمونه داخل دو کاغذ صافی پیچیده و درون فالكون قرار گرفت. فالكون در سانتریفیوژ یخچال‌دار با سرعت ۳۶۰۰ g و در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. پس از پایان سانتریفیوژ، نمونه از کاغذ صافی خارج و وزن کاغذ و نمونه به صورت جداگانه اندازه‌گیری شد. ظرفیت نگهداری آب نمونه نیز با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید [۱۷].

$$WHC \text{ g/kg} = [(1 - M_w / M_s) 1000]$$

M_s = وزن ابتدایی نمونه به گرم

M_w = وزن آب خارج شده از نمونه به گرم پس از سانتریفیوژ کردن

۲-۷- آنالیز آماری

تمامی آزمایش‌ها حداقل در سه تکرار با استفاده از طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی انجام شد. داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون مقایسه میانگین توکی با سطح اطمینان ۹۵ درصد برای متغیرهای معنی‌دار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تمامی داده‌ها با SPSS نسخه ۲۹ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) تجزیه و تحلیل شدند و نتایج به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار ارائه شد. نمودارها با Excel 2016 ترسیم شد.

۳- نتایج و بحث

6 . Water holding capacity

به نظر می‌رسد که این عوامل گرایش به قرمزی و زردی گوشت را تحت تأثیر قرار نداده‌اند. روشنایی شاخصی است که انعکاس نور را مشخص نموده و می‌تواند تحت تأثیر ترکیب اسیدهای چرب لاشه نیز قرار گیرد [۱۹]. تفاوت در ترکیب اسیدهای چرب می‌تواند رنگ را به دلیل اینکه اسیدهای چرب غیراشباع در مقایسه با اسیدهای چرب اشباع کمتر نور را منعکس می‌کنند تحت تأثیر قرار دهد. از سوی دیگر اکسیداسیون اسیدهای چرب نیز می‌تواند علاوه بر کاهش پایداری گوشت، موجب تغییر در رنگ شده و با کاهش قرمزی گوشت از کیفیت رنگ آن بکاهد. به نظر می‌رسد درجه روشنی گوشت (L^*) به دلیل رسوب بیشتر چربی در بافت ماهیچه تحت تأثیر قرار گرفته باشد [۲۰]. افزایش زردی می‌تواند نتیجه محتوای رنگدانه زرد بالاتر باشد که با محتوای چربی بالاتر تایید شد [۲۱].

لازم به ذکر است که با افزایش میزان اسید چرب غیر اشباع میزان زردی گوشت روند کاهشی داشته است.

در مطالعه حاضر مشخص شد که گروه کنترل در تمامی روزها بالاترین میزان شفافیت و رنگ قرمز را داشت، در حالی که گروه امگا ۳ به طور مداوم کمترین شفافیت و بیشترین زردی را نشان داد. همچنین، افزایش تعداد اسیدهای چرب بر شفافیت و رنگ گوشت تأثیر داشت. رنگ خصوصیت بصری از گوشت و لاشه می‌باشد که به عنوان اولین معیار تأثیرگذار در انتخاب و ارزیابی گوشت و لاشه شناخته می‌شود [۱۸]. به طور کلی سه منبع اصلی ایجاد تفاوت رنگ در گوشت وجود دارد که عبارت از مورفولوژی میوگلوبین ماهیچه‌ها، نسبت پیگمانت‌های رنگی در ماهیچه و متابولیسم گلوکز موجود در ماهیچه پس از مرگ می‌باشند.

Table 2. Results of evaluation of optical parameters of meat during the study.

Day	Indicators	Sample			
		Control	Omega 3	Omega 6	Omega 9
0	b*	13.96± 0.61 ^d	15.26± 0.57 ^{bcd}	14.26± 0.40 ^d	14.20± 0.40 ^d
	a*	13.43± 0.45 ^{ab}	13.73± 0.42 ^{bcd}	14.46± 0.47 ^{bc}	14.62± 0.25 ^{ab}
	L*	32.40± 0.47 ^a	30.26± 0.45 ^{bc}	31.61± 0.51 ^{ab}	31.64± 0.70 ^{ab}
3	b*	14.73± 0.40 ^{bcd}	16.03± 0.21 ^{ab}	15.20± 0.46 ^{cd}	14.40± 0.44 ^{bcd}
	a*	15.20± 0.36 ^a	12.56± 0.50 ^{cde}	14.23± 0.45 ^{ab}	14.33± 0.45 ^{ab}
	L*	31.63± 0.50 ^{ab}	29.70± 0.56 ^{cd}	30.83± 0.50 ^{bc}	31.53± 0.31 ^{ab}
7	b*	15.66± 0.55 ^{abc}	16.83± 0.40 ^a	15.73± 0.57 ^{abc}	15.26± 0.50 ^{bcd}
	a*	15.43± 0.57 ^a	11.37± 0.45 ^e	12.43± 0.26 ^{de}	15.43± 0.32 ^e
	L*	31.40± 0.36 ^{ab}	28.66± 0.78 ^d	30.46± 0.60 ^{bc}	30.90± 0.26 ^{abc}

a-e: Different letters in each column and row indicate statistical differences between doses on different days ($p < 0.05$).

معنی‌دار نبود. بر اساس نظر اوزپینار و همکاران ۲۰۰۳، افزایش غلظت مالون دی آلدئید نشان‌دهنده کاهش پایداری اکسیداتیو گوشت است [۲۲].

مطابق داده‌های ارائه‌شده در جدول ۳، در روز هفتم نگهداری، کمترین و بیشترین غلظت مالون دی آلدئید به ترتیب در گروه کنترل و گروه تیمار شده با امگا ۳ مشاهده شد. علاوه بر این، در همین روز، گروه‌های امگا ۳ و امگا ۶ افزایش معنی‌داری را در غلظت مالون دی آلدئید نسبت به گروه کنترل نشان دادند، در حالی که گروه امگا ۹ تغییری از نظر آماری در مقایسه با گروه شاهد نداشت. تغییرات معنی

۲-۳- مقاومت اکسایشی

نتایج مطالعه نشان داد که در روز شروع آزمایش، اختلاف معنی‌داری میان گروه‌های تیمار شده و گروه کنترل مشاهده نشد. با این حال، با افزایش زمان نگهداری از روز شروع آزمایش به سه روز، غلظت مالون دی آلدئید در گروه‌های تیمار شده به‌طور قابل‌توجهی در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافت. در این میان، تنها گروه تیمار شده با امگا ۳ افزایش معنی‌داری از نظر آماری نسبت به گروه کنترل نشان داد، در حالی که تغییرات مشاهده‌شده در گروه‌های تیمار شده با امگا ۶ و امگا ۹ در مقایسه با گروه کنترل از نظر آماری

بود. با این حال، این مقدار همچنان پایین‌تر از حد استاندارد تعیین‌شده قرار داشت [۲۴]. به طور مشابه اوزینار و همکاران ۲۰۰۳، افزایش غلظت مالون دی آلدئید را پس افزودن مکمل روغن ماهی به جیره غذایی جوجه های گوشتی گزارش کردند [۲۲]. در مقابل بیالک و همکاران ۲۰۲۱ گزارش کردند که افزودن مکمل اسیدهای چرب امگا ۳ به جیره بره ها سبب کاهش غلظت مالون دی آلدئید می گردد این محققین دلیل این امر را بهبود نشانگرهای استرس اکسیداتیو بیان کردند [۲۵].

دار غلظت مالون دی آلدئید بین گروه های تیمار شده را می توان به تفاوت محتوای اسیدهای چرب غیر اشباع نسبت داد؛ چراکه اسیدهای چرب غیر اشباع چند زنجیره^۷ (PUFA)، نسبت به اسیدهای چرب اشباع بیشتر مستعد اکسیداسیون هستند [۲۳].

به طور کلی در تمام گروه‌ها با گذشت زمان غلظت مالون دی آلدئید به شکل معناداری افزایش یافت که افزایش این پارامتر را می توان با افزایش اکسیداسیون لیپیدها مرتبط دانست. در میان تمامی نمونه‌ها، بالاترین غلظت مالون دی آلدئید در روز هفتم مربوط به نمونه تیمار شده با امگا ۳

Table 3. Results of assessment of malondialdehyde concentration during the study.

	Day 0	Day 3	Day 7
Control	0.403± 0.040 ^f	0.700± 0.015 ^e	0.890± 0.020 ^e
Omega 3	0.403± 0.015 ^f	0.810± 0.026 ^{cd}	1.210± 0.030 ^a
Omega 6	0.406± 0.020 ^f	0.780± 0.035 ^{de}	1.040± 0.031 ^b
Omega 9	0.380± 0.040 ^f	0.740± 0.040 ^{de}	0.890± 0.046 ^e

a-e: Different letters in each column and row indicate statistical differences between doses on different days ($p < 0.05$).

بافتی گوشت و محصولات گوشتی گزارش کرده‌اند [۲۶]–۲۸.

از سوی دیگر، در تمامی گروه‌ها، با افزایش مدت زمان نگهداری، کاهش قابل توجهی در سختی گوشت مشاهده شد. این کاهش احتمالاً به افزایش فرایند اکسیداسیون در طول دوره نگهداری مرتبط است، که می‌تواند بر ساختار پروتئین‌ها و ویژگی‌های بافتی گوشت تأثیر بگذارد [۲۰].

از طرف دیگر در بین گروه‌های تیمار، کمترین میزان سختی مربوط به گروه امگا-۳، و پس از آن به ترتیب گروه‌های امگا ۶ و امگا ۹ بالاترین میزان سختی را دارا بودند. کاهش سختی در گروه امگا ۳ را می‌توان با افزایش سیالیت چربی مرتبط دانست. به گفته انس و وود (۲۰۱۷)، افزودن اسیدهای چرب امگا ۳، به‌ویژه ALA، EPA و DHA، منجر به افزایش محتوای اسیدهای چرب چند غیراشباع در گوشت می‌شود که این ویژگی می‌تواند با افزایش سیالیت چربی، منجر به کاهش سختی گوشت شود. از سوی دیگر افزودن بیش از

۳-۳- ارزیابی بافت گوشت

در بین پارامترهای بافتی، سختی به منظور توصیف ویژگی‌های فیزیکی گوشت استفاده می‌شود. بر اساس نمودار ۱ بیشترین سختی گوشت در گروه کنترل در روز شروع آزمایش مشاهده شد، در حالی که کمترین میزان سختی به گروه حاوی امگا ۳ در روز هفتم اختصاص داشت. این الگو در تمام روزهای اندازه‌گیری (روزهای ۰، ۳ و ۷) ثابت ماند که این امر بیانگر پایداری اثر مکمل‌ها در کاهش سختی گوشت است. نتایج نشان داد که تمامی گروه‌های تیمار، در مقایسه با نمونه کنترل، کاهش معناداری در میزان سختی گوشت را نشان دادند. این کاهش را می‌توان به واکنش ترکیبات ناشی از اکسیداسیون لیپیدها با پروتئین‌ها و تغییرات در پیوندهای عرضی نسبت داد که به دنبال آن عملکرد پروتئین‌ها به دلیل دناتوراسیون کاهش می‌یابد. مطالعات متعددی نیز ارتباط مثبتی میان سختی و ویژگی‌های حسی

7. Polyunsaturated fatty acid

ساختاری اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۶، که غیراشباع و دارای چندین پیوند دوگانه هستند، مرتبط دانست [۳۱]. چرا که وجود این پیوندهای دوگانه موجب ایجاد پیچیدگی در ساختار مولکولی این اسیدها می‌شود و در نتیجه، منجر به تولید چربی‌های مایع‌تری می‌گردد که می‌تواند به افزایش حساسیت بافت عضلانی کمک کند. در مقابل، پیوند دوگانه موجود در امگا ۹ ساختاری پایدارتر ایجاد می‌کند که به استحکام بیشتر بافت‌ها کمک می‌نماید [۳۲].

بر اساس مطالعات صورت گرفته مصرف اسیدهای چرب امگا ۳، امگا ۶ و امگا ۹ در رژیم غذایی تأثیر قابل توجهی بر سختی و کیفیت کلی گوشت دارد. تعادل میان این اسیدهای چرب نه تنها بر پروفایل تغذیه‌ای گوشت، بلکه بر ویژگی‌های فیزیکی آن، از جمله نرمی و سفتی بافت نیز اثرگذار است [۳۰، ۳۳].

حد اسیدهای چرب امگا ۳ منجر به اکسیداسیون چربی می‌شود که بر طعم و رنگ تأثیر منفی می‌گذارد و می‌تواند مزایای بهبود نرمی را خنثی کند [۲۰].

افزایش سختی گروه‌های تیمار امگا ۶، را می‌توان به وجود و مصرف سطح بالای امگا ۶ در جیره دام بدون امگا ۶ کافی نسبت داد. بر اساس نظر آلاگوانی ۲۰۲۱، مصرف متعادل امگا ۶ در کنار امگا ۳ بسیار مهم است [۲۹]. به طور مشابه هردمن و همکاران ۲۰۱۰ گزارش کردند که اسیدهای چرب امگا-۶، اگرچه ضروری هستند، اما در صورت مصرف بیش از حد می‌توانند منجر به افزایش سختی شوند، زیرا ممکن است رسوب چربی اشباع در عضله را تقویت کنند [۳۰].

از سوی دیگر گروه دریافت‌کننده اسید چرب امگا ۹ از سختی بیشتری نسبت به گروه‌های دریافت‌کننده امگا ۶ و امگا ۳ برخوردار است. این تفاوت را می‌توان با ویژگی‌های

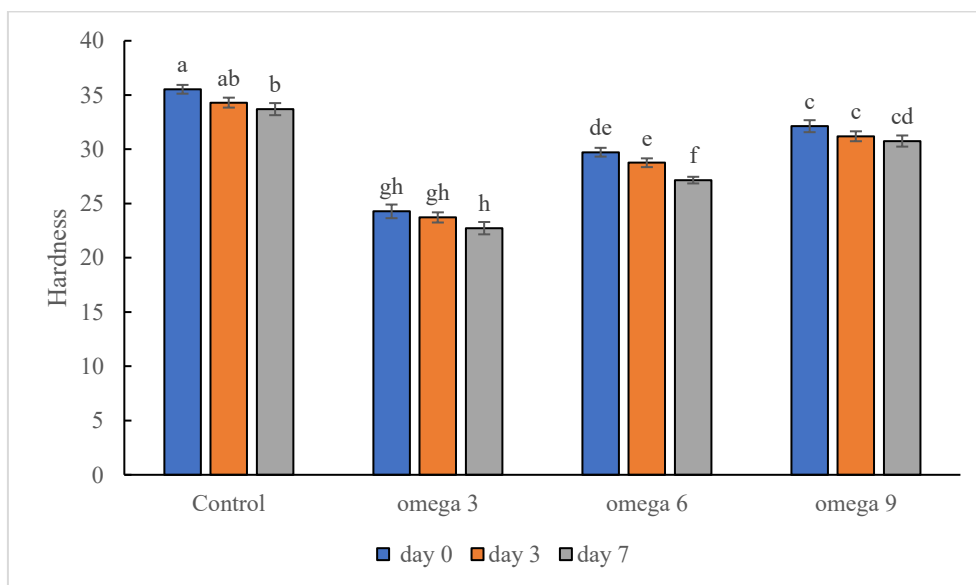


Fig 1. Results of meat hardness assessment during the study.

نمونه‌ها، گروه امگا ۳ در روز هفتم بالاترین WHC را نشان داد. افزایش WHC در گروه‌های تیمار ممکن است به اکسیداسیون متوسط میوزین مرتبط باشد، زیرا فرایند اکسیداسیون موجب پلیمریزاسیون می‌شود که این پدیده می‌تواند منجر به بهبود WHC گردد [۳۴]. مکانیسم ظرفیت نگهداری آب عمدتاً به عملکرد پروتئین‌های میوفیبریلار و ساختارهای مرتبط با اتصال و به دام انداختن آب، مانند

۳-۴- ظرفیت نگهداری آب

در روز شروع آزمایش، بیشترین WHC در گروه امگا ۶ مشاهده شد، در حالی که کمترین مقدار به گروه کنترل اختصاص داشت. با این حال، این تفاوت‌ها از نظر آماری معنادار نبودند (جدول ۴). در روزهای سوم و هفتم نگهداری، بیشترین و کمترین میزان WHC به ترتیب در گروه‌های امگا ۳ و امگا ۹ مشاهده شد. در میان تمامی

نگهداری شده به مدت ۰ و ۱۴ روز، WHC بالاتری نسبت به نمونه‌های ذخیره شده برای ۷ روز دارند. این محققین بیان کردند که با افزایش pH طی فرایند بلوغ، تخریب پروتئین‌ها و تغییرات بارهای الکتریکی باعث بازآرایی درون مولکولی می شود و در نتیجه WHC افزایش می یابد. این نتایج تأکید می کنند که تغییرات بیوشیمیایی و چربی های درون سلولی یا بین سلولی که بیشتر غیر اشباع هستند ظرفیت نگهداری رو بالا می برند در طول دوره نگهداری، نقش کلیدی در حفظ کیفیت گوشت ایفا می کنند [۳۷، ۳۸].

Table 4. Results of water holding capacity assessment during the study.

	Day 0	Day 3	Day 7
Control	0.133± 0.015 ^f	0.180± 0.020 ^{bcd}	0.197± 0.021 ^{bcd}
Omega 3	0.143± 0.015 ^{ef}	0.210± 0.020 ^{bc}	0.273± 0.021 ^a
Omega 6	0.157± 0.012 ^{def}	0.197± 0.021 ^{bcd}	0.230± 0.020 ^{ab}
Omega 9	0.137± 0.012 ^f	0.170± 0.010 ^{cdef}	0.193± 0.015 ^{bcd}

a-e: Different letters in each column and row indicate statistical differences between doses on different days ($p < 0.05$).

چرب، افزایش افت ناشی از پخت ایجاد شده است و تمام گروه های تیمار نسبت به هم تفاوت معناداری داشتند ($P < 0.05$).

در گروه کنترل با گذشت زمان هیچ اختلاف معناداری در روزهای مختلف ۰، ۳ و ۷ مشاهده نشد ($P > 0.05$). در گروه امگا ۳ با گذشت زمان کاهش معناداری در افت ناشی از پخت گوشت ایجاد شد به شکلی که بیشترین افت پخت برای روز ۰ و کمترین مربوط به روز ۷ بود ($P < 0.05$). در این گروه نیز با افزایش زمان یک روند کاهشی مشاهده شد به شکلی که افت ناشی از پخت در تمام روزها با یکدیگر اختلاف معنادار داشتند ($P < 0.05$). در گروه امگا ۶ با گذشت زمان کاهش معناداری در افت ناشی از پخت گوشت ایجاد شد به شکلی که بیشترین افت پخت برای روز ۰ و کمترین مربوط به روز ۷ بود ($P < 0.05$). اما در این گروه تنها روزهای ۳ و ۷ با روز ۰ اختلاف معنادار داشتند اما نسبت به یکدیگر اختلاف معناداری نشان ندادند ($P > 0.05$). کاهش افت پخت در نمونه های تیمار شده با اسیدهای چرب امگا ۳ طی روزهای سوم و هفتم به تولید شیرابه و تغییرات حجم میوفیبریل ها مرتبط است. در فرایند پخت، ذوب چربی ها

میوفیبریل ها، وابسته است. مطالعات نشان داده اند که عواملی همچون pH، قدرت یونی، و اکسیداسیون تأثیر مستقیمی بر توانایی پروتئین های میوفیبریلار و سلول های عضلانی در حفظ و به دام انداختن آب دارند [۳۵].

همچنین نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری در همه گروه ها میزان WHC افزایش یافت. افزایش WHC را می توان به افزایش PH، تخریب پروتئین و بازآرایی درون مولکولی نسبت داد [۳۶]. به طور مشابه چانگ و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کرده اند که نمونه های گوشتی

۳-۵- افت ناشی از پخت

همان طور که در جدول ۵ نمایان است در روز شروع آزمایش بیشترین و کمترین افت ناشی از پخت گوشت به ترتیب مربوط به گروه کنترل و امگا ۶ است. هیچ یک از گروه های تیمار نسبت به یکدیگر و گروه کنترل تفاوت معناداری نداشتند ($P > 0.05$). کاهش افت پخت نمونه امگا ۶ در روز شروع آزمایش را می توان به وجود اسیدهای چرب امگا ۶ که می تواند از افت ناشی از پخت تا حدودی جلوگیری کند نسبت داد. در روز سوم بیشترین و کمترین افت ناشی از پخت به ترتیب مربوط به گروه کنترل و امگا ۳ است ($P < 0.05$)؛ همچنین لازم به ذکر است که دو گروه امگا ۳ و امگا ۶ تفاوت معناداری در افت ناشی از پخت نسبت به یکدیگر نداشتند. در حالی که در روز هفتم بیشترین و کمترین افت ناشی از پخت به ترتیب مربوط به گروه کنترل و امگا ۳ است که با یکدیگر اختلاف معنادار دارند ($P < 0.05$).

نتایج نشان داد که تمام گروه های تیمار کاهش معناداری نسبت به گروه کنترل در افت ناشی از پخت داشتند ($P < 0.05$)؛ همچنین در انواع مختلف تیمارهای اسیدهای

در مقابل، تفاوت در افت پخت میان گروه‌های تیمار را می‌توان به نقش اسیدهای چرب امگا ۹، نظیر اسید اولئیک، نسبت داد. این اسیدهای چرب تک غیراشباع با ایجاد بافت چربی سفت‌تر در داخل عضله، منجر به کاهش قابلیت حفظ رطوبت طی فرایند پخت می‌شوند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که حضور اسیدهای چرب امگا ۳ به دلیل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خود، تأثیر مثبتی در کاهش افت پخت و حفظ کیفیت گوشت دارد [۳۹].

بسته به ساختار شیمیایی آن‌ها می‌تواند نقش کلیدی در حفظ یا کاهش رطوبت ایفا کند. اسیدهای چرب امگا ۳، به دلیل داشتن نقطه ذوب پایین‌تر نسبت به چربی‌های اشباع‌شده، در دمای پخت مایع باقی می‌مانند. همچنین، ماهیت چند غیراشباع و زنجیره بلند این اسیدها (PUFA) همراه با پیوندهای دوگانه متعدد، سیالیت بیشتری ایجاد کرده و با ادغام در غشای سلولی، یک سد محافظ در اطراف فیبرهای عضلانی تشکیل می‌دهند که از افت پخت جلوگیری می‌کند [۲۰].

Table 5. Results of the evaluation of cooking loss during the study period.

	Day 0	Day 3	Day 7
Control	30.86± 0.68 ^a	30.86± 0.55 ^a	30.86± 0.30 ^a
Omega 3	30.07± 0.75 ^{ab}	25.67± 0.40 ^c	20.83± 0.25 ^d
Omega 6	29.80± 0.81 ^{ab}	26.23± 0.51 ^c	25.00± 0.62 ^c
Omega 9	30.67± 0.77 ^{ab}	28.73± 0.40 ^b	28.73± 0.55 ^b

a-e: Different letters in each column and row indicate statistical differences between doses on different days ($p < 0.05$).

کیفیت بالاتر گوشت هستند. همچنین، افزایش غلظت مالون دی آلدئید در گروه امگا ۳ نیاز به توجه دارد، زیرا ممکن است نشان‌دهنده فرایندهای اکسیداتیو باشد که می‌تواند بر کیفیت نهایی گوشت تأثیر بگذارد. به‌طور کلی، یافته‌های این مطالعه اهمیت استفاده از این مکمل‌ها برای ارتقاء کیفیت گوشت را تأیید می‌کند و می‌تواند راهنمایی برای بهبود سیستم‌های تغذیه‌ای در صنعت دامپروری باشد.

۴- نتیجه گیری

نتایج این مطالعه حاکی از آن است که افزودن نمک‌های کلسیمی و اسیدهای چرب غیر اشباع به جیره بره‌های نر سنگسری می‌تواند به بهبود کیفیت گوشت منجر شود. این تأثیرات شامل بهبود شاخص‌های رنگی گوشت، کاهش سختی و مقاومت برشی گوشت است، که همگی نشان‌دهنده

۵- منابع

- [1] Hassani, M. Mortazavi, S.A., Hassani, M., Ahmadi-Kamazani, N., and Ghotbi, M. 2015. Investigation of technological characteristics of lactobacilli isolated from traditional Sangsar sheep and cow cheeses. Food Sciences and Nutrition, 47(12): 99-107. [In Persian].
- [2] Heydarian, M.K. Heydarian, A., and Sedaghat, N. 2024. An Overview of the Traditional Dairy Products Produced by Tribe Sangsar and Providing a Solution for Packaging These Products. Packaging Sciences and Technologies, 15(58): 63-74. DOI: [10.1001.1.22286675.1403.15.58.6.7](https://doi.org/10.1001.1.22286675.1403.15.58.6.7). [In Persian].
- [3] Khaldari, Majid. 2008. Principles of Sheep and Goat Breeding. Third edition, Tehran University Jihad Publications [In Persian].
- [4] Mohtashami, B. Khalilvandi Behrouzfar, H., Pirmohammadi, R., Dehghan Banadehi, M., Direndeh, E., and Kazemi Bonchenari, M. 2021. The effect of bioactive fatty acids on the growth performance of Holstein suckling calves under cold stress. Animal Production Research, 12(33): 65-73. DOI: [10.52547/rap.12.33.65](https://doi.org/10.52547/rap.12.33.65). [In Persian].
- [5] Bilby, T. R. Block, J., Do Amaral, B. C., Sa Filho, O., Silvestre, F. T., Hansen, P. J., Staples, C.R., and Thatcher, W. W. 2006. Effects of dietary unsaturated fatty acids on oocyte quality and follicular development in lactating dairy cows in summer. Journal of Dairy Science, 89(10): 3891-3903. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72432-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72432-8)

- [6] Palmquist, D. L. and Jenkins, T. C. 1980. Fat in lactation rations. *Journal of dairy science*, 63(1): 1-14. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82881-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82881-5)
- [7] Savsani, H. Murthy, K. S., Ramesh, J. P., Bhadaiya, A., and Kalaria, V. 2013. Effect of bypass fat supplementation on haematology, growth and reproductive performance in Jaffrabadi buffaloes. *Asian Journal of Animal Science*, 8(1): 12-15.
- [8] Schauff, D. J. Clark, J. H., and Drackley, J. K. 1992. Effects of feeding lactating dairy cows diets containing extruded soybeans and calcium salts of long-chain fatty acids. *Journal of Dairy Science*, 75(11): 3003-3019. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78064-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78064-3)
- [9] Alba, H. D. Freitas Júnior, J. E. D., Leite, L. C., Azevedo, J. A., Santos, S. A., Pina, D. S., and Carvalho, G. G. D. 2021. Protected or unprotected fat addition for feedlot lambs: Feeding behavior, carcass traits, and meat quality. *Animals*, 11(2): 328. DOI: [10.3390/ani11020328](https://doi.org/10.3390/ani11020328)
- [10] Belal, S. A. Kang, D. R., Choi, S. W., Song, K. D., Oh, J. D., Lee, H. K., and Shim, K. S. 2017. Meat quality, fatty acid composition, blood parameters and nucleotide compounds analysis fed long chain fatty acid calcium salts in Hanwoo steers (Korean native cattle). *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 12: 88-95. DOI: [10.3923/ajava.2017.88.95](https://doi.org/10.3923/ajava.2017.88.95)
- [11] He, Y. Niu, W., Qiu, Q., Xia, C., Shao, T., Wang, H., and Cao, B. 2018. Effect of calcium salt of long-chain fatty acids and alfalfa supplementation on performance of Holstein bulls. *Oncotarget*, 9(3): 3029. DOI: [10.18632/oncotarget.23073](https://doi.org/10.18632/oncotarget.23073)
- [12] Kia, H. D. and Safdar, A. H. A. 2015. Effects of calcium salts of fatty acids (CSFA) with different profiles ($\omega 3$ and $\omega 6$) during the flushing period on reproductive performance of 'Afshari' ewes. *Small Ruminant Research*, 126: 1-8. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2015.02.020](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.02.020)
- [13] Salem, H. B. and Smith, T. 2008. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small ruminant research*, 77(2-3): 174-194. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2008.03.008](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.03.008)
- [14] Ganjkanloo, M. RezaYazdi, K., Ghorbani, G.R., Moroj, H., Dehghan Banadaki, M., and Emami. M.D. 2009. The effect of two types of preserved fat in early lactation on the performance of Holstein dairy cows. *Iranian Animal Sciences*, 40(1). [In Persian].
- [15] Parvar, R. Ghorchi, T., and Shams Shargh. M. 2017. The effect of adding rapeseed, soybean and fish oils to the diet on the fatty acid composition and meat quality of fattening lambs. *Animal Science Research (Agricultural Science)*, 27(2): 43-159. [In Persian].
- [16] Nam, K. C. and Ahn, D. U. 2003. Effects of ascorbic acid and antioxidants on the color of irradiated ground beef. *Journal of food science*, 68(5): 1686-1690. DOI: [10.1111/j.1365-2621.2003.tb12314.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12314.x)
- [17] Himonides, A. T. Taylor, K. D. A., and Knowles, M. J. 1999. The improved whitening of cod and haddock flaps using hydrogen peroxide. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(6): 845-850. DOI: [10.1002/\(SICI\)1097-0010\(19990501\)79:6<845::AID-JSFA297>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(19990501)79:6<845::AID-JSFA297>3.0.CO;2-W)
- [18] Poveda-Arteaga, A. Krell, J., Gibis, M., Heinz, V., Terjung, N., and Tomasevic, I. 2023. Intrinsic and extrinsic factors affecting the color of fresh beef meat—comprehensive review. *Applied Sciences*, 13(7): 4382. DOI: [10.3390/app13074382](https://doi.org/10.3390/app13074382)
- [19] Raes, K. Haak, L., Balcaen, A., Claeys, E., Demeyer, D., and De Smet, S. 2004. Effect of linseed feeding at similar linoleic acid levels on the fatty acid composition of double-muscle Belgian Blue young bulls. *Meat Science*, 66(2): 307-315. DOI: [10.1016/S0309-1740\(03\)00105-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00105-0)
- [20] Wood, J. D. and Enser, M. 2017. Manipulating the fatty acid composition of meat to improve nutritional value and meat quality. *New aspects of meat quality*, 501-535. DOI: [10.1016/B978-0-08-100593-4.00023-0](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100593-4.00023-0)
- [21] Mancini, R. A. and Hunt, M. 2005. Current research in meat color. *Meat science*, 71(1): 100-121. DOI: [10.1016/j.meatsci.2005.03.003](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003)
- [22] Ozpinar, H. Kahraman, R., Abas, I., Kutay, H. C., Eseceli, H., and Grashorn, M. A. 2003. Effect of dietary fat source on n-3 fatty acid enrichment of broiler meat. *Archiv fur Geflugelkunde*, 67(2): 57-64.
- [23] Agale, S. Kulkarni, A., Ranjekar, P., and Joshi, S. 2010. Maternal caloric restriction spares fetal brain polyunsaturated fatty acids in Wistar rats. *Brain and Development*, 32(2): 123-129. DOI: [10.1016/j.braindev.2008.12.001](https://doi.org/10.1016/j.braindev.2008.12.001)
- [24] Siu, G. M. and Draper, H. H. 1978. A survey of the malonaldehyde content of retail meats and fish. *Journal of Food Science*, 43(4): 1147-1149. DOI: [10.1111/j.1365-2621.1978.tb15256.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1978.tb15256.x)
- [25] Białek, M. Czaderna, M., Zaworski, K., and Krajewska, K. 2021. Dietary carnosis acid and seleno-compounds change concentrations of fatty acids, cholesterol, tocopherols and malondialdehyde in fat and heart of lambs. *Animal Nutrition*, 7(3): 812-822. DOI: [10.1016/j.aninu.2020.11.010](https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.11.010)
- [26] Meullenet, J. F. Carpenter, J. A., Lyon, B. G., and Lyon, C. E. 1997. Bi-cyclical instrument for assessing

texture profile parameters and its relationship to sensory evaluation of texture. *Journal of texture studies*, 28(1): 101-118. DOI: [10.1111/j.1745-4603.1997.tb00104.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1997.tb00104.x)

[27] Meullenet, J. F. Lyon, B. G., Carpenter, J. A., and Lyon, C. E. 1998. Relationship between sensory and instrumental texture profile attributes. *Journal of sensory studies*, 13(1): 77-93. DOI: [10.1111/j.1745-459X.1998.tb00076.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1998.tb00076.x)

[28] Garcia Loreda, A. B. and Guerrero, S. N. 2011. Correlation between instrumental and sensory ratings by evaluation of some texture reference scales. *International journal of food science & technology*, 46(9): 1977-1985. DOI: [10.1111/j.1365-2621.2011.02709.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02709.x)

[29] Alagawany, M. Elnesr, S. S., Farag, M. R., El-Sabrou, K., Alqaisi, O., Dawood, M. A., and Abdelnour, S. A. 2022. Nutritional significance and health benefits of omega-3, -6 and -9 fatty acids in animals. *Animal Biotechnology*, 33(7): 1678-1690. DOI: [10.1080/10495398.2020.1869562](https://doi.org/10.1080/10495398.2020.1869562)

[30] Herdmann, A. Martin, J., Nuernberg, G., Dannenberger, D., and Nuernberg, K. 2010. Effect of dietary n-3 and n-6 PUFA on lipid composition of different tissues of German Holstein bulls and the fate of bioactive fatty acids during processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(14): 8314-8321. DOI: [10.1021/jf101145y](https://doi.org/10.1021/jf101145y)

[31] Azcona, J. O. Garcia, P. T., Cossu, M. E., Iglesias, B. F., Picallo, A., Perez, C., and Canet, Z. E. 2008. Meat quality of Argentinean "Camperos" chicken enhanced in omega-3 and omega-9 fatty acids. *Meat science*, 79(3): 437-443. DOI: [10.1016/j.meatsci.2007.12.005](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.005)

[32] Corino, C. Vizzarri, F., Ratti, S., Pellizzer, M., and Rossi, R. 2022. Long term dietary supplementation with omega-3 fatty acids in Charolais beef cattle reared in Italian intensive systems: nutritional profile and fatty acids composition of Longissimus lumborum muscle. *Animals*, 12(9): 1123. DOI: [10.3390/ani12091123](https://doi.org/10.3390/ani12091123)

[33] Raes, K. De Smet, S., and Demeyer, D. 2004. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal feed science and technology*, 113(1-4): 199-221. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2003.09.001](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.09.001)

[34] Li, Y. Li, X., Wang, J. Z., Zhang, C. H., Sun, H. M., Wang, C. Q., and Xie, X. L. 2014. Effects of oxidation on water distribution and physicochemical properties of porcine myofibrillar protein gel. *Food Biophysics*, 9: 169-178. DOI: [10.1007/s11483-013-9329-9](https://doi.org/10.1007/s11483-013-9329-9)

[35] Priolo, A. Micol, D., and Agabriel, J. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal research*, 50(3): 185-200. DOI: [10.1051/animres:2001125](https://doi.org/10.1051/animres:2001125)

[36] Farouk, M. M., Mustafa, N. M., Wu, G., and Krsinic, G. 2012. The "sponge effect" hypothesis: An alternative explanation of the improvement in the waterholding capacity of meat with ageing. *Meat Science*, 90(3): 670-677. DOI: [10.1016/j.meatsci.2011.10.012](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.10.012)

[37] Chang, H. J. Wang, Q., Tang, C. H., and Zhou, G. H. 2015. Effects of ultrasound treatment on connective tissue collagen and meat quality of beef semitendinosus muscle. *Journal of Food Quality*, 38(4): 256-267. DOI: [10.1111/jfq.12141](https://doi.org/10.1111/jfq.12141)

[38] Petracci, M. and Baéza, E. 2011. Harmonization of methodologies for the assessment of poultry meat quality features. *World's Poultry Science Journal*, 67(1): 137-151. DOI: [10.1017/S0043933911000122](https://doi.org/10.1017/S0043933911000122)

[39] Ribeiro, T. Lordelo, M. M., Alves, S. P., Bessa, R. J. B., Costa, P., Lemos, J. P. C., and Prates, J. A. M. 2013. Direct supplementation of diet is the most efficient way of enriching broiler meat with n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids. *British Poultry Science*, 54(6): 753-765. DOI: [10.1080/00071668.2013.841861](https://doi.org/10.1080/00071668.2013.841861)



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The effect of adding calcium salts of unsaturated fatty acids to the diet on the meat quality of Sangsari male lambs

Mohammadtaghi Heydarian¹, Ashkan Jebelli Javan^{*2}, Ali Mahdavi³, MohammadKazem Heydarian⁴, Iman Khanbani⁵

1- Postdoctoral Researcher .Food Hygiene,,faculty of veterinary medicine, semnan university, semnan,iran

2- department of food hygiene and quality control faculty of veterinary medicine, semnan university, semnan,iran

3- Associate professor, department of animal sciences,faculty of veterinary medicine, semnan university, semnan,iran

4- PhD student, Department of food Science and engeering, faculty of agriculture, ferdowsi university, mashhad, Iran

5- Master's degree student in food hygiene, faculty of veterinary medicine, semnan university, semnan, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2025/1/7 Accepted:2025/3/1	One of the effective strategies for improving production efficiency in fattening male animals is the use of nutritional additives, since dietary energy is known to be one of the main limiting factors in animal nutrition and plays a fundamental role in the digestion and utilization of other nutrients. This study aimed to investigate the effect of adding calcium salts of unsaturated fatty acids (omega 3, 6, and 9) on the quality characteristics of meat of male Sangsari lambs. In this study, 28 lambs were divided into four nutritional groups with different levels of fatty acids and received the corresponding diets for 75 days. Meat quality was evaluated using indices such as color (L*, a*, b*), lipid oxidation (MDA), hardness, cooking loss, and water-holding capacity. The results showed that the addition of omega 3 led to a decrease in transparency and an increase in the yellowness of the meat, while the hardness of the texture decreased and its tenderness improved (P<0.05). Although MDA concentration increased, these values remained within acceptable limits. Also, unsaturated fatty acid supplements reduced cooking loss and improved water retention capacity, indicating higher meat stability during storage. In general, adding these supplements to lamb diets can be used as an effective strategy to improve meat quality and shelf life. However, its effects depend on the type and amount of fatty acid consumed.
Keywords: unsaturated fatty acids , meat quality, male sangsari lambs	
DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202. *Corresponding Author E- jebellija@semnan.ac.ir	



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بسته‌بندی پنیر فراپالایش با فیلم نانوکامپوزیت بر پایه موسیلاژ دانه چیا حاوی عصاره زرشک و نانوذرات اکسید قلع و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

شیرین فروزان^۱، سجاد پیرسا^۲، ابوالفضل علیرضالو^۳

۱- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۸

کلمات کلیدی:

پنیر فراپالایش،

فیلم نانوکامپوزیت،

موسیلاژ دانه چیا،

عصاره زرشک،

نانوذرات اکسید قلع

DOI:10.22034/FSCT.22.163.216.

* مسئول مکاتبات:

در این پژوهش، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی پنیر فراپالایش بسته‌بندی‌شده با فیلم‌های نانوکامپوزیت زیست‌تخریب‌پذیر بر پایه موسیلاژ دانه چیا حاوی عصاره زرشک و نانوذرات اکسید قلع بر اساس طرح مرکب مرکزی (CCD^1)، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از فیلم‌های تولیدشده، کاهش معنی‌داری در pH و افزایش اسیدیته نمونه‌ها در طول دوره نگهداری ۱۵ و ۳۰ روزه ایجاد کرد. بررسی میزان رطوبت نیز نشان داد که فیلم‌های حاوی موسیلاژ چیا و ترکیبات فعال، باعث کاهش معنی‌دار رطوبت نسبت به نمونه شاهد شدند. علاوه بر این، استفاده از فیلم‌های مذکور موجب کاهش میزان لیپولیز و پروتئولیز در نمونه‌های پنیر شد که این امر به محدودیت فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک و لیپولیتیک ناشی از کاهش نفوذپذیری رطوبت و افزایش غلظت نمک، نسبت داده شد. بررسی کشت میکروبی نمونه‌ها، حاکی از عدم رشد کلی‌فرم، کپک و مخمر در فیلم‌های بهینه جهت بسته‌بندی فراپالایش طی مدت زمان نگهداری بود. تحلیل ویژگی‌های حسی نشان داد که فیلم‌های حاوی عصاره زرشک و نانوذرات اکسید قلع پذیرش کلی بهتری در رنگ، بافت و بو داشتند و از تغییرات نامطلوب در طول نگهداری جلوگیری کردند. همچنین این فیلم‌ها مقاومت مکانیکی و خواص مانع را بهبود داده و از نفوذ اکسیژن به محصول جلوگیری کردند که منجر به کاهش سرعت فساد و حفظ کیفیت محصول شد. در نهایت، یافته‌های این تحقیق پتانسیل بالای استفاده از فیلم‌های نانوکامپوزیت زیست‌تخریب‌پذیر با ترکیبات فعال طبیعی را برای بسته‌بندی مواد غذایی به‌ویژه محصولات لبنی نشان داد. این روش نه تنها موجب افزایش ارزش تغذیه‌ای و ماندگاری مواد غذایی می‌شود، بلکه راه‌حلی پایدار و سازگار با محیط‌زیست برای بسته‌بندی ارائه می‌دهد.

1-مقدمه

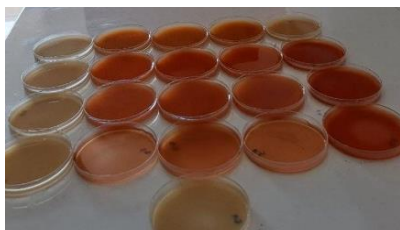
صنایع غذایی در چند دهه گذشته رشد نمایی در استفاده از بسته‌بندی را تجربه کرده است که ناشی از تقاضا برای محصولات بادوام‌تر، ایمن‌تر و راحت‌تر برای مصرف کننده نهایی است. تخمین زده می‌شود که بیش از ۴۰ درصد از مواد بسته‌بندی مورد استفاده در سطح جهان به بخش مواد غذایی اختصاص دارد؛ که نشان دهنده اهمیت این جزء در زنجیره ارزش غذایی است [۱]. بسته‌بندی در محافظت از مواد غذایی اصلی اساسی است و تضمین می‌کند که محصولات تا زمانی که به دست مصرف کنندگان برسند، ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای خود را حفظ می‌کنند. این امر بر اهمیت توسعه راه‌حل‌های بسته‌بندی جدید تأکید می‌کند که ضمن مقابله با چالش‌های زیست‌محیطی رو به رشد، به تقاضاهای بازار نیز می‌پردازد [۲]. از لحاظ تاریخی، مقوا، کاغذ و پلاستیک عمده‌ترین عنوان بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌گردید. در حالی که مقوا و کاغذ قابل بازیافت هستند، با محدودیت‌هایی در رابطه با مانع رطوبت و گاز، مواجه هستند که برای حفظ بسیاری از انواع مواد غذایی مهم است [۳]. فیلم‌های خوراکی، لایه‌ای نازک از مواد بیوپلیمری هستند که در سطح یا بین اجزای مواد غذایی قرار گرفته و به عنوان سدی در برابر انتقال مواد (چربی و گازها) عمل می‌کنند. این فیلم‌ها از محصول در برابر رشد میکروارگانیسم‌ها و ضربات مکانیکی محافظت کرده و باعث بهبود ظاهر، کیفیت و افزایش ماندگاری محصول می‌شوند [۴]. چیا با نام علمی *Salvia hispanica L.* گیاهی است علفی از تیره مریم گلی و خانواده *Lamiaceae* که حدوداً از ۹۰۰ گونه تشکیل شده است و در تمام نقاط جهان (آمریکای شمالی، مرکزی و جنوبی، آفریقای جنوبی، آسیای جنوب شرقی و اروپا) امکان رشد دارد [۵ و ۶]. دانه چیا سرشار از اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه (اسیدهای چرب ω -3 (لینولنیک اسید، ۵۴-۶۷٪) و ω -6 (لینولئیک اسید، ۱۲-۲۱٪) است و از نظر اسیدهای چرب اشباع ضعیف است.

همچنین حاوی پروتئین (۱۵-۲۴٪)، فیبر غذایی (۱۸-۳۰٪)، کربوهیدرات (۲۶-۴۱٪) و مواد معدنی (۴-۶٪) است [۷]. ۲۴ درصد وزن دانه‌ها را پروتئین تشکیل می‌دهد. پروتئین اصلی موجود در دانه چیا گلوبولین است که ۵۲ درصد از کل محتوای پروتئین را تشکیل می‌دهد. آلبومین‌ها (۱۷٪)، گلوبولین‌ها (۱۴٪) و پرولامین‌ها (۱۲٪)، پروتئین‌های دیگری هستند که در فراوانی کمتری یافت می‌شوند؛ همچنین محتوای پروتئین چیا بیشتر از سایر محصولات بوده و دارای قابلیت هضم خوب (۷۸.۹٪)، مشابه پروتئین کازئین (۸۸.۶٪) است [۸]. موسیلاژ دانه چیا دارای خواص برجسته‌ای مانند ظرفیت نگهداری آب بالا، ویسکوزیته خوب، تشکیل ژل، کنترل سینریز و تثبیت امولسیون مناسب است که آن را به یک ماده بالقوه برای تولید بسته‌بندی خوراکی تبدیل می‌کند؛ این ماده از یک ماتریکس منشعب از زایلوز، گلوکز و اسید گلوکورونیک تشکیل شده است [۹ و ۱۰]. موسیلاژ دانه چیا دارای محتوای بالایی از زیلان‌ها (۳۸٪) است، که در توانایی اتصال عرضی فیلم‌های موسیلاژ نقش دارند و ده تا صد برابر وزن خود آب جذب می‌کنند. علاوه بر این، موسیلاژ دارای همی سلولز بالایی است که ویژگی‌های سد کننده خوبی مانند مقاومت در برابر روغن و نفوذپذیری اکسیژن کم دارد [۱۱]. امروزه عصاره‌های گیاهی به دلیل توانایی‌های ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی خود به طور فزاینده‌ای به افزودنی‌های مهم در صنایع غذایی، تبدیل شده‌اند که باعث تاخیر در ایجاد طعم‌های بد، بهبود ثبات رنگ، کاهش بار میکروبی، افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی و... در مواد غذایی می‌شوند [۱۲]. زرشک با نام علمی *Berberis Vulgaris* از خانواده *Berberidaceae*، تقریباً دارای ۵۰۰ گونه در سراسر جهان است [۱۳]. شناخته‌شده‌ترین گونه زرشک، معروف به زرشک اروپایی، زرشک معمولی یا *Épine-Vinette* است که در مناطق بومی اروپای مرکزی و جنوبی، آسیا (شامل مناطق شمالی پاکستان و ایران) و منطقه شمال شرقی ایالات متحده متداول است.

پنیر در طیف وسیعی از طعم‌ها، بافت‌ها و اشکال در کشورهای مختلف تولید می‌شود [۲۰]؛ یکی از مهم‌ترین انواع پنیرهای سفید ایرانی، پنیر فراپالایش می‌باشد؛ که طی فرایند فراپالایش یا اولترافیلتراسیون تولید می‌شود؛ در طی فرایند فراپالایش ماکرومولکول‌های دارای وزن مولکولی ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰ دالتون از حلال و املاح محلول به طور انتخابی جدا می‌شوند [۲۱]. پنیر سفید ایرانی به روش فراپالایش در ایران دارای سرانه‌ی مصرف بالایی است. این نوع پنیر در طبقه‌ی پنیرهای تازه، طبقه‌بندی می‌شود و دارای بافتی نرم و مالش‌پذیر است؛ زیرا بلافاصله پس از تولید بدون طی دوره‌ی رسیدگی وارد بازار مصرف می‌شود. همچنین این محصول دارای ۳۴٪ ماده خشک، ۶۶٪ رطوبت، حداکثر ۱/۷۵٪ اسیدیته و ۱۲٪ پروتئین می‌باشد. در طول مدت زمان انبارمانی، واکنش‌های بیوشیمیایی مختلفی سبب تغییر در کیفیت محصول می‌شود و با توجه به اینکه این محصول دارای رطوبت بالایی است؛ لذا بیشتر در معرض فساد توسط میکروارگانیسم‌ها قرار دارد؛ که بدین منظور باید از بسته‌بندی‌های مناسب جهت جلوگیری از این امر استفاده گردد [۲۲]. بنابراین با توجه به ارزش غذایی و مصرف بالای پنیر، در سال‌های اخیر گرایش روز افزونی برای استفاده از ترکیبات دارای خاصیت آنتی باکتریایی و آنتی اکسیدانی به منظور افزایش ارزش تغذیه‌ای و افزایش مدت زمان ماندگاری آن صورت گرفته که در این بین فیلم‌های خوراکی حاوی عصاره‌های گیاهی و نانوذرات به دلیل ویژگی‌های مطلوب مورد توجه قرار گرفته است [۲۳]. Motelica و همکاران (۲۰۲۱)، فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر آنتی‌باکتریایی مبتنی بر آلژینات با نانوذرات نقره و اسانس علف لیمو جهت بسته‌بندی نوآورانه برای پنیر را تهیه و مورد آنالیز و بررسی قرار دادند. نتایج گزارشات نشان داد که استفاده از عوامل ضد میکروبی در فرمولاسیون فیلم تولیدی همچون نانوذرات نقره و اسانس علف لیمو منجر به افزایش خاصیت ضد میکروبی گردید [۲۴]. حسنی و همکاران (۲۰۲۴)، ویژگی‌های ساختاری و فیزیکوشیمیایی فیلم نانوکامپوزیتی نشاسته سیب‌زمینی و

[۱۴]. زرشک حاوی اسید آسکوربیک، تری‌ترپنوئیدها، ویتامین K، بیش از ۱۰ فنل و بیش از ۳۰ برابر آلکالوئیدها است. آلکالوئید اصلی جدا شده از زرشک، بربرین است؛ به طوری که بربرین یک آلکالوئید ایزوکینولین است که در چندین عصاره گیاهی یافت می‌شود و به دلیل اثر ضد توموری خود، با تشدید فرایند آپوپتوز سلول‌های تومور، با تعدیل فعالیت آن و همچنین فعالیت چندین ژن پرو آپوپتوز و ضد آپوپتوز شناخته شده است [۱۵]؛ همچنین بربرین دارای خواص ضدالتهابی است و می‌تواند به درمان بیماری‌های سیستم عصبی مرکزی و محیطی کمک کند [۱۶]. استفاده از نانوذرات مختلف، در بسته‌بندی مواد غذایی می‌تواند با تنظیم تبادل گازها در بین لایه‌ها، ماندگاری مواد غذایی را افزایش دهد؛ همچنین به حذف گازهای نامطلوب از کالاهای بسته بندی شده کمک می‌کند که وجود آنها ممکن است عمر مفید محصول غذایی را کاهش دهد. افزایش خواص مانع، خواص حرارتی مانند نقطه ذوب و دمای انتقال شیشه، در تشخیص رشد یا حضور باکتری‌ها و عملکردهای تغییر یافته مانند ترشوندگی سطح و آبگریزی، همگی از ویژگی‌های بسته‌بندی‌های حاوی نانوذرات هستند [۱۷]. نانوذرات SnO_2 نسبت سطح به حجم بالایی دارند، که آنها را به رقبای بالقوه‌ای برای عمل به عنوان جذب کننده رادیکال‌های آزاد و ترکیب آنتی اکسیدان، تبدیل می‌کند. همچنین به عنوان عوامل ضد باکتریایی استفاده می‌شوند، زیرا به دلیل اندازه کوچکتر، توانایی عبور آسان از غشای سلولی را دارند [۱۸]؛ به طوری که در گذشته به دلیل خاصیت ضدباکتریایی در ساخت قوطی کنسرو مورد استفاده قرار می‌گرفت. همچنین در بسیاری از زمینه‌های مختلف، مانند باتری‌های قابل شارژ لیتیومی، فیلم‌های رسانای شفاف، سلول‌های فوتوولتیک حساس به رنگ، مواد کاتالیزوری، نظارت بر محیط زیست، حسگرهای بیوشیمیایی و حسگرهای گاز فوق حساس، از نانوذرات SnO_2 به دلیل خواص میکروساختاری و الکتریکی آن استفاده می‌شود [۱۹]. پنیر یکی از پر مصرف فرآورده‌های لبنی در سراسر جهان است، بیش از هزار نوع

جهت تهیه فیلم زیست تخریب پذیر، ابتدا ۳ گرم موسیلاژ دانه چیا با ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر به مدت ۱۵ دقیقه روی هیتر مغناطیسی مگنت دار با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد مخلوط و محلول حاصله پس از مدت زمان عنوان شده از صافی به منظور حذف ناخالصی ها، عبور داده شد. سپس گلیسرول به عنوان پلاستی سایزر به میزان ۳۰ درصد به محلول اضافه و دوباره به مدت ده دقیقه روی همزن مغناطیسی هم زده شد. در ادامه مطابق طرح آماری طرح مرکب مرکزی در جدول ۱، ترکیب عصاره زرشک در سطح- های متفاوت (۰، ۳ و ۶ cc/g basic polymer) نسبت به ماده خشک پلیمر به محلول پلیمر افزوده و با استفاده از دستگاه هموژنایزر (D9I12 شرکت هیدولف، آلمان)، به مدت ۲ دقیقه با دور ۱۳۰۰۰rpm هموژن گردید و همچنین نانوذره اکسید قلع در سطوح متفاوت (۰، ۲ و ۴ mg/g basic polymer) نسبت به ماده خشک پلیمر به محلول اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه همزنی گردید تا محلول یکنواختی حاصل شد و سپس توسط حمام اولتراسوند به مدت ۲۰ دقیقه نانو ذرات موجود در محلول به طور یکسان پخش شد. در مرحله بعد گلیسرول به میزان ۴۰٪ وزن ماده خشک کل به عنوان نرم کننده اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه همزنی و ۱۰ دقیقه دیگر هواگیری شد. در نهایت ۲۵ میلی لیتر از محلول حاصله در مرکز پلیت ریخته و سپس در داخل آون در دمای ۳۸ درجه سانتی گراد خشک و فیلم مورد نظر تولید گردید. پس از خشک شدن مورد ارزیابی قرار گرفت [۲۶].



صمغ عربی حاوی نانوذرات اکسید بور و اسانس زوفا انیسون را مورد بررسی قرار دادند. ظرفیت آنتی اکسیدانی و ضخامت لایه ها با افزودن اسانس مورد نظر به طور قابل توجهی افزایش یافت. افزایش ازدیاد طول در نقطه شکست لایه ها، برخلاف استحکام کششی آن ها، با افزایش نانوذرات و اسانس کاهش یافت. همچنین، نتایج فعالیت ضد میکروبی فیلم ها نشان داد که با افزایش دو متغیر مذکور ناحیه بازدارندگی افزایش یافت [۲۵]. هدف از این پژوهش بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی بسته بندی پنیر فراپالایش با فیلم نانوکامپوزیت پایه موسیلاژ دانه چیا حاوی عصاره زرشک و نانو ذرات اکسید قلع، می باشد.

2- مواد و روش

دانه چیا از بازار محلی ارومیه، ایران خریداری شد. زرشک از باغات ارومیه، ایران تهیه گردید. نانو ذرات اکسید قلع از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان، ایران، گلیسرول از شرکت سیگما آلد ریج، آمریکا، سدیم هیدروکسید، اسید کلریدریک، دی کرومات پتاسیم، سولفات سدیم از شرکت مرک، آلمان تهیه گردید. استارتر تجاری پنیر از شرکت لبنی دانیسکوی آلمان، شیرخام با چربی ۳.۵ درصد از شرکت پگاه ارومیه، ایران خریداری شد.

2-1- تهیه فیلم زیست تخریب پذیر بر پایه موسیلاژ دانه

چیا حاوی عصاره زرشک و نانوذرات اکسید قلع



Fig 1 Examples of different films prepared

2-2- تولید پنیر فراپالایش

نمونه‌های پنیر در شرکت پگاه آذربایجان غربی - (ارومیه، ایران) طبق روند تولید پنیر UF پیشنهاد شده توسط شرکت تولید شد. به این منظور شیر خام با چربی ۳/۵٪ با روش پاستوریزاسیون با دمای بالا (HTST) پاستوریزه و سپس تحت دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در سیستم فراپالایش دارای صافی‌های غشایی لوله‌ای تا رسیدن به ماده خشک ۳۴٪ تغلیظ گردید؛ در نهایت پس از طی کردن مراحل تهیه پنیر (هموژنیزاسیون، پاستوریزاسیون، تلقیح استارتر، اضافه کردن رنت و نمک)، مرحله درب‌بندی و گرمخانه‌گذاری (۲۸ درجه به مدت ۲۴ ساعت) جهت رسیدن pH به ۴/۷ انجام

شد؛ در نهایت نمونه تولیدی به سردخانه با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد جهت نگهداری تا زمان آزمون‌ها منتقل شد [۲۷]

2-3- تهیه فیلم نانوکامپوزیت در بسته‌بندی پنیر فراپالایش

پس از تهیه پتیر فراپالایش، از فیلم زیست تخریب‌پذیر تولیدی در بالا برای بسته‌بندی ضد میکروبی و جهت حفظ کیفیت نمونه پنیر فراپالایش و نگهداری آن استفاده شد. به این منظور، ۶۰-۵۰ گرم نمونه پنیر تولیدی با ابعاد (۷×۷×۱) بریده و در بسته‌های بهینه انتخاب شده، بسته‌بندی و شماره‌گذاری گردیدند؛ سپس در طی مدت زمان ماندگاری ۱۵ و ۳۰ روزه، آزمون‌های مربوطه بر روی نمونه‌ها، انجام شدند.



Fig 2 Examples of packed cheeses with different films prepared

3- آزمون‌های پنیر فراپالایش بسته‌بندی شده با فیلم زیست

تخریب‌پذیر

1-3- اسیدیته

در اندازه‌گیری درصد اسیدیته نمونه‌های پنیر فراپالایش بسته بندی شده، ابتدا ۱۰ گرم از نمونه را وزن کرده و با ۱۰ میلی-لیتر آب مقطر به طور کامل مخلوط و به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. سپس محلول حاصله را از صافی رد کرده و ۲۵ میلی‌لیتر از محلول صاف شده با ۳-۴ قطره معرف فنل فتالین مخلوط و با NaOH 0/1 نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیتیر گردید؛ در نهایت طبق فرمول زیر و میزان سود مصرفی، درصد اسیدیته نمونه محاسبه شد. این آزمون برای هر نمونه در سه تکرار انجام و میانگین حاصله، گزارش گردید [۲۸].

۱۰۰×۰/۴۵×حجم سود مصرفی (میلی لیتر) = اسیدیته (بر حسب اسیدلاکتیک)

2-3- pH

به منظور بررسی میزان pH نمونه‌های پنیر، از دستگاه pH سنجی (Metrohm، ساخت کشور سوئیس) که قبلاً با دو محلول بافر ۴ و ۷ کالیبره شده، استفاده شد؛ جهت آماده-سازی نمونه، ابتدا ۱۰ گرم نمونه وزن شده با ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و یکنواخت گردید، سپس pH نمونه، قرائت شد. این آزمون برای هر نمونه در سه تکرار انجام و میانگین حاصله گزارش گردید [۲۸].

3-3- میزان نمک

در اندازه‌گیری میزان نمک پنیر فراپالایش بسته‌بندی شده، ابتدا ۱۰ گرم از نمونه مورد نظر در ۵۰ میلی‌لیتر آب جوش مخلوط گردید. سپس به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده و محلول حاصله با کاغذ صافی واتمن صاف گردید، در نهایت ۲۵ میلی‌لیتر از محلول صاف شده، برداشته و ۱-۰/۵ میلی‌لیتر دی کرومات پتاسیم به عنوان معرف به نمونه اضافه و با نیترات نقره ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ نارنجی آجری تیترا گردید، سپس با قرار دادن میزان نیترات نقره مصرفی در رابطه زیر درصد نمک پنیر بسته‌بندی شده، محاسبه شد [۲۹].

$$= \frac{100 \times 8/5 \times (\text{نرمالیت نیترات نقره} \times \text{حجم نیترات نقره مصرفی})}{\text{وزن برداشتی نمونه}}$$

درصد نمک

وزن برداشتی نمونه

4-3- لیپولیز

اندیس اسیدی به عنوان شاخصی از شدت لیپولیز در نمونه‌های پنیر فراپالایش مورد بررسی، قرار گرفت. بدین جهت ۱۰ گرم از نمونه پنیر با ۶۰ میلی‌لیتر دی اتیل اتر و ۶ گرم سولفات سدیم بدون آب روی همزن مغناطیسی مخلوط و بعد از همزنی کامل محلول حاصله با استفاده از کاغذ واتمن ۱ صاف و رسوب باقی مانده دوبار با دی اتیل اتر شسته شد. در نهایت محلول حاصل از صافی با ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فنل فتالین مخلوط و با پتاس ۰/۱ نرمال تا ایجاد رنگ ارغوانی پایدار (۲۰ ثانیه) تیترا گردید؛ بعد از تیتراسیون، حلال موجود در محلول زیر هود تبخیر و چربی باقیمانده، وزن شد که با واحد میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم چربی بیان گردید [۳۰].

3-5- پروتئولیز

به منظور بررسی میزان پروتئولیز نمونه‌های پنیر فراپالایش، ازت کل با روش کلدال و ازت محلول در اسید تری کلرو استیک ۱۲٪ (ازت غیرپروتئینی) به عنوان شاخص پروتئولیز، تعیین گردیدند؛ که به منظور بررسی ازت محلول ابتدا ۳۰ گرم از نمونه مورد بررسی در آب مقطر مخلوط و pH آن در pH ایزوالکتریک (۴/۶) با استفاده از HCL و NaOH ۱ نرمال تنظیم شد. سپس نمونه‌ها در

گرمخانه با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده و بعد از مدت زمان قراگیری در گرمخانه، نمونه‌ها سانتریفوژ و سپس با استفاده از کاغذ صافی واتمن صاف و ازت محلول به روش کلدال اندازه‌گیری شد. همچنین به منظور بررسی ازت غیرپروتئینی، ۲۰ میلی‌لیتر از محلول صاف شده بدست آمده از مرحله قبلی با ۴ میلی‌لیتر اسید تری کلرو استیک ۱۲٪ مخلوط کرده و در محیط تاریک به مدت ۴۵-۳۰ دقیقه در دمای محیط قرار داده و سپس ۱۵-۱۰ دقیقه سانتریفوژ کرده و بعد از صاف کردن با کاغذ صافی، مقدار ازت غیرپروتئینی با روش کلدال اندازه‌گیری گردید [۳۱].

3-7- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر فراپالایش بسته‌بندی شده، مطابق با تست ۵ نقطه‌ای هدونیک توسط ۲۰ نفر ارزیاب حسی از کارکنان آزمایشگاه کنترل غذا و دارو ارومیه، انجام شد. بدین منظور، نمونه‌های مورد بررسی به صورت تصادفی کدگذاری شده و جهت تعدیل دمایی به مدت یک ساعت در دمای محیط قرار گرفتند؛ سپس طبق فرم ارزیابی که در اختیارشان قرار داده شد به خواص ارگانولپتیکی نمونه‌ها شامل رنگ، بافت، بو و طعم از ۱ تا ۵ امتیاز دادند؛ که امتیاز ۵ بیانگر بالاترین کیفیت و امتیاز ۱ نیز بیانگر پایین‌ترین کیفیت برای ویژگی‌های حسی مورد بررسی بود [۳۲].

4- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش جهت بهینه‌سازی فرمولاسیون فیلم زیست تخریب پذیر تولیدی بر پایه موسیلاژ دانه چیا از روش سطح پاسخ (RSM) طرح مرکب مرکزی (CCD) برای بررسی دو متغیر مستقل عصاره زرشک با سطوح (۰، ۳، ۶٪) و نانوذرات اکسید قلع با سطوح (۰، ۲، ۴٪) مطابق جدول ۱- A استفاده شد؛ به طوری‌که به منظور تجزیه و تحلیل آماری فاکتورهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های تولیدی، از نرم افزار Design expert ورژن ۱۱ استفاده گردید؛ سپس نمونه‌های

گردید. اثر مدت زمان ماندگاری و حضور یا عدم حضور فیلم فعال بر ویژگی‌های کیفی پنیر فراپالایش، بررسی شد.

بهینه شامل (۱) فیلم خالص (CSM²)، (۲) اثر بیشترین درصد عصاره زرشک بر روی فیلم (CSM/Ex³)، (۳) اثر بیشترین درصد نانو ذرات اکسید قلع بر روی فیلم (CSM/NPs⁴) و (۴) اثر متقابل هر دو متغیر بر روی فیلم (CSM/Ex/NPs⁵)، براساس طرح فاکتوریل انتخاب شدند و خواص ساختاری، مکانیکی و میکروبی آنها مورد بررسی قرار گرفت؛ در نهایت از فیلم‌های بهینه بدست آمده از مرحله قبلی طبق جدول ۱-B جهت بسته‌بندی پنیر فراپالایش تولیدی استفاده

Table 1-A Statistical analysis table of prepared film samples

Run	Extract%	SnO ₂ NPs%
*1 (Blank)	0	0
*2 (Max NPs)	0	4
3	3	0
4	0	2
5	3	2
6	3	2
7	3	2
8	3	2
9	3	2
10	6	2
*11 (Max Extract)	6	0
*12 (Optimum)	6	4
13	3	4

Blank Film: Chia seed mucilage nanocomposite film

Max SnO₂ Film: Chia seed mucilage nanocomposite film containing the highest percentage of tin oxide nanoparticles

Max Extract Film: Chia seed mucilage nanocomposite film containing the highest percentage of barberry extract

Optimum Film: Chia seed mucilage nanocomposite film containing the highest percentage of tin oxide nanoparticles and barberry extract

Table 1-B. Selected films for Cheese samples packaging

Run	A: Extract (%)	B: SnO ₂ NPs (%)
R ₁	0	0
R ₂	0	4
R ₁₁	6	0
R ₁₂	6	4

مطابق تجزیه و تحلیل آماری، تاثیر مدت زمان

نگهداری و نوع بسته‌بندی بر میزان pH و اسیدیته نمونه‌های

پنیر فراپالایش بسته‌بندی شده با فیلم زیست‌تخریب‌پذیر بر

5- بحث و نتایج

5-1- اسیدیته و pH

4 - The highest percentage of tin oxide nanoparticles on Chia Seed Mucilage film

5 - The interaction of both variables (on barberry extract and tin oxide nanoparticles) on Chia Seed Mucilage film

2 - Chia Seed Mucilage

3 - The highest percentage of barberry extract on Chia Seed Mucilage film

های استارتر و تولید اسید لاکتیک و سایر اسیدهای آلی، مهمترین عامل افزایش اسیدیته در طی مدت زمان نگهداری است [۳۴]. نتایج مشابهی توسط Mezhouidi و همکاران (۲۰۲۲)، در فیلم‌های خوراکی بر پایه ژلاتین ماهی حاوی عصاره مورینگا اولیفا در بسته‌بندی پنیر ریکوتا، گزارش گردیده است [۳۵]. همچنین Ríos-de-Benito و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تاثیر پوشش خوراکی بر پایه کیتوزان و سدیم کازئینات حاوی اسانس پونه کوهی و نانوذرات سیلیکا بر روی پنیر پانلا به نتایج مشابهی در مورد کاهش pH و افزایش اسیدیته رسیدند [۳۶].

پایه موسیلاژ دانه چیا حاوی عصاره زرشک و نانوذرات اکسید قلع، معنادار بود ($P<0.05$)؛ همانگونه که در جدول ۲، نیز ارائه گردیده است، با گذشت مدت زمان نگهداری، میزان pH و اسیدیته نمونه‌های بسته‌بندی شده به ترتیب کاهش و افزایش یافتند؛ علت کاهش pH در طول دوره نگهداری، می‌تواند ناشی از تجزیه میکروبی لاکتوز، پروتئولیز (تولید اسیدهای آمینه اسیدی) و اکسیداسیون لیپید (تولید اسیدهای چرب آزاد) باشد [۳۳] و در نمونه‌های حاوی هر دو فاکتور مورد بررسی، بیشترین میزان کاهش مشاهده گردید؛ بطوری‌که می‌تواند ناشی از فعالیت ضد میکروبی بالا و ترکیبات فنولیک فاکتورهای مورد استفاده در فرمولاسیون فیلم خوراکی باشد؛ همچنین تخمیر لاکتوز توسط باکتری-

Table 2 The results of pH and acidity of UF packaged cheese

Sample	pH		Acidity (g/100)	
	15th day	30th day	15th day	30th day
Control	4.7±0.6 ^{Aa}	4.7±0.4 ^{Aa}	1.081±0.28 ^{Ad}	1.098±0.11 ^{Bd}
CSM	4.7±0.5 ^{Aa}	4.6±0.3 ^{Ba}	1.221±0.25 ^{Abc}	1.314±0.12 ^{Bbc}
CSM/Ex	4.8±0.6 ^{Aa}	4.6±0.5 ^{Ba}	1.303±0.17 ^{Aab}	1.336±0.34 ^{Bab}
CSM/NP	4.8±0.5 ^{Aa}	4.6±0.4 ^{Ba}	1.299±0.21 ^{Ab}	1.343±0.17 ^{Bab}
CSM/Ex/NP	4.6±0.4 ^{Ab}	4.4±0.2 ^{Bb}	1.351±0.15 ^{Aa}	1.384±0.22 ^{Ba}

Capital dissimilar letters in each row indicate significant differences between different days ($P<0.05$)Small non-identical letters in each column indicate significant differences between different samples ($P<0.05$)

می‌توان به خاصیت آبدوستی موسیلاژ دانه چیا نسبت داد و از طرفی افزودن عصاره و نانوذرات به دلیل داشتن خاصیت آنتی اکسیدانی بالا در هر دو فاکتور و ترکیبات فنولیک در عصاره منجر به تعامل ترکیبات هیدروکسیل با موسیلاژ و جذب آب توسط پیوندهای هیدروژنی گردیده و در نهایت میزان رطوبت نمونه‌ها در طی مدت زمان نگهداری کاهش یافت [۳۷ و ۳۸]. نتایج موافقی توسط Ríos-de-Benito و همکاران (۲۰۲۱) در پوشش خوراکی فعال بر پایه کازئینات سدیم/ کیتوزان حاوی اسانس پونه کوهی تقویت شده با ذرات سیلیس و کاربرد آن بر روی پنیر پانلا ارائه شده است. به علاوه Soleimani-Rambod و همکاران (۲۰۱۸) در مورد پنیر چدار بسته‌بندی شده با پوشش خوراکی صمغ زانتان و موسیلاژ بذر کتان به نتایج مشابهی رسیدند [۳۸].

2-5- رطوبت

نتایج آنالیز آماری محتوای رطوبتی نمونه‌های پنیر فراپالایش مورد بررسی، در جدول ۳ ارائه شده است؛ مطابق نتایج در طی مدت زمان نگهداری در تمامی نمونه‌های شاهد و پوشش داده شده، میزان رطوبت به طور معناداری کاهش یافت ($P<0.05$)؛ این کاهش به دلیل استفاده از آب پنیر ناشی از پدیده سینرسیس و جریان اسمزی در طول رسیدن پنیر است [۳۶]. همچنین در اثر استفاده از فیلم خوراکی بر پایه موسیلاژ دانه چیا و فیلم‌های خوراکی حاوی عصاره و نانوذرات، میزان رطوبت نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت ولی تفاوت بین نمونه‌های پوشش داده شده، مشاهده نشد. علت کاهش میزان رطوبت در اثر استفاده از فیلم خوراکی را

Table 3 The results of moisture of UF packaged cheese

Sample	Moisture (g/100)	
	15th day	30th day
Control	64.243±1.8 ^{Aa}	61.069±1.9 ^{Bb}
CSM	62.711±1.4 ^{Ab}	62.31±1.6 ^{Ba}
CSM/Ex	62.748±2.5 ^{Ab}	61.066±1.8 ^{Bc}
CSM/NP	62.743±1.5 ^{Ab}	61.068±2.1 ^{Bc}
CSM/Ex/NP	62.741±2.1 ^{Ab}	61.06±2.1 ^{Bc}

Capital dissimilar letters in each row indicate significant differences between different days ($P<0.05$)
Small non-identical letters in each column indicate significant differences between different samples ($P<0.05$)

مورد بررسی مشاهده نگردید. علت افزایش میزان نمک در اثر استفاده از فیلم خوراکی را می‌توان به کاهش انتقال رطوبت و همچنین کم بودن رطوبت محیط اطراف نسبت داد [۳۹]. نتایج موافقی توسط Yangilar و همکاران (۲۰۱۷) برای پنیر کاشار بسته‌بندی شده با فیلم‌های خوراکی ناتامایسین غنی شده با اسانس پونه کوهی و رزماری گزارش شد [۴۰].

3-5- نمک

مطابق نتایج آنالیز آماری گزارش شده در جدول ۴، میزان نمک نمونه‌های پنیر فراپالایش مورد بررسی، در طی مدت زمان نگهداری در تمامی نمونه‌های پوشش داده شده به طور معناداری افزایش یافت ($P<0.05$)؛ همچنین تفاوت معنادار قابل توجهی در مقایسه نمونه‌های فاقد و حاوی فاکتورهای

Table 4 The results of salt of UF packaged cheese

Sample	Salt (g/100)	
	15th day	30th day
Control	2.62±0.17 ^{Aa}	2.58±0.47 ^{Bcd}
CSM	2.55±0.54 ^{Ab}	2.60±0.24 ^{Bbc}
CSM/Ex	2.52±0.32 ^{Ac}	2.61±0.24 ^{Bb}
CSM/NP	2.53±0.18 ^{Ac}	2.62±0.32 ^{Bb}
CSM/Ex/NP	2.51±0.24 ^{Acd}	2.64±0.17 ^{Ba}

Capital dissimilar letters in each row indicate significant differences between different days ($P<0.05$)
Small non-identical letters in each column indicate significant differences between different samples ($P<0.05$)

و نانوذره مشاهده گردید؛ علت کاهش پروتئولیز در طی مدت زمان نگهداری و بسته‌بندی‌های مختلف می‌تواند تحت تاثیر کاهش نسبت رطوبت به پروتئین و به عبارتی افزایش خروج آب پنیر و در نتیجه محدودیت فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیکی باشد [۴۲]. کاهش نسبت رطوبت به پروتئین در نتیجه سینرسیز پنیر و افزایش غلظت نمک آن از عواملی هستند که می‌توانند فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک را محدود کرده و منجر به کاهش پروتئولیز شود [۴۳]. نتایج مشابهی توسط کریمی ثانی و علیزاده (۱۴۰۱)، با افزودن میکروانکپسولاسیون عصاره هل و نانوذره اکسیدسریوم و کربن کوانتوم دات‌های گرافیتی در فیلم مبتنی بر ایزوله پروتئین ماش/پکتین در بسته‌بندی پنیر فراپالایش گزارش گردید [۳۹].

4-5- پروتئولیز

پروتئولیز به عنوان یک رویداد بیوشیمیایی در طول رسیدن پنیر به ویژگی‌های حسی پنیر از طریق هیدرولیز کازئین‌ها به پپتیدهای کوچک و اسیدهای آمینه آزاد در توده پنیر، کمک می‌کند [۴۱]. مطابق تجزیه و تحلیل آماری (جدول ۵)، میزان پروتئولیز نمونه‌های پنیر فراپالایش مورد بررسی، در طی مدت زمان نگهداری در تمامی نمونه‌ها به طور معناداری کاهش یافت ($P<0.05$)؛ همچنین طبق نتایج با افزودن عصاره زرشک و نانوذرات اکسید قلع، میزان پروتئولیز نمونه‌ها به طور معناداری کاهش یافت ($P<0.05$)؛ بطوری‌که کمترین مقدار پروتئولیز در نمونه حاوی هردو فاکتور عصاره

Table 5 The results of proteolysis of UF packaged cheese

Sample	Proteolysis (g/100)	
	15th day	30th day
Control	0.245±0.018 ^{Aa}	0.115±0.011 ^{Ba}
CSM	0.158±0.021 ^{Ab}	0.098±0.011 ^{Bb}
CSM/Ex	0.108±0.13 ^{Ad}	0.086±0.009 ^{Bc}
CSM/NP	0.13±0.17 ^{Ac}	0.083±0.009 ^{Bd}
CSM/Ex/NP	0.095±0.025 ^{Ae}	0.073±0.012 ^{Be}

Capital dissimilar letters in each row indicate significant differences between different days ($P<0.05$)
Small non-identical letters in each column indicate significant differences between different samples ($P<0.05$)

5-5- لیپولیز

هر دو فاکتور بیشتر از سایر نمونه‌ها بود. علت این کاهش را می‌توان به خواص عصاره و نانوذره مورد استفاده در فرمولاسیون فیلم زیست‌تخریب‌پذیر نظیر داشتن خاصیت ضد میکروبی بالا، خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالا، غنی بودن از لحاظ ترکیبات فنولی و ترکیبات زیست فعال نسبت داد که منجر به کاهش اکسیداسیون لیپیدها می‌شوند [۴۵ و ۴۶]. نتایج حاصله در توافق با یافته‌های Noor و همکاران (۲۰۲۴) برای پنیر چدار در فیلم بر پایه پروتئین شفیله کرم ابریشم حاوی عصاره برگ *Catharanthus roseus* بود که در طی مدت زمان نگهداری، میزان لیپولیز افزایش و با افزایش درصد عصاره کاهش یافت. همچنین Dakheel و همکاران (۲۰۲۳) بیان کردند که نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید در فیلم خوراکی بر پایه ژلاتین در بسته‌بندی گوشت مرغ، توانایی کاهش اثر لیپولیتیک را دارند [۴۷].

هیدرولیز چربی شیر در طی تولید و رسیدن پنیر به فعالیت آنزیم لیپاز شیر، آنزیم‌های لیپولیتیک باکتری‌های اسیدلاکتیک آغازگر و غیرآغازگر و همچنین لیپازهای باکتری‌های سایکروتروف، بستگی دارد. مطابق تجزیه و تحلیل آماری ارائه شده در جدول ۶، میزان لیپولیز نمونه‌های پنیر فراپالایش مورد بررسی، در طی مدت زمان نگهداری در تمامی نمونه‌ها به طور معناداری افزایش یافت ($P<0.05$)؛ چربی موجود در پنیرها می‌تواند با فعالیت لیپولیتیکی منشأ گرفته از شیر، مایه پنیر، باکتری‌های کشت استارتر یا باکتری‌های غیراستارتر تجزیه شود، در نتیجه منجر به آزاد شدن اسیدهای چرب آزاد و در نتیجه افزایش لیپولیز در طول رسیدن و نگهداری پنیر شود [۴۴]. از طرفی طبق نتایج با افزودن عصاره زرشک و نانوذرات اکسید قلع، میزان لیپولیز نمونه‌ها به طور معناداری کاهش یافت ($P<0.05$)؛ که این کاهش در نمونه حاوی

Table 6 The results of lipolysis of UF packaged cheese

Sample	Lipolysis (meq/g)	
	15th day	30th day
Control	0.265±0.04 ^{Aa}	0.92±0.6 ^{Ba}
CSM	0.202±0.12 ^{Ab}	0.851±0.07 ^{Bb}
CSM/Ex	0.148±0.09 ^{Ad}	0.789±0.07 ^{Bd}
CSM/NP	0.164±0.07 ^{Ac}	0.814±0.05 ^{Bc}
CSM/Ex/NP	0.141±0.011 ^{Ae}	0.78±0.09 ^{Bd}

Capital dissimilar letters in each row indicate significant differences between different days ($P<0.05$)
Small non-identical letters in each column indicate significant differences between different samples ($P<0.05$)

5-6- نتایج کلی فرم و کپک و مخمر

پنیر نیز با گذشت مدت زمان نگهداری به طور معناداری کاهش یافت ($P < 0.05$)؛ بطوری‌که نمونه‌های روز ۳۰ام امتیاز کمتری از لحاظ پذیرش کلی نسبت به نمونه‌های روز ۱۵ام کسب کردند؛ که دلیل این امر می‌تواند ناشی از عدم پذیرش رنگ ظاهری و تغییر بوی پنیر (در اثر پروتئولیز و تولید پپتیدها، اسیدهای آمینه آزاد و ترکیباتی مانند آمین‌ها، تیول‌ها، اسیدها و تیواسترها) در طول زمان توسط پانالیست‌ها باشد. ولی با این حال نمونه‌ی حاوی هر دو فاکتور عصاره زرشک و نانوذرات اکسید قلع، امتیاز بالاتری از لحاظ پذیرش کلی داشتند؛ که نشان از امکان استفاده از این دو فاکتور در بسته‌بندی محصولات نظیر پنیر می‌باشد. نتایج حاصله در هماهنگی با یافته‌های Pluta-Kubica و همکاران (۲۰۲۱) برای فیلم نانوکامپوزیت بر پایه فورسلاران حاوی نانوذرات نقره در بسته‌بندی پنیر بود [۴۸]. همچنین نتایج مشابهی توسط Mushtaq و همکاران (۲۰۱۸)، با افزودن عصاره پوست انار در فیلم خوراکی زئین در بسته بندی پنیر، ارائه گردیده است [۴۹].

کلی فرم و کپک و مخمر در فیلم‌های بهینه جهت بسته‌بندی فراپالایش طی مدت زمان نگهداری رشد نکرده و جواب منفی بود.

7-5- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر بسته‌بندی شده با بررسی چندین فاکتور شامل رنگ، بافت، بو و پذیرش کلی مورد آنالیز قرار گرفت؛ مطابق نتایج آنالیز واریانس ارائه شده در جدول ۷، در روز ۱۵ام و ۳۰ام، امتیاز مربوط به بافت نمونه‌های پنیر در تمامی حالت‌ها تفاوت معناداری با نمونه شاهد نداشت ($p > 0.05$)؛ از لحاظ رنگ نیز تفاوت معناداری با گذشت زمان در امتیاز رنگ مشاهده نشد؛ به جز نمونه حاوی عصاره که تفاوت معناداری با سایر نمونه‌ها و نمونه شاهد نشان داد و میزان امتیاز کمتری کسب کرد. همچنین طبق نتایج از لحاظ بو، با گذشت زمان و افزودن عصاره و نانوذره امتیاز نمونه‌های پنیر به طور جزئی و معناداری کاهش یافت ($P < 0.05$) و در نهایت میزان پذیرش کلی نمونه‌های

Table 7 The results of sensory evaluation of UF packaged cheese

Sample	15th day			
	Color	Texture	Odor	Total acceptance
Control	5±0.01 ^A	4±0.01 ^A	4.6±0.01 ^A	4.2±0.001 ^D
CSM	5±0.001 ^A	4±0.002 ^A	4.2±0.02 ^D	4.4±0.002 ^C
CSM/Ex	4.75±0.02 ^B	4±0.01 ^A	4.55±0.001 ^B	4.6±0.01 ^A
CSM/NP	5±0.01 ^A	4±0.02 ^A	4.5±0.001 ^C	4.5±0.02 ^B
CSM/Ex/NP	5±0.001 ^A	4±0.01 ^A	4.5±0.01 ^C	4.6±0.01 ^A

Sample	30th day			
	Color	Texture	Odor	Total acceptance
Control	5±0.01 ^A	4±0.02 ^A	4.6±0.02 ^A	3.8±0.01 ^E
CSM	5±0.01 ^A	4±0.01 ^A	4.15±0.03 ^E	3.95±0.003 ^C
CSM/Ex	4.7±0.01 ^B	4±0.01 ^A	4.50±0.01 ^B	4.1±0.02 ^B
CSM/NP	4.9±0.002 ^A	4±0.001 ^A	4.45±0.01 ^C	3.9±0.01 ^D
CSM/Ex/NP	4.9±0.01 ^A	4±0.01 ^A	4.4±0.001 ^D	4.25±0.01 ^A

Non-identical letters in each column indicate significant differences between different samples ($P < 0.05$)

فیلم‌ها با کاهش نفوذپذیری به رطوبت و اکسیژن، فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی را محدود کرده و از کیفیت محصول در طول دوره نگهداری جلوگیری کردند. نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی نشان داد که افزودن عصاره زرشک و نانوذرات، میزان رطوبت، لیپولیز و پروتئولیز را کاهش داده و خواص حسی مانند رنگ، بافت و پذیرش کلی

این پژوهش نشان داد که استفاده از فیلم‌های نانوکامپوزیت زیست‌تخریب‌پذیر بر پایه موسیلاژ دانه چیا حاوی عصاره زرشک و نانوذرات اکسید قلع، بهبود قابل توجهی در ماندگاری و کیفیت پنیر فراپالایش ایجاد می‌کند. این

6- نتیجه‌گیری

فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر به عنوان جایگزینی پایدار و کارآمد برای بسته‌بندی مواد غذایی به‌ویژه محصولات لبنی پیشنهاد می‌شود.

را بهبود می‌بخشد. همچنین، ویژگی‌های ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات، نقش مؤثری در کاهش فساد و افزایش ماندگاری ایفا کردند. در مجموع، استفاده از این

۵-منابع

- [1] Arfelli, F., Roguszevska, M., Torta, G., Iurlo, M., Cespi, D., Ciacci, L., & Passarini, F. (2024). Environmental impacts of food packaging: Is it all a matter of raw materials? *Sustainable Production and Consumption*, 49, 318-328.
- [2] Acharyya, P. P., Sarma, M., & Kashyap, A. (2024). Recent advances in synthesis and bioengineering of bacterial nanocellulose composite films for green, active and intelligent food packaging. *Cellulose*, 31(12), 7163-7187.
- [3] D'Almeida, A. P., & de Albuquerque, T. L. (2024). Innovations in Food Packaging: From Bio-Based Materials to Smart Packaging Systems. *Processes*, 12(10), 2085.
- [4] Farajinejad, Z., Sani, I. K., Alizadeh, M., & Amiri, S. (2024). A review of recent advances in the photocatalytic activity of protein and polysaccharide-based nanocomposite packaging films: antimicrobial, antioxidant, mechanical, and strength properties. *Journal of Polymers and the Environment*, 32(8), 3437-3447.
- [5] Hrnčič, M., Ivanovski, M., Cör, D., & Knez, Ž. (2019). Chia seeds. *Salvia hispanica*, 1-19.
- [6] Enes, B. N., Moreira, L. P., Silva, B. P., Grancieri, M., Lúcio, H. G., Venâncio, V. P., ... & Martino, H. S. (2020). Chia seed (*Salvia hispanica* L.) effects and their molecular mechanisms on unbalanced diet experimental studies: A systematic review. *Journal of food science*, 85(2), 226-239.
- [7] Orona-Tamayo, L. D., Valverde, E. M., & Paredes-Lopez, O. (2017). Chia-the new Golden seed for the 21st century: nutraceutical properties and technological uses. *Chapter 17. Sustainable protein sources*.
- [8] Peláez, P., Orona-Tamayo, D., Montes-Hernández, S., Valverde, M. E., Paredes-López, O., & Cibrián-Jaramillo, A. (2019). Comparative transcriptome analysis of cultivated and wild seeds of *Salvia hispanica* (chia). *Scientific reports*, 9(1), 9761.
- [9] Muñoz-Tébar, N., Carmona, M., Ortiz de Elgueta-Culebras, G., Molina, A. and Berruga, M.I., 2022. Chia seed mucilage edible films with origanum vulgare and satureja montana essential oils: characterization and antifungal properties. *Membranes*, 12(2), p.213.
- [10] Charles-Rodríguez, A.V., Rivera-Solís, L.L., Martins, J.T., Genisheva, Z., Robledo-Olivo, A., González-Morales, S., López-Guarín, G., Martínez-Vázquez, D.G., Vicente, A.A. and Flores-López, M.L., 2020. Edible films based on black chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage containing *Rhus microphylla* fruit phenolic extract. *Coatings*, 10(4), p.326.
- [11] Urbizo-Reyes, U., San Martin-González, M.F., Garcia-Bravo, J. and Liceaga, A.M., 2020. Development of chia seed (*Salvia hispanica*) mucilage films plasticized with polyol mixtures: Mechanical and barrier properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 163, pp.854-864.
- [12] Nikmaram, N., Budaraju, S., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Cox, R. B., Mallikarjunan, K., & Roohinejad, S. (2018). Application of plant extracts to improve the shelf-life, nutritional and health-related properties of ready-to-eat meat products. *Meat science*, 145, 245-255.
- [13] Salehi, B., Selamoglu, Z., Sener, B., Kilic, M., Kumar Jugran, A., de Tommasi, N., ... & C. Cho, W. (2019). Berberis plants—drifting from farm to food applications, phytotherapy, and phytopharmacology. *Foods*, 8(10), 522.
- [14] Ivan, I. M., Olaru, O. T., Popovici, V., Chițescu, C. L., Popescu, L., Luță, E. A., ... & Gîrd, C. E. (2024). Antioxidant and Cytotoxic Properties of *Berberis vulgaris* (L.) Stem Bark Dry Extract. *Molecules*, 29(9), 2053.
- [15] Polianciuc, S. I., Ciorîță, A., Soran, M. L., Lung, I., Kiss, B., Ștefan, M. G., ... & Loghin, F. (2024). Antibiotic Residues and Resistance in Three Wastewater Treatment Plants in Romania. *Antibiotics*, 13(8), 780.
- [16] Abu-Odeh, A. M., & Talib, W. H. (2021). Middle East medicinal plants in the treatment of diabetes: a review. *Molecules*, 26(3), 742.
- [17] Katekhong, W., Wongphan, P., Klinmalai, P., & Harnkarnsujarit, N. (2022). Thermoplastic starch blown films functionalized by plasticized nitrite blended with PBAT for superior oxygen barrier and active biodegradable meat packaging. *Food Chemistry*, 374, 131709.
- [18] Waseem, M., Rehman, W., Hussain, R., Hussain, S., Haq, S., & Anis-ur-Rehman, M. (2021). Evaluation of structural, electrical and magnetic properties of nanosized unary, binary and ternary particles of Fe 3 O 4, SnO 2 and TiO 2. *Chemical Papers*, 75, 2625-2638.
- [19] Bibi, N., Haq, S., Rehman, W., Waseem, M., Rehman, M. U., Shah, A., ... & Rasheed, P. (2020). Low temperature fabrication of SnO2, ZnO and Zn2SnO4 nanostructures for the degradation of

- Rhodamine 6G: Characterization. *Biointerface Res. Appl. Chem*, 10, 5895-5900.
- [20] Bouroutzika, E., Proikakis, S., Anagnostopoulos, A. K., Katsafadou, A. I., Fthenakis, G. C., & Tsangaris, G. T. (2021). Proteomics analysis in dairy products: cheese, a review. *Applied Sciences*, 11(16), 7622.
- [21] Mistry, V. V., & Maubois, J. L. (2017). Application of membrane separation technology to cheese production. In *Cheese* (pp. 677-697). Academic Press.
- [22] Soltani, M., Saremnezhad, S., Faraji, A. R., & Hayaloglu, A. A. (2022). Perspectives and recent innovations on white cheese produced by conventional methods or ultrafiltration technique. *International Dairy Journal*, 125, 105232.
- [23] Lee, N. K., Jeewanthi, R. K. C., Park, E. H., & Paik, H. D. (2016). Physicochemical and antioxidant properties of Cheddar -type cheese fortified with *Inula britannica* extract. *Journal of dairy science*, 99(1), 83 –
- [24] Motelica, L., Ficai, D., Oprea, O. C., Ficai, A., Ene, V. L., Vasile, B. S., ... & Holban, A. M. (2021). Antibacterial biodegradable films based on alginate with silver nanoparticles and lemongrass essential oil–innovative packaging for cheese. *Nanomaterials*, 11(9), 2377.
- [25] Hassani, D., Sani, I. K., & Pirs, S. (2024). Nanocomposite film of potato starch and gum Arabic containing boron oxide nanoparticles and anise hyssop (*Agastache foeniculum*) essential Oil: investigation of physicochemical and antimicrobial properties. *Journal of Polymers and the Environment*, 32(4), 1972-1983.
- [26] Dadkhah, H., Pirs, S., Javadi, A., & Mohtarami, F. (2023). Biodegradable film of Sodium alginate film/flax seed mucilage/norbixin/tungsten oxide: investigation of color, crystalline, thermal, mechanical and antibacterial properties. *pharmaceuticals*, 16, 14.
- [27] Hamdy, S. M., Hassan, M. G., Ahmed, R. B., & Abdelmontaleb, H. S. (2021). Impact of oat flour on some chemical, physicochemical and microstructure of processed cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(9), e15761.
- [28] Ai-Bedrani, D. I. J., Hasan, S. T., Altaee, A. A., & Alqotbi, A. A. (2021, November). Improving low-fat soft cheese quality properties made from reconstituted skim milk by using whey protein concentrate as a fat replacer. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 910, No. 1, p. 012040). IOP Publishing.
- [29] Miloradovic, Z., Tomic, N., Kljajevic, N., Levic, S., Pavlovic, V., Blazic, M., & Miocinovic, J. (2021). High heat treatment of goat cheese milk. The effect on sensory profile, consumer acceptance and microstructure of cheese. *Foods*, 10(5), 1116.
- [30] Nicosia, F. D., Pino, A., Maciel, G. L. R., Sanfilippo, R. R., Caggia, C., de Carvalho, A. F., & Randazzo, C. L. (2023). Technological characterization of lactic acid bacteria strains for potential use in cheese manufacture. *Foods*, 12(6), 1154.
- [31] Gonzalez-Gonzalez, C. R., Machado, J., Correia, S., McCartney, A. L., Elmore, J. S., & Jauregi, P. (2019). Highly proteolytic bacteria from semi-ripened Chiapas cheese elicit Angiotensin-I converting enzyme inhibition and antioxidant activity. *Lwt*, 111, 449-456.
- [32] Innosa, D., Ianni, A., Faccia, M., Martino, C., Grotta, L., Saletti, M. A., ... & Martino, G. (2020). Physical, nutritional, and sensory properties of cheese obtained from goats fed a dietary supplementation with olive leaves. *Animals*, 10(12), 2238.
- [33] Gao, X., Zheng, Y., Zhong, Y., Zhou, R., Li, B., & Ma, M. (2023). Preparation and Characterization of Novel Chitosan Coatings to Reduce Changes in Quality Attributes and Physicochemical and Water Characteristics of Mongolian Cheese during Cold Storage. *Foods*, 12(14), 2731.
- [34] Nottagh, S., Hesari, J., Peighambaroust, S. H., Rezaei-Mokarram, R., & Jafarizadeh-Malmiri, H. (2020). Effectiveness of edible coating based on chitosan and Natamycin on biological, physicochemical and organoleptic attributes of Iranian ultra-filtrated cheese. *Biologia*, 75(4), 605-611.
- [35] Mezhoudi, M., Salem, A., Abdelhedi, O., Fakhfakh, N., Debeaufort, F., Jridi, M., & Zouari, N. (2022). Edible films from triggerfish gelatin and Moringa oleifera extract: Physical properties and application in wrapping ricotta cheese. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(5), 3987-3997.
- [36] Ríos-de-Benito, L. F., Escamilla-García, M., García-Almendárez, B., Amaro-Reyes, A., Di Pierro, P., & Regalado-González, C. (2021). Design of an active edible coating based on sodium caseinate, chitosan and oregano essential oil reinforced with silica particles and its application on Panela cheese. *Coatings*, 11(10), 1212
- [37] Nemati, V., Hashempour-Baltork, F., Sadat Gharavi-Nakhjavani, M., Feizollahi, E., Marangoni Júnior, L., & Mirza Alizadeh, A. (2023). Application of a whey protein edible film incorporated with cumin essential oil in cheese preservation. *Coatings*, 13(8), 1470.
- [38] Soleimani-Rambod, A., Zomorodi, S., Naghizadeh Raeisi, S., Khosrowshahi Asl, A., & Shahidi, S. A. (2018). The effect of xanthan gum and flaxseed mucilage as edible coatings in cheddar cheese during ripening. *Coatings*, 8(2), 80.

- [39] Karimi Sani, I., Alizadeh, M. (2022). Packaging of ultra-filtered cheese with edible film of mash protein isolate-apple pectin nanocomposite containing microencapsulation of cardamom extract and cerium oxide nanoparticles and graphite carbon quantum dots: Investigation of its physicochemical properties. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 19(128), 235-247.
- [40] Yangilar, F. (2017). Effects of natamycin edible films fortified with essential oils on the safety and quality parameters of Kashar cheese. *Journal of Food Safety*, 37(2), e12306.
- [41] Papadopoulou, O. S., Argyri, A. A., Bikouli, V. C., Lambrinea, E., & Chorianopoulos, N. (2022). Evaluating the quality of cheese slices packaged with Na-alginate edible films supplemented with functional lactic acid bacteria cultures after high-pressure processing. *Foods*, 11(18), 2855.
- [42] El-Sisi, A. S., Gapr, A. M., & Kamaly, K. M. (2015). Use of chitosan as an edible coating in RAS cheese. *Biolife*, 3(2), 564-570.
- [43] Özer, B., Hayaloglu, A. A., Yaman, H., Gürsoy, A., & Şener, L. (2013). Simultaneous use of transglutaminase and rennet in white-brined cheese production. *International dairy journal*, 33(2), 129-134.
- [44] Sardiñas-Valdés, M., García-Galindo, H. S., Chay-Canul, A. J., Velázquez-Martínez, J. R., Hernández-Becerra, J. A., & Ochoa-Flores, A. A. (2021). Ripening changes of the chemical composition, proteolysis, and lipolysis of a hair sheep milk Mexican Manchego-style cheese: effect of nano-emulsified curcumin. *Foods*, 10(7), 1579.
- [45] Muhammad Jamel, M., Somaya Khalaf, B., & Muhammad Yaqoub, A. (2023). Evaluate the effect of using a whey protein membrane loaded with zinc nanoparticles, lactoferrin and neptomycin on microbial growth in laboratory-made soft white cheese. *Medical & Clinical Research* 8 (5), 01, 8.
- [46] Kouser, F., Kumar, S., Bhat, H. F., Hassoun, A., Bekhit, A. E. D. A., & Bhat, Z. F. (2023). Aloe barbadensis based bioactive edible film improved lipid stability and microbial quality of the cheese. *Foods*, 12(2), 229.
- [47] Dakheel, M. J., & Jasim, H. N. (2023). Effect of the gelatin mixed with titanium dioxide nanoparticles as active packaging on bacterial growth and some characteristics of refrigerated chicken meat. *Tikrit Journal of Veterinary Sciences*, 23(1), 8-21.
- [48] Pluta-Kubica, A., Jamróz, E., Khachatryan, G., Florkiewicz, A., & Kopel, P. (2021). Application of furcellaran nanocomposite film as packaging of cheese. *Polymers*, 13(9), 1428.
- [49] Mushtaq, M., Gani, A., Gani, A., Punoo, H. A., & Masoodi, F. A. (2018). Use of pomegranate peel extract incorporated zein film with improved properties for prolonged shelf life of fresh Himalayan cheese (Kalari/kradi). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 48, 25-32.



Scientific Research

Investigation of physicochemical properties of ultra-filtered cheese packaging with nanocomposite film based on chia seed mucilage containing barberry extract and tin oxide nanoparticles

Shirin Foruzan¹, Sajad Pirs^{1*} and Abolfazl Alirezalu²

1-Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

2-Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2025/1/2 Accepted: 2025/1/27	In this study, the physicochemical and microbial properties of ultra-filtered cheese packaged with biodegradable nanocomposite films based on chia seed mucilage containing barberry extract and tin oxide nanoparticles based on the central composite design were investigated. The aim of this research was to enhance the shelf life and sensory quality of this type of cheese through the use of edible films. The results showed that using the developed films significantly reduced the pH and increased the acidity of the samples during the storage period (15 and 30 days), which was attributed to the antimicrobial activity and phenolic compounds of the barberry extract and nanoparticles. Moisture analysis also revealed that films containing chia mucilage and active compounds significantly reduced moisture compared to the control sample, which was related to the hydrophilic nature of the mucilage and its interaction with phenolic compounds. Moreover, the use of these films reduced the extent of lipolysis and proteolysis in cheese samples, attributed to the restricted activity of proteolytic and lipolytic enzymes due to reduced moisture permeability and increased salt concentration. Microbial culture of the samples indicated the absence of growth of coliforms, molds, and yeasts in the optimal films for ultrafiltration packaging during the storage period. Sensory evaluation indicated that films containing barberry extract and tin oxide nanoparticles exhibited better overall acceptance in terms of color, texture, and aroma and prevented undesirable changes during storage. Additionally, these films improved mechanical strength and barrier properties, preventing oxygen penetration into the product, which resulted in reduced spoilage rates and better preservation of product quality.
Keywords: Ultrafiltration cheese, nanocomposite film, chia seed mucilage, barberry extract, tin oxide nanoparticles	
DOI: 10.22034/FSCT.22.163.216. *Corresponding Author E-	



مقاله علمی-پژوهشی

شناسایی ترکیبات شیمیایی، پتانسیل آنتی اکسیدانی، فنل و فلاونوئید کل و اثر سمیت سلولی شوید بر رده های سلولی HT29 و HeLa

محمد گلباشی^{۱*}، بهروز علیزاده بهبهانی^۲

۱-استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

۲-دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۵

کلمات کلیدی:

شوید؛

کروماتوگرافی گازی - طیف سنج جرمی؛

آنتی اکسیدان؛

پلی فنول؛

فلاونوئید؛

آسیب اکسایشی.

DOI:10.22034/FSCT.22.163.231.

* مسئول مکاتبات:

Mgolbashy@asnrukh.ac.ir

شوید (*Anethum graveolens*) از دیرباز به طور گسترده برای اهداف دارویی و درمانی مورد استفاده قرار گرفته است. گیاهان دارای تعداد زیادی از ترکیبات مؤثر با سمیت کمتر هستند. در این مطالعه، اثرات آنتی اکسیدانی و ضد سرطانی در شرایط آزمایشگاهی عصاره آبی شوید در برابر رده های سلولی سرطانی HT29 و HeLa مورد بررسی قرار گرفت. اثر آنتی اکسیدانی عصاره آبی شوید توسط روش های مهار رادیکال DPPH، مهار رادیکال ABTS، ظرفیت احیا آهن فریک و جلوگیری از رنگبری بتا-کاروتن مورد ارزیابی قرار گرفت. عصاره حاوی ۸۹/۶ mg GAE/g فنول کل و ۲۵/۴۹ mg QE/g فلاونوئید کل بود. همان طور که توسط سنجش فعالیت آنتی اکسیدانی مشاهده شد، عصاره آبی شوید فعالیت های آنتی اکسیدانی قوی نشان داد که قابل مقایسه با آنتی اکسیدانی سنتزی دی بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT) بود. عصاره آبی شوید همچنین پتانسیل ضد سرطان/سیتوتوکسیک وابسته به غلظت را در برابر رده های سلولی HT29 و HeLa نشان داد و مقادیر IC50 برای این رده های سلولی به ترتیب برابر با ۸۴/۵۹ و ۷۴/۹۵ میلی گرم در میلی لیتر بود. بطور کلی، مطالعه حاضر نشان داد که عصاره آبی شوید قادر به استفاده برای اهداف پزشکی و غذایی به عنوان یک عامل آنتی اکسیدان و ضد سرطان می باشد.

۱- مقدمه

آسیب اکسایشی به آسیب وارد شده به سیستم‌های بیولوژیکی توسط گونه‌های فعال اکسیژن مانند رادیکال‌های آزاد اشاره دارد. این آسیب می‌تواند به طیف وسیعی از بیماری‌ها و فرآیندهای پیری در موجودات کمک کند. علاوه بر این، زوال اکسایشی لیپیدها یک مشکل جدی است زیرا باعث کاهش ماندگاری محصولات غذایی، کاهش ارزش غذایی آنها و تولید محصولات واکنشگر می‌شود که می‌توانند سمی باشند. آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیبات مؤثری برای جلوگیری از اکسیداسیون لیپید هستند و آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی به دلیل اثربخشی بالا و هزینه کم، اغلب به غذاها اضافه می‌شوند. با این حال، ایمنی این آنتی‌اکسیدان‌ها موضوعی است که بیشتر و بیشتر در بین مردم مورد بحث قرار می‌گیرد. آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی به دلیل توانایی آنها در تجمع در بافت‌ها و مختل کردن سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی طبیعی، اثرات منفی بالقوه‌ای بر سلامت دارند [۱-۳]. علیرغم این واقعیت که آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی بر بازار تسلط دارند، تقاضا برای آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در سال‌های اخیر افزایش یافته است و انتظار می‌رود این روند ادامه داشته باشد. این الگو را می‌توان با ترجیح رو به رشد مصرف کننده برای محصولات ارگانیک و طبیعی که حاوی مواد افزودنی کمتری هستند و ممکن است عوارض جانبی کمتری نسبت به مواد مصنوعی داشته باشند، توضیح داد [۴].

میوه‌ها، سبزیجات، ادویه‌ها، گیاهان، غلات و دانه‌ها منابع اصلی آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی هستند. فعالیت عصاره‌ها و اسانس‌های به‌دست‌آمده از این مواد گیاهی عمدتاً به وجود ترکیباتی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی، عمدتاً پلی فنول‌ها و ترپنوئیدها در ترکیب آنها مرتبط است. در هر یک از آنها، آنتوسیانین‌ها، فلاونول‌ها، و تانن‌ها یا ترپن‌ها معمولاً بیشترین فراوانی را دارند. علاوه بر این، لازم به ذکر است که مزایای نسبت داده شده به عصاره‌های گیاهی را نمی‌توان به یک دسته از ترکیبات نسبت داد، بلکه به سهم چندگانه ترکیبات مختلف زیست فعال مرتبط می‌باشد. در بین ترپن‌ها، ترکیباتی

مانند کامفور، کامفن، کارنوسول، کارواکربول، تیمول، آلفا-پینن، سیمن، ۱،۸-سینئول، لیمونن، گاما-ترپینن و ترپینن-۴-ال رایج‌ترین هستند. کوئرستین و کامپفرول فلاونول‌های غالب هستند، اگرچه فلاونول‌های آپیتین، ایزورامنتین، لوتئولین، میریستین و روتین نیز شناسایی شده‌اند. علاوه بر این، اسیدهای فنولیک مانند اسیدهای کافئیک، سینامیک، کلروژنیک، فرولیک، کوئینیک، رزمارینیک و سیناپیک از جمله اسیدهای شناخته شده هستند [۵-۸].

شوید (*Anethum graveolens*) از خانواده آمبلیفیرا (*Umbelliferae*) می‌باشد. گزارش شده است که عصاره آبی معادل ۱-۴ درصد گیاه کامل شوید است و ترکیبات اصلی آن شامل دی‌کاروون (۲۰-۳۶ درصد)، دیل آپپول (۱۵-۲۰ درصد)، لیمونن (۲۰-۳۰ درصد)، ترانس دی‌هیدروکاروون (۷-۱۰ درصد) و تیمول (۵-۷ درصد) می‌باشند [۹]. عصاره آبی شوید به دلیل حضور ترکیبات دی‌کاروون و لیمونن دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بوده و با حفاظت از غشاهای سلولی در بافت‌های کبدی، منجر به کاهش سرازیری آنزیم‌های لاکتات دهیدروژناز، آلانین آمینوترانسفراز و آسپارات آمینوترانسفراز به جریان خون می‌گردد [۱۰]. علاوه بر این، حضور دی‌آپپول در اسانس شوید سبب شده است که اثر آنتی‌اکسیدانی آن بسیار قوی‌تر از فعالیت آنتی‌اکسیدانی اکثر آنتی‌اکسیدانی سنتزی مانند دی‌بوتیل هیدروکسی تولوئن و دی‌بوتیل هیدروکسی انیزول باشد [۱۱].

شوید دارای اهمیت فراوانی در صنایع دارویی و صنایع غذایی می‌باشد. با این حال، اطلاعات محدودی در مورد ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های بیولوژیکی عصاره آبی آن وجود دارد. در این مطالعه، ترکیبات شیمیایی موجود در عصاره برگ شوید و قابلیت آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی آن را بطور دقیق بررسی شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- استخراج عصاره آبی شوید

برای استخراج آبی شوید، ۲۰ گرم برگ خشک شوید با ۲۰۰ میلی‌لیتر آب ترکیب و به مدت ۱۰ دقیقه جوشانیده شد. پس از خنک شدن، مخلوط صاف شد و عصاره به دست آمده تا حجم نهایی ۱۰۰ میلی‌لیتر تغلیظ شد [۱۲].

۲-۲- ترکیب شیمیایی اسانس شوید

شناسایی اجزای اسانس استخراج شده از طریق تزیق ۲ میکرولیتر از شوید به دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (TRACE MS, uest-) (FinniganThermoQ) به انجام شد. ستون مورد استفاده DB-5 با طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فاز ثابت ۰/۲۵ میکرومتر بود که با یک طیف‌سنج جرمی (Quadrupole) متصل شده بود. دمای ستون از ۴۰ به ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۲/۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه افزایش یافت. هلیوم با سرعت ۱/۱ میلی‌لیتر در دقیقه و انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت استفاده شد. شناسایی ترکیبات با کمک طیف نرمال آلکان‌ها (C₈-C₂₄) و همچنین به دست آوردن شاخص بازداری از آن و مقایسه با شاخص کوآتس گزارش شده اجزاء در نرم‌افزار NIST 05 و طیف جرمی هر جزء با کتابخانه دستگاه (Wiley7n.1) صورت پذیرفت [۱۳].

۲-۳- محتوای فنول کل

برای این منظور، ۲۰ میکرولیتر از عصاره (با غلظت ۱۰ گرم در لیتر)، ۲ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف Folin-Ciocalteu مخلوط شد. پس از ۳ دقیقه گرمخانه گذاری، ۳۰۰ میکرولیتر محلول بی‌کربنات سدیم به آن اضافه و مخلوط به مدت ۲ ساعت هم زده شد. جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر (Sigma3, 30k) در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد با غلظت اسید گالیک از ۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایجاد و محتوای فنول کل به صورت میلی‌گرم معادل اسید گالیک در هر گرم عصاره (mg GAE/g) بیان گردید [۱۴].

۲-۴- محتوای فلاونوئید کل

برای اندازه‌گیری محتوای فلاونوئید کل، ۱ میلی‌لیتر از عصاره با ۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم متانولی ۲ درصد ترکیب و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق در تاریکی نگهداری شد. جذب نمونه در ۴۳۰ نانومتر گرفته اندازه‌گیری گردید و منحنی استاندارد با استفاده از کوئرستین ایجاد شد. محتوای فلاونوئید کل به صورت میکروگرم معادل کوئرستین در هر گرم وزن خشک عصاره (mg QE/g) گزارش شد [۱۴].

۲-۵- فعالیت آنتی‌اکسیدانی

اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره آبی شوید بر پایه روش‌های مهار رادیکال‌های آزاد DPPH و ABTS، قدرت احیاکنندگی آهن فریک و جلوگیری از رنگبری بتا-کاروتن بررسی گردید.

در آزمون مهار رادیکال DPPH. ۵۰ میکرولیتر از عصاره یا کنترل با ۵ میلی‌لیتر محلول اتانولی DPPH (۰/۱۲ میلی‌مولار) مخلوط و محلول به دست آمده در دمای محیط و در مکان تاریک به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری گردید. جذب محلول در نهایت در طول موج ۵۱۷ نانومتر ثبت گردید. در آزمون ABTS، ابتدا محلول آبی ABTS (۷ میلی‌مولار) تهیه و سپس پتاسیم پرسولفات به آن اضافه گردید تا غلظت آن به ۲/۴۵ میلی‌مولار برسد. در ادامه، محلول در مکان تاریک به مدت ۱۶ ساعت نگهداری شد و سپس با متانول تا رسیدن به جذب ۰/۷ در طول موج ۷۳۴ نانومتر رقیق گردید. در نهایت، ۳۰۰ میکرولیتر عصاره با ۳/۹ میلی‌لیتر محلول رادیکالی ABTS ترکیب و جذب آن بعد از ۵ دقیقه نگهداری ثبت گردید. فعالیت مهار رادیکال آزاد عصاره مطابق فرمول زیر محاسبه گردید [۱۵]:

$$\text{Scavenging effect (\%)} = \frac{(A_{\text{control}} - C_{\text{sample}})/C_{\text{control}}}{\times 100}$$

فعالیت مهار رادیکال آزاد عصاره در نهایت بر حسب IC₅₀ (میکروگرم در میلی‌لیتر) گزارش شد.

۳۷ درجه سانتی گراد، رطوبت ۹۵ درصد و دی اکسید کربن ۵ درصد کشت شدند. سلول‌ها (۱۰۰۰۰۰ سلول) به چاهک‌ها اضافه شدند و غلظت‌های مختلف عصاره (۰، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر میلی لیتر)، محیط کشت DMEM و ۲۰۰ میکرولیتر سرم جنین گاوی به آن اضافه شد. هر چاهک تکثیر سلولی با استفاده از روش MTT پس از ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری به شرح زیر اندازه گیری شد: ۳۰ میکرولیتر محلول MTT با غلظت ۵ میلی گرم در میلی لیتر به هر یک از چاهک‌ها اضافه شد و پلیت‌ها به مدت ۳ ساعت در انکوباتور دی اکسید کربن نگهداری شدند. جذب محیط در طول موج ۵۷۰ نانومتر با استفاده از یک الایزا ریدر (ELX 808, Bio Tek Instruments, USA) ثبت گردید. منحنی زنده ماندن سلولی با استفاده از سلول‌های کنترل ترسیم شد [۱۷].

۲-۳- آنالیز آماری

آزمایش‌ها سه بار انجام شد. نتایج با نرم افزار Minitab (نسخه ۱۶) با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی داری ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی شوید در شکل ۱ آورده شده‌اند. مطابق شکل، ۱۲ ترکیب شیمیایی در عصاره شوید شناسایی شدند که ۹۸/۰۹ درصد ترکیبات را تشکیل دادند. لیمونن (۳۵/۲ درصد)، آلفا-فلاندرن (۲۷/۵۶ درصد) و کاروون (۱۶/۲ درصد) به ترتیب بیشترین ترکیبات تشکیل دهنده عصاره شناسایی شدند. علاوه بر این، عصاره آبی شوید دارای mg ۸۹/۶ GAE/g فنول کل و mg ۲۵/۴۹ QE/g فلاونوئید کل بود (شکل ۲).

در آزمون قدرت احیاکنندگی آهن فریک، محلولی حاوی ۲/۵ میلی لیتر بافر فسفات ۰/۲ مولار و ۲/۵ میلی لیتر فری سیانید پتاسیم ۱ درصد تهیه و با عصاره مخلوط گردید. محلول به دست آمده در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه نگهداری و سپس ۲/۵ میلی لیتر تری کلرواستیک اسید (۱۰ درصد) به منظور توقف واکنش به آن اضافه گردید. محلول در دور ۱۰۰۰ برابر شتاب گرانشی به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ و سپس ۲/۵ میلی لیتر از روشنآور با ۲/۵ میلی لیتر آب دیونیزه و ۰/۵ میلی لیتر کلرید ۰/۱ درصد مخلوط و پس از ۳۰ دقیقه نگهداری، جذب آن در ۷۰۰ نانومتر قرائت گردید. قدرت احیاکنندگی آهن فریک عصاره بر حسب معادل اسید اسکوربیک (mmol/g) گزارش شد [۱۴].

در آزمون جلوگیری از رنگبری بتا-کاروتن، روش اسپکتروفوتومتری مورد استفاده قرار گرفت. بطور خلاصه، جذب محلول پس از ۱۲۰ دقیقه گرمخانه گذاری (A₁₂₀) در ۴۹۰ نانومتر در برابر نمونه کنترل در زمان‌های صفر (C₀) و ۱۲۰ دقیقه (C₁₂₀) بررسی گردید. اثر بازدارندگی مطابق فرمول زیر محاسبه شد [۱۶]:

$$\text{Inhibitory effect (\%)} = \frac{[(A_{120}-C_{120})/(C_0-A_{120})] \times 100}{100}$$

در تمامی آزمون‌ها، دی بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT) بعنوان کنترل و جهت مقایسه قدرت آنتی اکسیدانی عصاره در نظر گرفته شد.

۲-۶- سمیت سلولی

روش MTT برای بررسی سمیت سلولی عصاره در برابر رده سلولی HT29 و HeLa مورد استفاده قرار گرفت. سلول‌ها در محیط DMEM با ۱۰ درصد سرم جنین گاو و پنی سیلین/استرپتومایسین و سپس گرمخانه گذاری در دمای

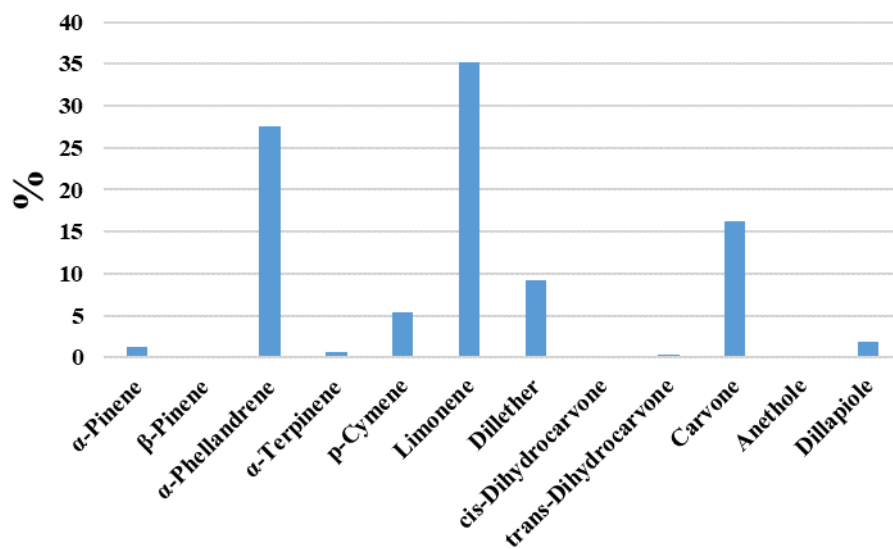


Figure 1. The chemical composition of *Anethum graveolens*. Compounds with concentrations below 0.1% are not listed in the figure.

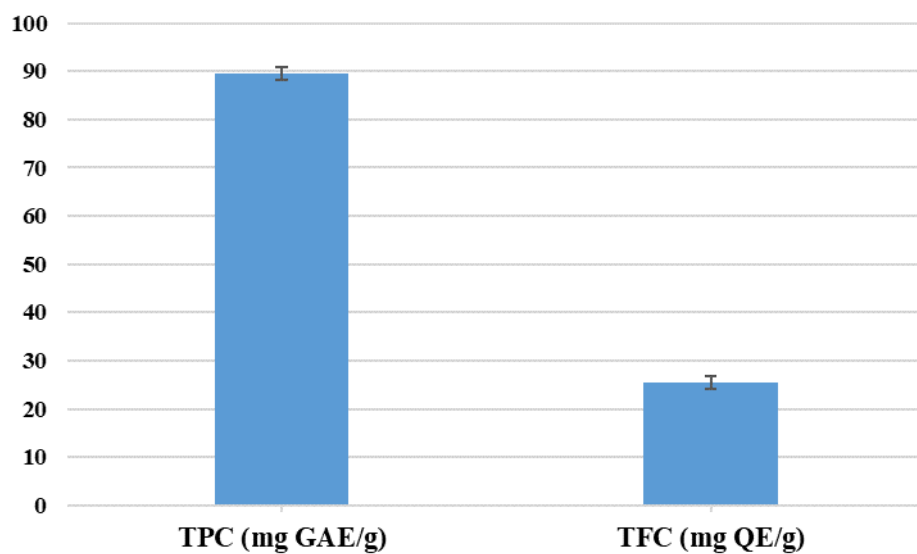


Figure 2. Total phenol content (TPC) and total flavonoids content (TFC) of *Anethum graveolens* extract.

DPPH، مهار رادیکال ABTS، قدرت احیاکنندگی آهن

فریک و جلوگیری از رنگبری بتا-کاروتن بود. در حالیکه این مقادیر برای آنتی اکسیدان سنتزی BHT به ترتیب برابر با ۷/۸۵ میکروگرم در میلی لیتر، ۶/۹ میکروگرم در میلی لیتر، ۰/۴۱ میلی مول در گرم و ۹۰/۲۵ درصد به دست آمد. نتایج نشان می دهد که فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره آبی ضعیف تر اما قابل مقایسه با BHT می باشد.

نتایج فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره آبی شوید و آنتی اکسیدان سنتزی BHT در شکل ۳ گزارش شده است. عصاره آبی دارای فعالیت آنتی اکسیدانی ۱۶/۸۵ میکروگرم در میلی لیتر، ۱۳/۵۳ میکروگرم در میلی لیتر، ۷/۸۵ میلی مول در گرم و ۷۶/۹۵ درصد به ترتیب بر اساس روش های مهار رادیکال

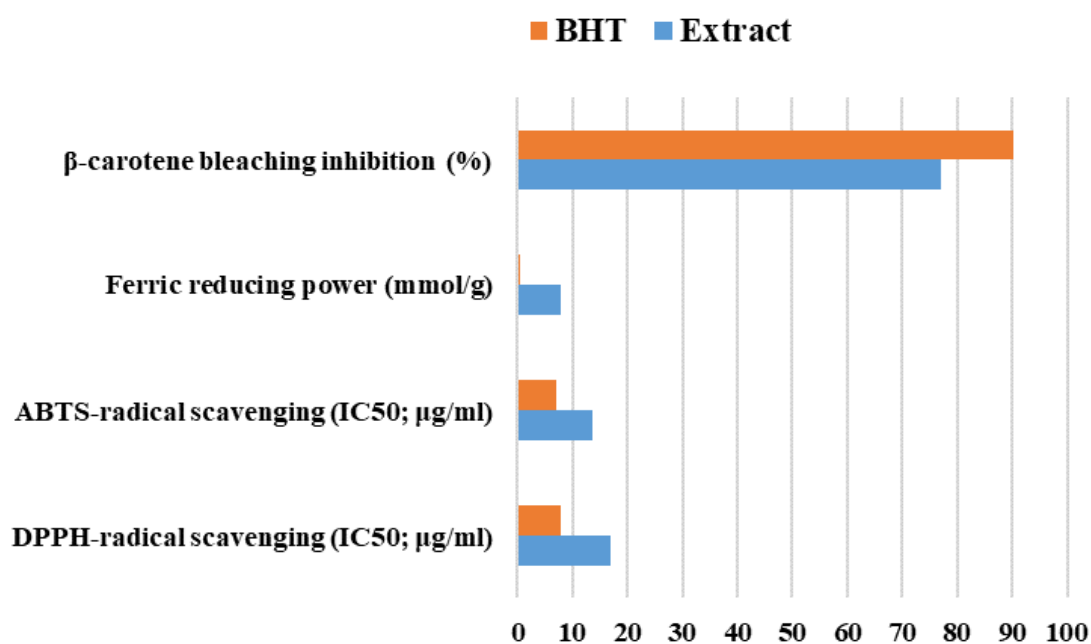


Figure 3. Antioxidant activity of *Anethum graveolens* extract.

عصاره به ۱۶/۲ درصد در حضور ۲۰۰ میلی گرم در میلی لیتر عصاره کاهش یافت. این مقادیر برای رده سلولی HeLa به ترتیب برابر با ۹۶/۸۵ و ۱۴/۷۵ درصد بود. علاوه بر این، مقادیر IC₅₀ برای رده سلولی HT29 و HeLa به ترتیب ۸۴/۵۹ و ۷۴/۹۵ میلی گرم در میلی لیتر محاسبه گردید.

نتایج فعالیت سمیت سلولی عصاره آبی شوید در برابر سلول‌های رده سرطانی HT29 و HeLa در شکل ۴ ارائه شده‌اند. افزایش غلظت عصاره سبب کاهش قابل توجه زنده‌مانی سلول‌های سرطانی گردید. بطوریکه درصد زنده‌مانی سلول‌های HT29 از ۹۹/۷۷ درصد در غیاب

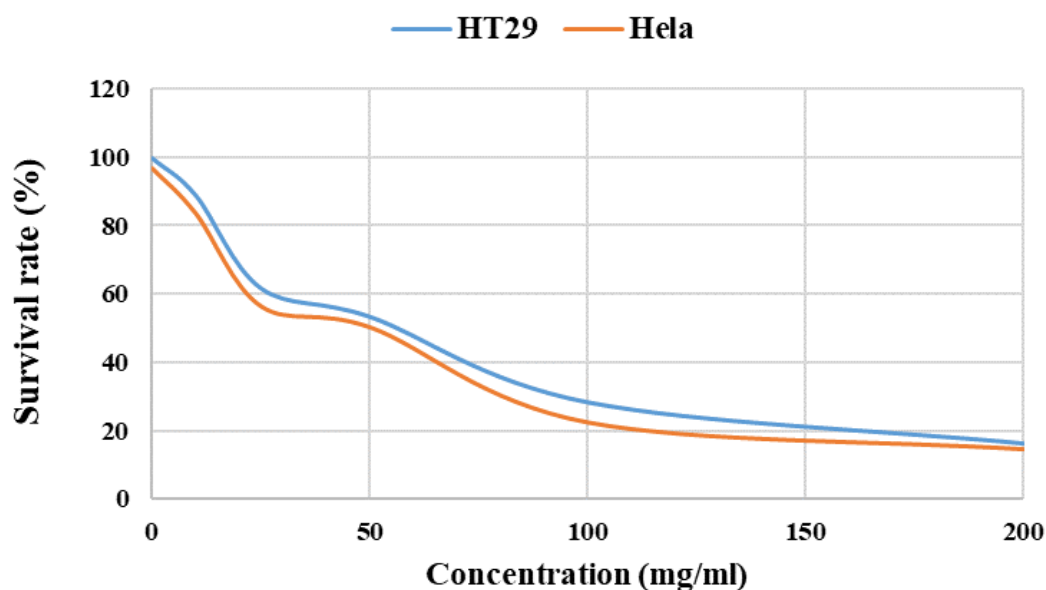


Figure 4. Cytotoxicity of *Anethum graveolens* extract against HT29 and HeLa cell lines.

سیس-دی هیدروکاروون (۳ درصد) تشکیل شده است، سبب مهار ۷۹/۶۲ درصد از رادیکال‌های DPPH در غلظت ۲۹ میلی گرم در میلی لیتر به مدت ۶۰ دقیقه گردید [۲۲]. با ساوگودا و همکاران [۲۳]، فعالیت‌های آنتی اکسیدانی قوی عصاره متانولی دانه‌های شوید از هند را گزارش نمودند. آنها از طریق سه روش مهار رادیکال DPPH، هیدروکسیل و اکسید نیتریک، مقادیر IC₅₀ را به ترتیب ۱۹، ۲۸ و ۳۶ میکروگرم بر میلی لیتر نشان دادند [۲۳]. علاوه بر این، العقایل و همکاران [۲۴]، با استفاده از روش‌های مهار رادیکال DPPH و پراکسید هیدروژن نشان داده‌اند که عصاره متانولی دانه‌های شوید دارای ظرفیت آنتی اکسیدانی قابل توجهی با مقادیر IC₅₀ به ترتیب ۲۲۵ و ۱۲۶/۳ میکروگرم بر میلی لیتر است. این محققین نشان دادند که عصاره شوید پتانسیل ضد سرطانی/سیتوتوکسیک وابسته به دوز را در برابر رده‌های سلولی MCF-7، A-549 و HeLa نشان داد و مقادیر IC₅₀ برای این رده‌های سلولی به ترتیب ۱۰۴، ۱۲۲ و ۱۵۶ میکروگرم در میلی لیتر به دست آمد [۲۴]. اثرات ضد سرطانی عصاره شوید ممکن است به دلیل وجود فیتوکمیکال‌ها در آن باشد. همچنین، رابطه بین سمیت سلولی و فعالیت‌های آنتی اکسیدانی نیز تأیید شده است [۲۵-۳۰]. در نتیجه، فعالیت‌های آنتی اکسیدانی عصاره شوید ممکن است به فعالیت‌های سمیت سلولی/ضد سرطانی آن کمک کند.

۴- نتیجه‌گیری نهایی

مطالعه حاضر نشان داد که عصاره شوید را می‌توان برای اهداف دارویی و غذایی استفاده نمود. عصاره آبی شوید اثرات آنتی اکسیدانی قابل توجهی را نشان داد که توسط مهار رادیکال DPPH، مهار رادیکال ABTS، ظرفیت احیا آهن فریک و جلوگیری از رنگبری بتا-کاروتن مشاهده شد. همان‌طور که از این تحقیق مشاهده می‌شود، عصاره شوید ممکن است به عنوان منبع خوبی از آنتی اکسیدان‌های طبیعی از طریق مکمل‌های تغذیه‌ای احتمالی استفاده شود. عصاره آبی شوید همچنین پتانسیل ضد سرطانی/سیتوتوکسیک قوی وابسته به غلظت را در برابر رده‌های سلولی HT29 و HeLa

نتایج مشابهی توسط سایر محققین در منابع علمی گزارش شده است. هادی و همکاران (۲۰۲۴)، ترکیب شیمیایی و فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس‌ها و عصاره‌های به دست آمده از دانه‌های شوید جمع آوری شده در جنوب مراکش را بررسی نمودند [۱۸]. نتایج نشان داد که اسانس استخراج شده توسط تقطیر با آب حاوی E-آنتول (۳۸/۱۳ درصد)، استراگول (۲۹/۳۲ درصد)، فنچون (۱۷/۲۱ درصد) و α -پینن (۷/۳۷ درصد) بود. عصاره اتانولی بالاترین مقادیر ترکیبات فنولی و فلاونوئیدها را به ترتیب به میزان ۳۹/۷۲ mg GAE/g و ۵۲/۶۵ mg QE/g را ثبت کرد و بعد از آن عصاره آبی با ۱۳/۷۹ mg QE/g و ۳۹/۷۲ فنول کل و ۱۳/۷۹ mg QE/g فلاونوئید کل قرار داشت. علاوه بر این، محققین نشان دادند که اسانس‌ها و عصاره‌های شوید دارای ظرفیت قوی برای مقابله با رادیکال‌های آزاد مضر، کنترل تولید گونه‌های اکسیژن فعال و کاهش اکسیداتیو هستند [۱۸]. کائور و همکاران [۱۹] از طریق روش DPPH مشخص نمودند که اسانس شوید هندی که عمدتاً از کاروون (۴۱/۱۵ درصد)، لیمونن (۲۳/۱۱ درصد)، کامفور (۹/۲۵ درصد) و دی هیدروکاروون (۳/۷۵ درصد) تشکیل شده است، فعالیت آنتی اکسیدانی پایینی (۰/۶۵ میلی گرم در میلی لیتر) را در مقایسه با اسید آسکوربیک استاندارد (۰/۰۴ میلی گرم در میلی لیتر) نشان می‌دهد. این نویسندگان این قدرت آنتی اکسیدانی را به وجود ترکیبات قطبی نسبت دادند [۱۹]. به همین ترتیب اسانلو و همکاران [۲۰] فعالیت آنتی اکسیدانی پایین اسانس شوید ایرانی را مشاهده کردند که ترکیبات اصلی آن آلفا فلاندرین (۲۶/۷۵ درصد)، پی سیمن (۲۴/۸۱ درصد)، کاروون (۱۰/۷۷ درصد)، دیلاتر (۹/۷۸ درصد) و سیس سابینول (۳/۶۱ درصد) بود [۲۰]. مطالعه‌ای که در صربستان انجام شد نشان داد که اسانس شوید، متشکل از لیمونن (۴۵/۲۴ درصد) و کاروون (۴۵/۹۰ درصد)، فعالیت ضد رادیکالی بالاتری نسبت به بادیان که عمدتاً از آنتول (۹۶/۴ درصد) تشکیل شده است، دارد [۲۱]. استانوجویچ و همکاران [۲۲] گزارش کرد که اسانس شوید از صربستان که عمدتاً از کاروون (۸۵/۹ درصد)، لیمونن (۵/۱ درصد) و

۵-تقدیر و تشکر

مقاله حاضر مستخرج از طرح پژوهشی با کد ۱۴۰۳/۳۸ می باشد، لذا از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به دلیل حمایت های مادی و معنوی صمیمانه تشکر و قدردانی میگردد.

نشان داد. با اینحال، تحقیقات بیشتری برای بررسی فعالیت های بیولوژیکی و ضد سرطانی در شرایط درون تنی برای بررسی استفاده مفید احتمالی از عصاره آبی شوید در صنایع غذایی و دارویی مورد نیاز است.

۶-منابع

- [1] Nooshkam, M. , & Varidi, M., (2024). *Chapter Twelve - Antioxidant and antibrowning properties of Maillard reaction products in food and biological systems*, in *Vitamins and Hormones*, G. Litwack, Editor. Academic Press. p. 367-399.
- [2] Shahidi, F. , & Ambigaipalan, P., (2018). *Antioxidants in oxidation control*, in *Measurement of Antioxidant Activity & Capacity*. p. 287-320.
- [3] Anik, M. I., Mahmud, N., Masud, A. A., Khan, M. I., Islam, M. N., Uddin, S. , & Hossain, M. K. (2022). Role of Reactive Oxygen Species in Aging and Age-Related Diseases: A Review. *ACS Applied Bio Materials*, 5(9), 4028-4054. DOI: 10.1021/acsabm.2c00411.
- [4] Hoang, H. T., Moon, J.-Y. , & Lee, Y.-C. (2021). Natural Antioxidants from Plant Extracts in Skincare Cosmetics: Recent Applications, Challenges and Perspectives. *Cosmetics*, 8(4). DOI: 10.3390/cosmetics8040106.
- [5] Putnik, P., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Roohinejad, S., Režek Jambrak, A., Granato, D., Montesano, D. , & Bursać Kovačević, D. (2018). Novel Food Processing and Extraction Technologies of High-Added Value Compounds from Plant Materials. *Foods*, 7(7). DOI: 10.3390/foods7070106.
- [6] Pateiro, M., Barba, F. J., Domínguez, R., Sant'Ana, A. S., Mousavi Khaneghah, A., Gavahian, M., Gómez, B. , & Lorenzo, J. M. (2018). Essential oils as natural additives to prevent oxidation reactions in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 113, 156-166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.014>.
- [7] Efenberger-Szmechtyk, M., Nowak, A. , & Czyzowska, A. (2021). Plant extracts rich in polyphenols: antibacterial agents and natural preservatives for meat and meat products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(1), 149-178. DOI: 10.1080/10408398.2020.1722060.
- [8] Zuijter, A. S., (2014). *Proanthocyanidin: Chemistry and Biology: From Phenolic Compounds to Proanthocyanidins*, in *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*. Elsevier.
- [9] Fathi, M. , & Heydari, M. (2016). Effects of Dill (*Anethum graveolens*) Aqueous Extracts on Blood & Ascetics Parameters and Growth Performance in Broiler. *Journal of Animal Production*, 18(4), 821-830. DOI: 10.22059/jap.2016.58789.
- [10] Taher, M., Ghannadi, A. , & Karmiyan, R. (2007). Effects of volatile oil extracts of *Anethum graveolens* L. and *Apium graveolens* L. seeds on activity of liver enzymes in rat. *Journal of Inflammatory Diseases*, 11(2), e155294.
- [11] Singh, G., Maurya, S., de Lampasona, M. P. , & Catalan, C. (2005). Chemical Constituents, Antimicrobial Investigations, and Antioxidative Potentials of *Anethum graveolens* L. Essential Oil and Acetone Extract: Part 52. *Journal of Food Science*, 70(4), M208-M215. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07190.x>.
- [12] Sahib, A. S., Mohammed, I. H. , & Sloo, S. A. (2014). Antigiardial effect of *Anethum graveolens* aqueous extract in children. *Journal of Intercultural Ethnopharmacology*, 3(3), 109-112. DOI: 10.5455/jice.20140523104104.
- [13] Behbahani, B. A., Shahidi, F., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A. , & Mohebbi, M. (2017). Antioxidant activity and antimicrobial effect of tarragon (*Artemisia dracunculus*) extract and chemical composition of its essential oil. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(2), 847-863. DOI: 10.1007/s11694-016-9456-3.
- [14] Jalil Sarghaleh, S., Alizadeh Behbahani, B., Hojjati, M., Vasiee, A. , & Noshad, M. (2023). Evaluation of the constituent compounds, antioxidant, anticancer, and antimicrobial potential of *Prangos ferulacea* plant extract and its effect on *Listeria monocytogenes* virulence gene expression. *Frontiers in Microbiology*, 14.

DOI:

<https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1202228>.

- [15] Rahmati-Joneidabad, M., Alizadeh Behbahani, B., & Noshad, M. (2024). Determination of antioxidant activity, and antifungal effect of *Ferula persica* L hydroalcoholic extract on some fungal strains causing strawberry and grape fruits rot "in vitro". *Research in Plant Metabolites*, 2(1), 5-17. DOI: 10.22034/jrpsm.2024.165984.
- [16] Dapkevicius, A., Venskutonis, R., van Beek, T. A., & Linssen, J. P. H. (1998). Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77(1), 140-146. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199805\)77:1<140::AID-JSFA18>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199805)77:1<140::AID-JSFA18>3.0.CO;2-K).
- [17] Saffari Samani, E., Jooyandeh, H., & Alizadeh Behbahani, B. (2022). Investigation on the chemical composition, bioactive functional groups, antioxidant potential and cell toxicity (HT29) of Shirazi thyme essential oil: A study in laboratory scale. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 18(2), 203-217. DOI: 10.22067/ifstrj.2020.40161.0.
- [18] Hadi, N., Dríoiche, A., Bouchra, E. M., Baammi, S., Abdelaziz Shahat, A., Tagnaout, I., Radi, M., Remok, F., Bouzoubaa, A., & Zair, T. (2024). Phytochemical Analysis and Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Properties of Essential Oils and Seed Extracts of *Anethum graveolens* from Southern Morocco: In Vitro and In Silico Approach for a Natural Alternative to Synthetic Preservatives. *Pharmaceuticals*, 17(7). DOI: 10.3390/ph17070862.
- [19] Kaur, N., Chahal, K. K., Kumar, A., Singh, R., & Bhardwaj, U. (2019). Antioxidant activity of *Anethum graveolens* L. essential oil constituents and their chemical analogues. *Journal of Food Biochemistry*, 43(4), e12782. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfbc.12782>.
- [20] Osanloo, M., Ali, G., & Ali, T. (2021). Antioxidant and Anticancer Activities of *Anethum graveolens* L., *Citrus limon* (L.) Osbeck and *Zingiber officinale* Roscoe Essential Oils. *Traditional and Integrative Medicine*, 6(4). DOI: 10.18502/tim.v6i4.8266.
- [21] Gladikostić, N., Ikonić, B., Teslić, N., Zeković, Z., Božović, D., Putnik, P., Bursać Kovačević, D., & Pavlić, B. (2023). Essential Oils from Apiaceae, Asteraceae, Cupressaceae and Lamiaceae Families Grown in Serbia:

Comparative Chemical Profiling with In Vitro Antioxidant Activity. *Plants*, 12(4). DOI: 10.3390/plants12040745.

- [22] Stanojević, L. P., Radulović, N. S., Djokić, T. M., Stanković, B. M., Ilić, D. P., Cakić, M. D., & Nikolić, V. D. (2015). The yield, composition and hydrodistillation kinetics of the essential oil of dill seeds (*Anethi fructus*) obtained by different hydrodistillation techniques. *Industrial Crops and Products*, 65, 429-436. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.10.067>.
- [23] Basavegowda, J., Raveesha, K. A. R., & Amruthesh, K. N. (2022). Bioactivity and Phytochemical Studies of Seed Extracts of *Anethum graveolens* Linn. *Letters in Applied NanoBioScience*, 11(2), 3560-3572. DOI: <https://doi.org/10.33263/LIANBS112.35603572>.
- [24] Al-Oqail, M. M., & Farshori, N. N. (2021). Antioxidant and Anticancer Efficacies of *Anethum graveolens* against Human Breast Carcinoma Cells through Oxidative Stress and Caspase Dependency. *BioMed Research International*, 2021(1), 5535570. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/5535570>.
- [25] Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M., Namazi, P., & Vasiee, A. (2024). Exploring the probiotic potential of *Lactiplantibacillus pentosus* SM1: Resistance, anti-microbial activity, anti-biofilm, cytotoxic activity, and safety properties. *LWT*, 210, 116850. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116850>.
- [26] Abdul-Sahib AM, Golbashy M, Abbass JA. Effect of date palm wastes, perlite, and magnesium on growth and flowering in gerbera plants (*Gerbera jamesonii* L.). *Int J Horti Sci Technol*. 2023;10(3):375–386. doi:10.22059/ijhst.2022.340752.552
- [27] Rezapour K, Mousavizadegan M, Mortazavi SMR, Golbashy M, Hosseini M. Enhanced antibacterial effect of kanamycin-stabilized nanoclusters. *ChemistrySelect*. 2024; 9(48):e202403849. doi:10.1002/slct.202403849
- [28] Shalileh F, Shamani N, Golbashy M, Dadmehr M, Hosseini M. Synergistic applications of quantum dots and magnetic nanomaterials in pathogen detection: A comprehensive review. *Nanotechnology*. 2024;36(5). doi:10.1088/1361-6528/ad8751
- [29] Moghadam RN, Majdizadeh M, Golbashy M, Haghirsadat F, Hemati M. Laboratory study: Synthesis and optimization of nano niosomes containing *Bunium persicum* essential oil and investigating its toxicity on *Trichomonas*

vaginalis parasite and HFF cell line. Heliyon. 2024;10(16):e35967.

doi:10.1016/j.heliyon.2024.e35967

[30] Al-Zuwaini SJ, Aljibouri LF, Al-Marzoqi AH, Golbashy M, Ibraheam IA, Alsaffar MF, Ahmed AT, Tolaifeh ZA, Muslim ZA, Otaiwi MS, ALcharraakh I. Microbial Etiology, Immunological Evaluation, and Drug-Resistance Spectrum Profile of Bloodstream Infections Among Cancer Patients. Medical Journal of Babylon 21(Suppl 1):p S64-S69, June 2024. | DOI: 10.4103/mjbl.mjbl_219_23



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Identification of chemical compounds, antioxidant potential, total phenols and flavonoids, and the cytotoxic effect of dill on HT29 and HeLa cell lines

Mohammad Golbashy^{1*}, Behrooz Alizadeh Behbahani²

1-Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

2 -Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2025/1/15 Accepted: 2025/2/23 Keywords: Dill; Gas chromatography–mass spectrometry; Antioxidant; Polyphenol; Flavonoid; Oxidative damage. DOI: 10.22034/FSCT.22.163.231. *Corresponding Author E- Mgolbashy@asnrukh.ac.ir	Dill (<i>Anethum graveolens</i>) has been widely used for medicinal and therapeutic purposes since ancient times. Plants possess a large number of effective compounds with low toxicity. In this study, the <i>in vitro</i> antioxidant and anticancer effects of dill aqueous extract against HT29 and HeLa cancer cell lines were investigated. The antioxidant effect of dill aqueous extract was evaluated by DPPH radical scavenging, ABTS radical scavenging, ferric iron reduction capacity and beta-carotene bleaching inhibition assays. The extract contained 89.6 mg GAE/g total phenols and 25.49 mg QE/g total flavonoids. As observed by antioxidant activity assay, dill aqueous extract showed potent antioxidant activities that were comparable to the synthetic antioxidant dibutyl hydroxytoluene (BHT). Dill aqueous extract also showed concentration-dependent anticancer/cytotoxic potential against HT29 and HeLa cell lines, and the IC₅₀ values for these cell lines were 84.59 and 74.95 mg/mL, respectively. Overall, the present study demonstrated that dill aqueous extract has potential for use for medical and nutritional purposes as an antioxidant and anticancer agent.



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی امکان افزایش ماندگاری دونات تخمیری با استفاده از فیلم‌های خوراکی سلولزی

مهدی قیافه داودی^۱، مهدی کریمی^۱، فریبا نقی پور^۲، علیرضا رحمانیان^۳

۱- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۲- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- شرکت صنایع غذایی رضوی، خراسان رضوی، مشهد، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۹

کلمات کلیدی:

دونات تخمیری،

میان وعده،

رومال،

جذب روغن،

ماندگاری.

بیاتی محصولات صنایع پخت به دو دسته بیاتی پوسته و مغز محصول تقسیم می شود که معمولاً در اثر انتقال رطوبت از مغز به پوسته صورت می گیرد. استفاده از رومال ها در محصولاتی نظیر دونات تخمیری به دلیل ایجاد یک فیلم پوششی بر روی محصول از بیاتی پوسته جلوگیری می نماید. از این رو هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر استفاده از رومال تهیه شده با دو هیدروکلوئید کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در سطوح صفر، ۰/۳ و ۰/۵ بر خصوصیات نمونه های دونات تخمیری بود. نتایج نشان داد که نمونه حاوی ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از بیشترین و نمونه شاهد از کمترین میزان رطوبت برخوردار بود. ذکر این نکته ضروری است که رطوبت تمامی نمونه های دونات تولیدی در محدوده مجاز استاندارد ملی ایران قرار داشتند. از سوی دیگر کمترین و بیشترین میزان روغن به ترتیب در دو نمونه رومال شده با ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و نمونه شاهد گزارش گردید. با بررسی خصوصیات تکنولوژیکی مشاهده شد که استفاده از رومال ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز سبب افزایش میزان حجم مخصوص، تخلخل و روشنایی پوسته (مؤلفه L^*) و کاهش میزان قرمزی (مؤلفه a^*) و زردی (مؤلفه b^*) پوسته دونات و همچنین عدد پراکسید در مقایسه با نمونه فاقد رومال شد. ارزیابی بافت و خصوصیات حسی طی مدت زمان نگهداری گویای بیشترین میزان نرمی و مقبولیت حسی نزد مصرف کننده در تیمار رومال شده با هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به میزان ۰/۵ درصد بود. بنابراین استفاده از رومال تهیه شده از مشتقات سلولز به عنوان یکی از ترکیبات ایمن و در دسترس در افزایش ماندگاری و بهبود خصوصیات تکنولوژیکی این میان وعده پرمصرف توصیه می گردد.

DOI:10.22034/FSCT.22.163.242.

* مسئول مکاتبات:

Mehdidavoodi@yahoo.com

۱-مقدمه

بیاتی و از دست دادن رطوبت محصولات صنایع پخت در قفسه‌های فروشگاه‌ها فرآیندی است که سبب ضرر و زیان بالای تولیدکنندگان می‌گردد. همین امر سبب گردیده است تا محققان به دنبال یافتن راهکارهای عملی در جهت کاهش سرعت بیاتی و به دنبال آن کاهش ضایعات در این دسته از محصولات باشند. طبق بررسی‌های صورت گرفته از واحدهای تولیدی دونات در خراسان رضوی (نان رضوی) کل دونات تولیدی تنها در دو شهر مشهد و تهران طی شش ماه ابتدای سال ۱۴۰۲، بالغ بر ۳۰ میلیون عدد می‌باشد که از این میزان در حدود ۲۰ درصد آن ضایعات و محصول برگشتی است. شایان ذکر است که علت اصلی این برگشت کالا، از دست رفتن نرمی بافت و بیاتی محصول نهایی گزارش شده است. بنابراین همانگونه که در بالا اشاره گردید، ضروری است که مطالعات بیشتری در زمینه فرمولاسیون و بسته‌بندی این محصول صورت گیرد.

دونات دارای دو بخش سرخ شده و بخش داخلی است. بخش سرخ شده در سطح است که مستقیماً در تماس با روغن قرار می‌گیرد. این قسمت بیشتر این دفع رطوبت و بیشترین جذب روغن را دارد و در حالت ایده‌آل رنگ قهوه ای طلایی و بافت ترد دارد. بخش داخلی مشابه کیک است و اگر در طول سرخ کردن حرارت کافی دریافت نکند ژلاتیناسیون نشاسته به تعویق می‌افتد. رطوبت این قسمت بالاتر از سطح است که باعث می‌شود در طول ذخیره‌سازی، رطوبت به بخش سرخ شده مهاجرت کنند و تردی سطح را از بین ببرد [۱].

در صنعت تولید محصولات صنایع پخت از رومال و پوشش به منظور بهبود خواصیات کمی و کیفی بر روی سطح برخی از محصولات استفاده می‌گردد. در واقع استفاده از رومال به‌عنوان یک نوع پوشش‌دهنده برای افزایش

ماندگاری، طعم و پذیرش کلی محصولات امری رایج می‌باشد. رومال‌ها به‌طور اختصاصی برای پوشش سطوح محصولات نانویی و فراهم کردن ظاهری شفاف در محصول استفاده می‌شود و به‌عنوان مانعی در برابر تبخیر رطوبت از سطح محصولات نانویی با رطوبت نسبتاً بالا می‌باشد. رومال‌ها به‌طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند یک دسته قبل از پخت و دسته دیگر بعد از پخت که بر روی سطح محصولات نانویی استفاده می‌شوند. رومال‌هایی که قبل از پخت استفاده می‌شوند معمولاً از تخم‌مرغ و آب تشکیل می‌شوند و امکان دارد که قندهای مختلف، صمغ‌ها و نشاسته‌ها نیز در آن استفاده شوند. این رومال‌ها در پی ایجاد خواصی مانند شفافیت، براقیت و تشکیل فیلم نازک بر سطح محصولات نانویی استفاده می‌شوند و همچنین سهمی در ایجاد رنگ قهوه‌ای بر سطح محصولات نانویی دارند. در همین راستا چن و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تأثیر استفاده از رومال در فرآیند بیاتی پوسته و مغز نان طی مدت زمان نگهداری پرداختند و مشاهده نمودند که استفاده از نشاسته ذرت، سفیده تخم‌مرغ و شیر پس چرخ سبب کاهش سفتی مغز نان گردید و رطوبت مغز محصول طی مدت زمان نگهداری شش روز، حدود ۱ درصد کاهش یافت [۲]. در پژوهش حاضر از دو صمغ کربوکسی متیل سلولز (CMC^۱) و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC^۲) به‌عنوان رومال استفاده شد. در واقع این ترکیبات سلولز اصلاح شده می‌باشند. کربوکسی متیل سلولز پلی ساکارید از نوع خطی، بلند زنجیره، محلول در آب و مهم‌ترین صمغ طبیعی بهبود یافته به روش شیمیایی می‌باشد.

هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از واکنش سلولز قلیایی با مخلوط متیل کلراید و پروپیلن اکساید به دست می‌آید و یکی از ترکیبات است که به علت ساختار خطی آن ظرفیت

2-Hydroxypropyl Methyl Cellulose (HPMC)

1-Carboxymethyl Cellulose (CMC)

سرخ کردنی (با نام تجاری بهار، تهران)، شیر خشک، نمک، شکر و تخم مرغ از یکی از فروشگاه معتبر خریداری گردید. کلیه مواد شیمیایی نیز از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تهیه دونات تخمیری و تیمارهای مورد بررسی

تهیه دونات به روش انتظاری و همکاران (۱۳۹۵) انجام شد. مواد اولیه دونات شامل ۵۵ درصد آرد گندم، ۵ درصد شکر، ۱۰ درصد تخم مرغ، ۵ درصد روغن، ۱/۵ درصد آب، ۳ درصد مخمر، ۰/۲ درصد وانیل، ۲/۸ درصد شیر خشک، ۰/۵ درصد نمک می‌باشد. پس از تهیه خمیر، قالب‌زنی با قطر بیرونی ۸ سانتی‌متر و قطر داخلی ۳ سانتی‌متر انجام شد و به ضخامت ۱۵ میلی‌متر پهن گردید. خمیر قالب خورده در داخل سینی و به مدت ۴۵ دقیقه در گرمخانه (مدل Miwe, backcombi، ساخت کشور آلمان) با رطوبت نسبی ۸۰ درصد و دمای ۴۳ درجه سلسیوس برای تکمیل دوره تخمیر قرار داده شد [۶].

در ادامه رومال تهیه شده با دو هیدروکلوئید کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در سطوح صفر، ۰/۳ و ۰/۵ بر روی نمونه‌ها به صورت برس‌زنی اعمال شد. سپس نمونه‌های خمیر دونات در سرخ‌کن (مدل DF Beem, 2008S، ساخت کشور آلمان) با دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۶ دقیقه سرخ شدند. شایان ذکر است که به منظور تثبیت و پایدار شدن دمای روغن، یک ساعت قبل از شروع سرخ کردن دستگاه سرخ‌کن روشن شد و در مخزن سرخ‌کن با دو لیتر روغن سرخ‌کردنی پر شد و در هر مرحله سرخ کردن، دو قطعه خمیر در سبد مخصوص دستگاه از جنس استیل زنگ‌نزن قرار گرفته و سرخ شدند. پس از گذشت نیمی از زمان سرخ کردن، سبد از دستگاه خارج شده و دونات‌ها برگردانده و در ادامه طرف دیگر نمونه‌ها سرخ شد. پس از این مرحله، نمونه‌ها روی کاغذ جاذب برای حذف روغن اضافی و سرد شدن (به مدت ۳۰ دقیقه در دمای حدود ۲۵ درجه سلسیوس) قرار گرفتند و در انتها درون کیسه‌های پلی اتیلنی به منظور ارزیابی

عالی برای تشکیل فیلم دارد. این پلیمر فاقد سمیت بوده، بی‌بو، بی‌مزه و ارزان بوده و ممانعت خوبی در برابر اکسیژن، دی‌اکسید کربن و لیپید ایجاد می‌کند [۳]. از سوی دیگر متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز تنها صمغ‌هایی هستند که در اثر حرارت تشکیل ژل می‌دهند و هنگامی که سرد می‌شوند، به ویسکوزیته اولیه خود باز می‌گردند. این خصوصیات باعث شده که این صمغ‌ها برای استفاده در غذاهای سرخ شده مناسب باشند، زیرا به‌عنوان سدی در برابر جذب روغن عمل می‌کنند. این ترکیبات اتلاف رطوبت محصول را کند کرده و موجب حفظ تازگی محصول طی مدت زمان نگهداری می‌شوند [۴].

در همین راستا زلفقاری و همکاران (۲۰۱۳) تغییرات کیفی دونات تحت تأثیر پوشش‌دهی با صمغ‌ها و استفاده از فرآیند تخمیر را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند شیب نمودار میزان افت رطوبت نمونه‌های دونات پوشش داده شده با صمغ متیل سلولز نسبت به نمونه‌هایی که فاقد پوشش بودند کمتر و یکنواخت‌تر می‌باشد [۵]. از این رو با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر استفاده از رومال تهیه شده از دو صمغ کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و ارزیابی خصوصیات محصول تولیدی بود و ماندگاری آن مورد ارزیابی قرار گرفت تا بهترین فرمولاسیون پوششی برای نمونه‌های دونات تخمیری معرفی گردد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد گندم (آرد ستاره) مورد استفاده در تهیه نمونه‌های دونات تخمیری با ۱۲/۰ درصد رطوبت، ۱۱/۷ درصد پروتئین، ۰/۶۴ درصد خاکستر و ۲۶/۷ درصد گلوتن مرطوب؛ از کارخانه آرد قدس رضوی (مشهد، ایران) تهیه گردید. آرد گندم مورد نیاز برای انجام آزمایشات به صورت یکجا تهیه و در سردخانه با دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری گردید. خمیرمایه نیز از شرکت خمیر مایه رضوی، صمغ‌های CMC و HPMC از شرکت پترو پارس نوین (تهران) و سایر مواد مورد نیاز در آزمایش‌ها شامل روغن

و میانگین اعداد به دست آمده برای دو پوسته به عنوان مؤلفه‌های رنگ گزارش گردید [۱۰].

۴-۲-۲-۲-آزمون ارزیابی بافت

سفتی بافت دونات در فاصله‌های زمانی دو ساعت و هفت

روز پس از تولید، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (مدل XT plus، ساخت کشور انگلستان) ارزیابی شد. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب استوانه‌ای با انتهای صاف (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه در نمونه، به‌عنوان شاخص سفتی^۴ محاسبه گردید.

۵-۲-۲-۲- اندازه گیری عدد پراکسید

جهت اندازه‌گیری عدد پراکسید روغن استخراج شده از نمونه‌های دونات تولیدی از استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷ استفاده شد [۱۱] و محاسبه عدد پراکسید روغن استخراج شده بر اساس رابطه ۱ انجام گردید:

که در این رابطه V میزان حجم هیپوسولفیت سدیم (برحسب میلی لیتر)، N نرمالیه محلول هیپوسولفیت سدیم و W وزن چربی بر حسب گرم و P عدد پراکسید بر حسب میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی است.

۶-۲-۲-۲- ارزیابی خصوصیات حسی

به منظور ارزیابی ویژگی‌های حسی مانند فرم و شکل، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت و بو، طعم و مزه که به ترتیب دارای ضریب رتبه ۴، ۲، ۳ بودند، از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱: بسیار نامطلوب، ۲: نامطلوب و ... ۵: بسیار مطلوب) استفاده شد. هریک از نمونه‌های دونات را ۱۰ داور طی سه بازه زمانی ۲ ساعت، ۳ و ۷ روز پس از پخت ارزیابی کردند. میزان پذیرش کلی نمونه‌های تولیدی با استفاده از رابطه ۲ گزارش گردید.

$$Q = \frac{\Sigma(P \times G)}{\Sigma P} \quad \text{رابطه ۲:}$$

که در آن: Q = پذیرش کلی، P = ضریب رتبه صفات و G = ضریب ارزیابی صفات است.

۳-۲-۳- طرح آماری و روش آنالیز نتایج

نتایج بدست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از یک طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. نمونه‌ها در سه تکرار تهیه شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد ($P < 0.05$) مورد مقایسه قرار گرفتند. در انتها برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی دونات

تخمیری

Table 1. The effect of edible cellulose films on physicochemical and technological properties of fermented doughnut

Glaze	Moisture (%)	Oil (%)	Specific Volume (ml/g)	Porosity (%)
Blank	20.10±0.00 ^c	23.10±0.53 ^a	3.12±0.02 ^b	18.42±0.21 ^c
0.3% CMC	20.73±0.14 ^b	22.72±0.60 ^{ab}	3.51±0.01 ^{ab}	18.92±0.09 ^{bc}
0.5% CMC	21.68±0.47 ^{ab}	22.16±0.48 ^{ab}	3.75±0.03 ^{ab}	19.66±0.10 ^b
0.3% HPMC	21.30±0.05 ^{ab}	22.03±0.48 ^{ab}	3.62±0.00 ^{ab}	19.52±0.32 ^b
0.5% HPMC	22.17±0.12 ^a	21.37±0.48 ^b	4.03±0.02 ^a	21.17±1.08 ^a

(Means with different letters in each column differ significantly in $P < 0.05$)

سلولز و هیدروکسی متیل سلولز را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن صمغ‌های مذکور رطوبت محصول افزایش می‌یابد. نتایج ایشان نشان داد به ترتیب صمغ هیدروکسی متیل سلولز نسبت به کربوکسی متیل سلولز از قابلیت بیشتری در حفظ و نگهداری رطوبت محصول برخوردار می‌باشد [۱۴]. زلفقاری و همکاران (۲۰۱۳) نیز تغییرات کیفی دونات تحت تأثیر پوشش‌دهی با صمغ‌ها و استفاده از فرآیند تخمیر را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند شیب نمودار میزان افت رطوبت نمونه‌های دونات پوشش داده شده با صمغ متیل سلولز نسبت به نمونه‌هایی که فاقد پوشش بودند کمتر و یکنواخت‌تر می‌باشد. ایشان این امر را به قابلیت ایجاد لایه محافظتی صمغ متیل سلولز در ممانعت از خروج رطوبت نسبت دادند [۵]. همچنین

رطوبت یکی از ویژگی‌های کیفی دونات است که بر بیاتی و زمان ماندگاری محصول تأثیر دارد. همان‌گونه که مشاهده گردید، افزودن رو مال حاوی کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز باعث افزایش میزان رطوبت دونات شد. در این راستا ونگ و همکاران (۲۰۲۳) بیان داشتند ترکیباتی همانند هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و متیل سلولز در طی فرآیندهای حرارتی ژلاتینه شده و یک لایه محافظتی تشکیل می‌دهند. لایه مذکور طی فرآیند سرخ کردن از خروج رطوبت محصول به بیرون و ورود روغن به داخل آن ممانعت می‌نماید [۱۳]. از طرفی سی‌ریونگ ویلاچیت و کونگ پنچتراکول (۲۰۲۱) بهبود کیفیت دونات بدون گلوتن با استفاده از سه صمغ گزانتان، کربوکسی متیل

مقصود و همکاران (۲۰۲۴) اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز روی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پن کیک بدون گلوتن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن صمغ‌های مذکور میزان رطوبت محصول افزایش یافت. ایشان علت این موضوع را به قابلیت صمغ‌های مورد استفاده در نگهداری رطوبت در محصول مرتبط دانستند و همچنین عنوان داشتند صمغ هیدروکسی متیل سلولز نسبت به کربوکسی متیل سلولز از قابلیت بیشتری در نگهداری رطوبت برخوردار می‌باشد [۱۵].

۲-۱-۳- روغن

در جدول ۱ اثر استفاده از رومال‌های تهیه شده با دو هیدروکلئید کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بر میزان روغن نمونه‌های تولیدی در مقایسه با نمونه فاقد رومال نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه حاوی ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از کمترین و نمونه شاهد از بیشترین میزان روغن برخوردار بود ($P < 0/05$). با توجه به استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۹۸۰ بیشینه میزان روغن در دونات ۲۵ درصد می‌باشد که با بررسی نتایج مشخص است که تمامی نمونه‌ها در محدوده مجاز از نظر میزان روغن قرار دارند [۱۲].

طی فرآیند سرخ کردن در اثر تبخیر رطوبت موجود از محصول خارج شده و مولکول‌های روغن جایگزین مولکول‌های آب می‌شود و به همین دلیل با کاهش رطوبت میزان روغن جذب شده افزایش می‌یابد [۱۶ و ۱۷]. از طرفی انانی‌اویری و همکاران (۲۰۱۸) در این خصوص بیان داشتند پوشش‌دهی قبل از فرآیند سرخ کردن باعث ایجاد یک لایه شده و لایه مذکور به عنوان یک مانع بین غذا و روغن سرخ‌کردنی قرار گرفته و سبب کاهش اندازه و میزان حفرات سطح غذا می‌گردد. بنابراین پوشش‌دهی از این طریق باعث کاهش حذف رطوبت و همچنین کاهش جذب روغن طی فرآیند سرخ کردن می‌شود. با توجه به نتایج بخش ارزیابی میزان رطوبت دونات، به نظر می‌رسد

هیدروکسی پروپیل متیل سلولز نسبت به کربوکسی متیل سلولز به دلیل اینکه تأثیر بیشتری در افزایش میزان رطوبت دونات داشت، از توانایی بیشتری نیز در کاهش میزان جذب روغن توسط محصول در حین فرآیند سرخ کردن برخوردار می‌باشد [۱۶]. در این راستا ونگ و همکاران (۲۰۲۳) بیان داشتند ترکیباتی همانند هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و متیل سلولز در طی فرآیندهای حرارتی ژلاتینه شده و یک لایه محافظتی تشکیل می‌دهند. لایه مذکور طی فرآیند سرخ کردن از خروج رطوبت محصول به بیرون و ورود روغن به داخل آن ممانعت می‌نماید [۱۳]. زلفقاری و همکاران (۲۰۱۳) نیز تغییرات کیفی دونات تحت تأثیر پوشش‌دهی با صمغ‌ها و استفاده از فرآیند تخمیر را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند میزان جذب روغن نمونه‌های دونات پوشش داده شده با صمغ متیل سلولز نسبت به نمونه‌هایی که فاقد پوشش بودند کمتر می‌باشد. ایشان این امر را به قابلیت ایجاد لایه محافظتی صمغ متیل سلولز در ممانعت از ورود روغن به داخل دونات نسبت دادند [۵]. همچنین صباغی (۱۴۰۰) کاربرد ترکیبات هیدروکلئیدی (زانتان و کربوکسی متیل سلولز) در فرمولاسیون دونات با هدف کاهش جذب روغن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشت با افزایش میزان صمغ‌های مذکور در فرمولاسیون دونات روغن جذب شده توسط محصول کاهش یافت. ایشان این امر را به کاهش میزان افت رطوبت محصول مرتبط دانست [۱۸].

۲-۱-۳- حجم مخصوص و تخلخل

در جدول ۱ تأثیر بکارگیری رومال‌های تهیه شده با دو هیدروکلئید کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بر میزان حجم مخصوص و تخلخل نمونه‌های تولیدی در مقایسه با نمونه فاقد رومال نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه حاوی ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از بیشترین و نمونه شاهد از کمترین میزان حجم مخصوص و تخلخل برخوردار بود ($P < 0/05$).

افزایش حجم در محصولات صنایع پخت تحت تأثیر چند عامل می‌باشد. میزان حباب‌های هوای موجود در خمیر (چه

همکاران (۱۳۹۶) تأثیر صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بر خواص کیفی نان باگت بدون گلوتن بر پایه مخلوط مساوی آرد ذرت و آرد سیبزمینی را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزایش میزان صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در فرمولاسیون محصول میزان حجم مخصوص محصول افزایش یافت. ایشان دلیل افزایش حجم را به خاصیت هیدروفیلی صمغ مصرفی مرتبط دانسته که این امر در بهبود گسترش خمیر و نگهداری گاز دی‌اکسید کربن مؤثر بوده است [۲۲].

میزان تخلخل در بافت نیز در ارتباط مستقیم با تعداد سلول‌های گازی و مهم‌تر از آن توزیع یکنواخت آن‌ها در بافت محصول می‌باشد [۲۳]. با عنایت به بررسی بخش ارزیابی بافت و حجم مخصوص دونات قابل انتظار بود که تخلخل محصول با افزودن ترکیبات فوق‌الاشاره تغییری معنی‌دار پیدا می‌کند، چرا که میزان تخلخل محصول در ارتباط با بافت [۲۴ و ۲۵] و حجم مخصوص آن می‌باشد. از طرفی گازموری و بوچون (۲۰۰۹) بیان داشتند اثر بخشی فرآیند پوشش‌دهی با ویژگی‌های ساختاری پوشش‌ها و کاهش تخلخل پوسته محصول طی زمان سرخ کردن توصیف می‌گردد [۲۶]. در این راستا مقصود و همکاران (۲۰۲۴) نیز اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز روی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پن‌کیک بدون گلوتن را مورد بررسی قرار داده و نتایج ایشان نشان داد با افزایش میزان صمغ‌های مذکور میزان تخلخل محصول افزایش می‌یابد [۱۵]. همچنین صباغی (۱۴۰۰) کاربرد ترکیبات هیدروکلوئیدی (گزانتان و کربوکسی متیل سلولز) در فرمولاسیون دونات با هدف کاهش جذب روغن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشت با افزودن صمغ کربوکسی متیل سلولز از تخلخل محصول افزایش یافت [۱۸].

۳-۱-۳- رنگ پوسته

همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود نمونه حاوی ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از بیشترین و نمونه

به صورت فیزیکی و چه به صورت شیمیایی و یا بیولوژیکی)، انبساط این سلول‌های هوا در طی فرآیند پخت و یا تبخیر آب موجود در خمیر در اثر افزایش دما از این عوامل محسوب می‌گردد [۱۹]. در فرمولاسیون دونات، روغن یکی از عوامل نگهدارنده حباب‌های هوای ورودی به خمیر در طی فرآیند بهم زدن می‌باشد. در واقع روغن با ایجاد یک لایه محافظتی در اطراف حباب‌های هوای ورودی در حفظ آن‌ها در خمیر و حتی ممانعت از پاره شدن بر اثر انبساط در حین فرآیند پخت مؤثر است [۲۰]. همانگونه که نتایج نشان داد، افزودن هیدروکسی پروپیل متیل سلولز نسبت به کربوکسی متیل سلولز تأثیر بیشتری در افزایش میزان حجم مخصوص دونات داشت. به نظر می‌رسد با استفاده از رومال حاوی صمغ‌های مذکور پوسته محصول به دلیل داشتن رطوبت بالاتر، قابلیت ارتجاعی بیشتری پیدا می‌کند. این امر طی فرآیند سرخ کردن اجازه انبساط بیشتر به حباب‌های هوا داده و در نتیجه حجم محصول افزایش می‌یابد. در این خصوص کورک و همکاران (۲۰۲۱) بیان داشتند پوشش‌دهی محصولات در طی سرخ کردن عمیق باعث اصلاح شدن تخلخل و جذب آب سطح محصول شده و میزان نفوذ روغن به داخل محصول را کاهش می‌دهد [۲۱]. در همین راستا مقصود و همکاران (۲۰۲۴) نیز اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز روی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پن‌کیک بدون گلوتن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزایش میزان صمغ‌های مذکور میزان حجم مخصوص محصول افزایش یافت [۱۵]. از طرفی سیریونگ ویلاپت و کونگ پنچتراکول (۲۰۲۱) بهبود کیفیت دونات بدون گلوتن با استفاده از سه صمغ گزانتان، کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی متیل سلولز را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن صمغ‌های مذکور حجم مخصوص محصول افزایش می‌یابد. نتایج ایشان نشان داد به ترتیب صمغ هیدروکسی متیل سلولز نسبت به کربوکسی متیل سلولز از قابلیت بیشتری در حفظ و نگهداری گاز در محصول برخوردار می‌باشد [۱۴]. از سوی دیگر موحد و

شاهد از کمترین میزان مؤلفه روشنائی پوسته (L^*) برخوردار بود ($P < 0.05$).

Table 2. The effect of edible cellulose films on crust color values of fermented doughnut

Glaze treatments	Crust color values (-)		
	L^*	a^*	b^*
Blank	44.73±1.33 ^d	15.02±0.07 ^a	21.44±0.07 ^a
0.3% CMC	46.00±1.72 ^c	13.91±0.04 ^{ab}	20.51±0.11 ^{ab}
0.5% CMC	49.06±2.05 ^b	12.23±0.11 ^{bc}	18.32±0.06 ^{bc}
0.3% HPMC	48.23±1.02 ^b	13.10±0.14 ^b	18.90±0.21 ^b
0.5% HPMC	53.16±0.36 ^a	11.42±0.22 ^c	16.63±0.14 ^c

(Means with different letters in each column differ significantly in $P < 0.05$)

دا شتند با افزودن ۱ در صد صمغ هیدروکسی متیل سلولز بیشترین میزان مؤلفه L^* به دست آمد [۱۵]. همچنین ناطقی و رضایی (۱۴۰۰) نیز تأثیر صمغ گزانتان و کربوکسی متیل سلولز روی خواص فیزیکوشیمیایی و حسی نان باگت را مورد بررسی قرار داده و بیان دا شتند نمونه حاوی ۰/۷۵ در صد صمغ کربوکسی متیل سلولز و ۰/۷۵ در صد صمغ گزانتان دارای بیشترین میزان مؤلفه L^* بود. ایشان در این خصوص اظهار داشتند این دسته از افزودنی‌ها با حفظ رطوبت و ممانعت از خروج آب در حین فرآیند پخت سبب کاهش تغییرات سطح پوسته محصول نهایی می‌شوند که این امر می‌تواند در افزایش این مؤلفه رنگی مؤثر باشد [۲۸]. از سوی دیگر با بررسی نتایج مشاهده گردید که نمونه حاوی ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از کمترین و نمونه شاهد از بیشترین میزان مؤلفه‌های a^* (قرمزی) و b^* (زردی) برخوردار بودند ($P < 0.05$). همان‌طور که در بخش ارزیابی میزان مؤلفه L^* دونات تخمیری بیان شد به نظر می‌رسد افزودن ترکیبات مذکور با ممانعت از ورود روغن به داخل محصول باعث کاهش شدت واکنش میلارد شده و در نتیجه رنگ پوسته محصول روشن‌تر می‌گردد. همچنین در این خصوص ال‌اسمار و همکاران (۲۰۱۸) بیان داشتند فرآیند پوشش‌دهی محصولات توانایی نگهداری رطوبت را افزایش داده و به دنبال آن شدت واکنش میلارد را کاهش می‌دهند [۲۹]. در این راستا محققان بیان داشتند در غذاهای پوشش‌دهی شده و سرخ‌شده همانند خمیر کیک سرخ‌شده چینی و دونات پوشش‌دهی با متیل سلولز به دلیل کاهش شدت واکنش میلارد از میزان

در فرآیند سرخ کردن عمیق طی دماهای بالاتر از ۱۵۰ درجه سلسیوس انجام واکنش میلارد را تسهیل می‌شود [۲۷]. واکنش مذکور از یک سو باعث توسعه رنگ و طعم غذا طی فرآیند حرارتی می‌شود و از سویی دیگر یک مکانیسم ضروری در تشکیل اکریل آمید و آمین‌های هتروسیلیک می‌باشد [۱۳]. در خصوص افزایش میزان مؤلفه L^* پوسته محصول هنگام استفاده از رومال حاوی هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به نظر می‌رسد از استفاده از ترکیب مذکور باعث خروج آهسته‌تر رطوبت از سطح دونات طی فرآیند سرخ کردن شده و در نتیجه محصول دارای سطحی یکنواخت‌تر می‌باشد که این امر منجر به روشنائی سطح آن نسبت به محصول فاقد رومال گردید. همچنین این احتمال وجود دارد ترکیب مذکور با ممانعت از ورود روغن به داخل محصول باعث کاهش شدت واکنش میلارد شده و در نتیجه رنگ پوسته محصول روشن‌تر می‌گردد. ونگ و همکاران (۲۰۲۳) در این خصوص بیان داشتند به نظر می‌رسد کاربرد پوشش‌های خوراکی بر پایه سلولز یا کیتوزان روی پارامترهای رنگ محصولات هنگام سرخ کردن عمیق تأثیرگذار می‌باشند. مثلاً در خصوص کیتوزان گروه‌های آمینی این ترکیب سبب ممانعت از واکنش میلارد شده و بنابراین باعث ایجاد رنگ قهوه‌ای روشن‌تر سطح محصول می‌شوند [۱۳]. همچنین مقصود و همکاران (۲۰۲۴) اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز روی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پن کیک بدون گلوتن را مورد بررسی قرار داده و بیان

متیل سلولوز بر میزان عدد پراکسید نمونه‌های تولیدی در مقایسه با نمونه فاقد رومال نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه حاوی ۰/۵ در صد هیدروکسی پروپیل متیل سلولوز از کمترین و نمونه شاهد از بیشترین میزان عدد پراکسید برخوردار بود. باید توجه نمود که براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۹۸۰ میزان پراکسید برای روغن استخراجی از دونات حداکثر ۳ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم می‌باشد که با توجه به نتایج میزان پراکسید تمامی نمونه‌های دونات تخمیری تولیدی در محدوده مجاز استاندارد قرار دارد [۱۲].

مؤلفه a^* (قرمزی) و مؤلفه b^* کاسته می‌شود [۳۰ و ۵]. مقصود و همکاران (۲۰۲۴) نیز اثر افزودن کربوکسی متیل سلولوز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولوز روی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پن‌کیک بدون گلوتن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن صمغ‌های مذکور (در سطوح ۰/۵ در صد کربوکسی متیل سلولوز و ۱ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولوز) میزان مؤلفه‌های a^* و b^* محصول کاهش یافت [۱۵].

۴-۱-۳- عدد پراکسید

در شکل ۱ تأثیر بکارگیری رومال‌های تهیه شده با دو هیدروکلئید کربوکسی متیل سلولوز و هیدروکسی پروپیل

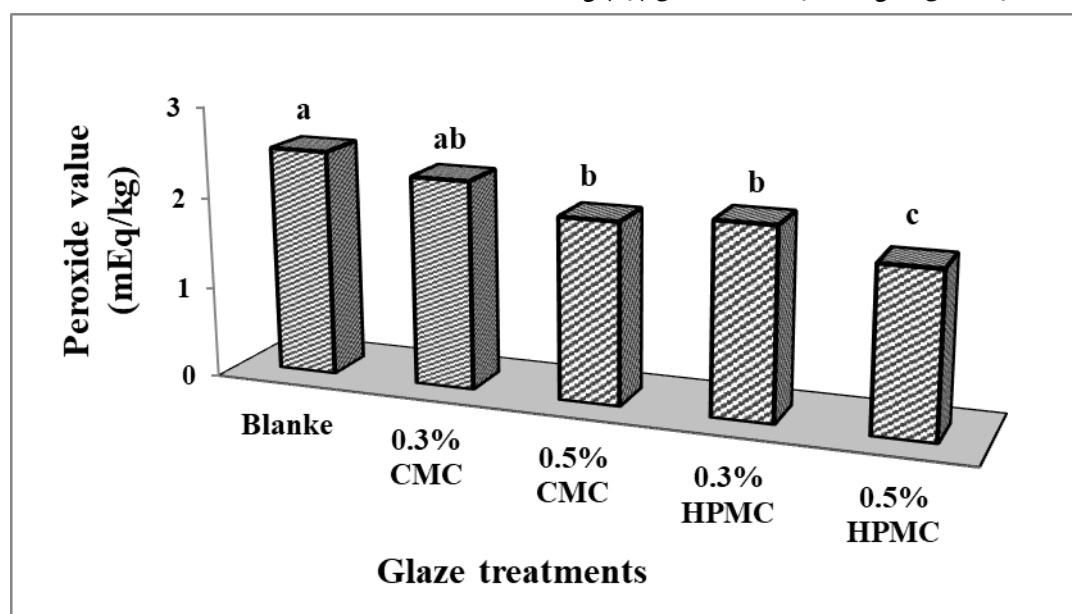


Fig 1. The effect of edible cellulose films on peroxide value of fermented doughnut (Means with different letters differ significantly in $P < 0.05$)

جذب شده باشد میزان عدد پراکسید کمتر باشد. در این راستا به نظر می‌رسد در نمونه حاوی هیدروکسی پروپیل متیل سلولوز به دلیل اینکه روغن جذب شده توسط محصول کمتر می‌باشد و از طرفی با توجه به وجود رطوبت بالاتر محصول احتمالاً دمای مغز محصول دیرتر افزایش می‌یابد که این عوامل مانع از افزایش میزان عدد پراکسید می‌شوند. در این راستا صبغی (۱۴۰۰) کاربرد گزانتان و کربوکسی متیل سلولوز در فرمولاسیون دونات با هدف کاهش جذب روغن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشت وجود درصد

اندیس پراکسید بالاتر از ۶ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم در محصول، نشان دهنده رانسید شدن محصول و غیرقابل مصرف بودن آن است [۳۱]. بنابراین پرواضح است که کنترل و کاهش این پارامتر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. از عوامل افزایش اندیس پراکسید می‌توان به حرارت، غیراشباع بودن، آلودگی ماده چرب با ماده چرب تندشده، هوا اشاره نمود. لذا با توجه به نتایج بخش‌های ارزیابی رطوبت و میزان روغن جذب‌شده در دونات این انتظار وجود داشت در هر نمونه‌ای که میزان روغن کمتری

همکاران (۲۰۲۲) نیز اثر هیدروکسی پروپیل متیل سلولز مشتق شده از میوه پالم روغنی روی میزان جذب روغن و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی سیب زمینی سرخ کرده را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند صمغ‌ها با ایجاد یک لایه ژلی مانع از انتقال آب و روغن طی فرآیند سرخ کردن می‌شوند [۳۳].

۵-۱-۳- سفتی بافت

در شکل ۲ تأثیر بکارگیری افزودن رومال تهیه شده با دو هیدروکلئید کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در سطوح صفر، ۰/۳ و ۰/۵ درصد بر میزان سفتی محصول نهایی طی دو بازه زمانی دو ساعت و هفت روز پس از پخت دونات تخمیری در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد رومال) ملاحظه می‌گردد. همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه حاوی ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از کمترین و نمونه شاهد از بیشترین میزان سفتی بافت در هر دو بازه زمانی مورد بررسی برخوردار بود ($P < 0.05$).

بالای روغن در محصول به دلیل انجام فرآیندهایی چون برگشت طعم و اکسیداسیون، موجب بد طعمی محصول و کاهش مطلوبیت برای مصرف‌کنندگان می‌شود [۱۸]. بنابراین تلاش در جهت کاستن از مقدار چربی موجود در غذاهای سرخ کردنی نسبت به سایر خواص کیفی اهمیت زیادی دارد. به طور کلی پژوهشگران بیان کردند نقش ترکیبات هیدروکلئیدی در مواد غذایی سرخ کردنی علاوه بر کاهش جذب روغن شامل حفظ شکل و پایداری محصول طی فرآیند، کاهش افت مواد جامد از سطح محصول در طی سرخ کردن و بهبود خصوصیات ارگانولپتیکی محصول می‌باشد. همچنین پارامسیوم و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر صمغ‌ها روی ساختار، بافت و ویژگی‌های چپس کم روغن موز را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن کربوکسی متیل سلولز در فرمولاسیون محصول میزان عدد پراکسید محصول کاهش یافت. این محققین در خصوص کاهش میزان عدد پراکسید با افزودن هیدروکلئیدها عنوان داشتند ترکیبات مذکور از قابلیت ممانعت‌کنندگی در برابر اکسیژن برخوردار بوده و بنابراین باعث کاهش میزان این پارامتر می‌شوند [۳۲]. نگاتیرا و

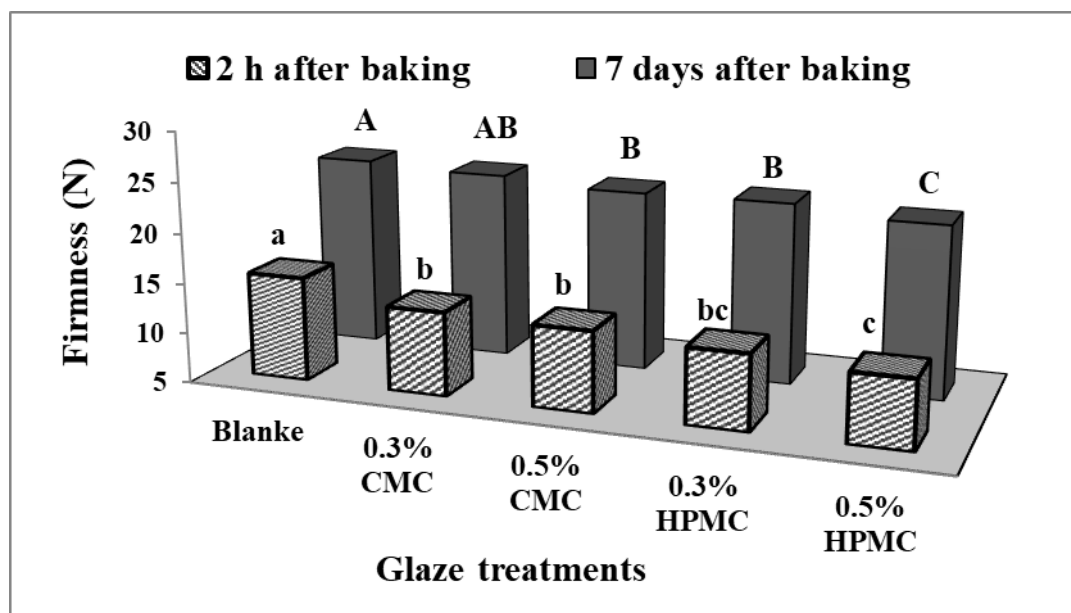


Fig 2. The effect of edible cellulose films on firmness of fermented doughnut during storage (Means with different letters differ significantly in $P < 0.05$)

وقوع پدیده بیاتی در فرآورده‌های نانوائی مانند نان و دونات تخمیری در ارتباط با میزان رطوبت و عملکرد میزان آب موجود در مغز این محصولات می‌باشد. به‌طوری که وجود رابطه عکس بین محتوای رطوبتی نان و میزان بیاتی آن به اثبات رسیده است. در واقع آب می‌تواند با ایفای نقش پلاستیسایزری در کاهش سفتی مغز محصول مؤثر باشد. افزون بر این، با توجه به این که افزایش میزان آب در دسترس نشاسته، افزایش احتمال کریستالیزاسیون آن را به همراه دارد، لذا تمایل قابل توجه ترکیبات جاذب‌الرطوبه به جذب آب و قابلیت بالای آن‌ها در نگهداری آب باعث می‌گردد که آب کمتری در دسترس نشاسته قرار گیرد و در نتیجه نشاسته کمتری متورم، ژلاتینه و در طی زمان نگهداری مجدداً کریستاله گردد که این فرآیند در نهایت کاهش سفتی و به تأخیر افتادن بیاتی محصول را به دنبال دارد [۳۴]. در تحقیق حاضر با توجه به بخش ارزیابی رطوبت دونات تخمیری، محرز بود افزودن هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بیشترین تأثیر را بر کاهش میزان سفتی بافت محصول نهایی دارد. در این راستا نان و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر پوشش‌دهی خمیر کیک با کمک متیل سلولز بر روی سفتی بافت طی فرآیند سرخ شدن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند که دلیل افزایش میزان رطوبت محصول، سفتی بافت نیز کاهش یافت [۳۰]. همچنین مقصود و همکاران (۲۰۲۴) اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز روی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پن‌کیک بدون گلوتن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند که افزودن صمغ‌های مذکور میزان سفتی بافت محصول کاهش یافت. ایشان علت این موضوع را به قابلیت صمغ‌های مورد استفاده در نگهداری رطوبت در محصول مرتبط دانستند که عنوان داشتند که دنبال سطح بالای رطوبت رتروگرا داسیون نشاسته

و بیاتی نیز به تعویق می‌افتد [۱۵]. همچنین لیو و همکاران (۲۰۱۸) بیان داشتند صمغ گزانتان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز یک نوع اثر نرم‌کنندگی در نان بخارپز بدون گلوتن دارند [۳۴]. صحرائیان و همکاران (۲۰۲۰) نیز از رومال‌های سنتی در مقایسه با رومال حاوی صمغ شاهی جهت بهبود ویژگی‌های نان بدون گلوتن استفاده کردند. نتایج این محققان حاکی از آن بود که نمونه‌های تیمار شده با رومال آب و صمغ شاهی دارای کمترین میزان بیاتی و سفتی بافت بودند [۳۵]. ناطقی و رضایی (۱۴۰۰) نیز تأثیر صمغ گزانتان و کربوکسی متیل سلولز روی خواص فیزیکوشیمیایی و حسی نان باگت را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند اثر صمغ کربوکسی متیل سلولز در کاهش میزان سفتی بافت به مراتب بیشتر از صمغ گزانتان بود. ایشان در این خصوص اظهار داشتند علت کاهش سفتی در نان، تأثیر هیدروکلوئیدها از طریق تأثیر بر ساختار نشاسته می‌باشد، بدین صورت که هیدروکلوئیدها باعث تغییر در ساختار نشاسته می‌شوند که در اثر آن پخش و نگهداری آب در نشاسته و مقاومت بافت نان کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر علت کاهش سفتی در نان حاوی هیدروکلوئیدها را تشکیل کمپلکس بین هیدروکلوئید با پروتئین گلوتن، ناشی از واکنش بین گروه‌های عملگرا موجود در ساختار هیدروکلوئیدها با گروه آمینی موجود در ساختار گلوتن دانستند که به واسطه کمپلکس تشکیل شده، قوام و پایداری خمیر افزایش می‌یابد [۲۸].

۳-۱-۶- خصوصیات حسی

همانگونه که نتایج نشان می‌دهد (شکل ۳) نمونه حاوی رومال ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از بیشترین و نمونه شاهد از کمترین میزان امتیاز پذیرش کلی در هر سه بازه زمانی یک، سه و هفت روز پس از تولید برخوردار بود ($P < 0/05$).

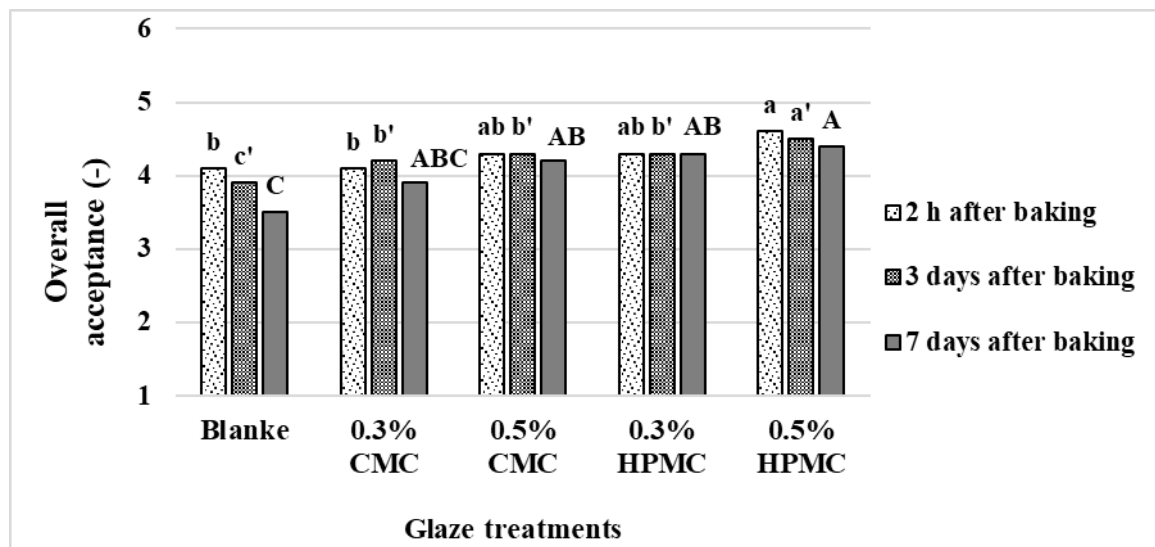


Fig 3. The effect of edible cellulose films on overall acceptance of fermented doughnut during storage (Means with different letters differ significantly in $P < 0.05$)

از طرفی سیریونگ ویلاچت و کونگ پنیچتراکول (۲۰۲۱) بهبود کیفیت دونات بدون گلوتن با استفاده از سه صمغ گزانتان، کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی متیل سلولز را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن صمغ‌های مذکور میزان امتیاز پذیرش کلی محصول افزایش یافت [۱۴]. همچنین صحرائیان و همکاران (۲۰۲۰) نیز از رومال‌های سنتی در مقایسه با رومال حاوی صمغ شاهی جهت بهبود ویژگی‌های نان بدون گلوتن استفاده کردند. نتایج این محققان حاکی از آن بود که نمونه‌های تیمار شده با رومال صمغ شاهی دارای بیشترین میزان امتیاز پذیرش کلی بودند [۳۵].

۴- نتیجه‌گیری

استفاده از رومال‌ها در محصولات صنایع آردی و تخمیری یکی از آسان‌ترین روش‌ها در افزایش ماندگاری و کاهش میزان جذب روغن در محصولات سرخ شده نظیر دونات تخمیری می‌باشد. در پژوهش حاضر با بررسی تأثیر استفاده از رومال تهیه شده با دو هیدروکلوئید کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در سطوح صفر، ۰/۳ و ۰/۵ مشخص گردید استفاده از رومال ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز سبب افزایش میزان رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، رو شنایی پو سته (مؤلفه L^*) و

به طور کلی پژوهشگران بیان کردند نقش ترکیبات هیدروکلوئیدی در مواد غذایی سرخ کردنی علاوه بر کاهش جذب روغن شامل حفظ شکل و پایداری محصول طی فرآیند، کاهش افت مواد جامد از سطح محصول در طی سرخ کردن و بهبود خصوصیات ارگانولپتیکی محصول می‌باشد. حفظ مواد فراری که برای عطر و طعم ماده غذایی مناسب می‌باشند و هم چنین بهبود ویژگی ساختاری پس از فرآیند و جلوگیری از شکنندگی و آسیب‌های فیزیکی در زمان نگهداری و حمل و نقل ماده غذایی از دیگر اهداف استفاده از این ترکیبات می‌باشد [۱۸]. همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه حاوی رومال ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از بیشترین و نمونه شاهد از کمترین امتیاز پذیرش کلی در هر سه بازه زمانی یک، سه و هفت روز پس از تولید برخوردار بود ($P < 0.05$)، که البته با توجه بررسی سایر پارامترهای حسی مورد ارزیابی این امر مورد انتظار بود. در همین راستا مقصود و همکاران (۲۰۲۴) اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز روی خواص فیزیکو شیمیایی، بافتی و حسی پن‌کیک بدون گلوتن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزایش میزان هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و کربوکسی متیل سلولز میزان امتیاز پذیرش کلی محصول افزایش یافت [۱۵].

بنابراین با یک راهکار ساده می‌توان سرعت بیاتی را در این محصول کاهش داد و از ضایعات آن جلوگیری نمود.

مقبولیت حسی و کاهش میزان جذب روغن، قرمزی (مؤلفه a*) و زردی (مؤلفه b*) پوسته دونات، سفتی بافت و همچنین عدد پراکسید در مقایسه با نمونه فاقد رومال شد.

۵-منابع

- [1] Salim, R., and Aliistair, P. 2007. Influence of partial substitution of wheat flour with vetch flour on quality characteristics of doughnuts. *LWT- Food Science and Technology*, 40: 73-82.
- [2] Chin, N.L., Abdullah, R., and Yusof, Y.A. 2011. Glazing effects on bread crust and crumb staling during storage. *Journal of Texture Studies*, 42: 459-467.
- [3] Akhtar, M.J., Jacquot, M., Jamshidian, M., Imran, M., Arab -Tehrany, E. and Desobry, S. 2013. Fabrication and physicochemical characterization of HPMC films with commercial plant extract: Influence of light and film composition. *Food Hydrocolloids*, 31: 420 - 427.
- [4] Avaz Khajeh, H., and Jorjani, S. 2016. Effect of adding hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) in breaded shrimp on oil uptake and sensory characteristics during deep oil frying. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 9(4): 75 -82 [in Persian].
- [5] Zolfaghari, Z.S., Mohebbi, M., and Haddad Khodaparast, M.H. 2013. Quality changes of donuts as influenced by leavening agent and hydrocolloid coatings. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(1): 34-45.
- [5] Entezari, B., Karzhan, H., and Sharifi, A. 2016. Studying the effect of Chobak extract on antioxidant properties and shelf life of doughnut. *Journal of Innovation and Technology in Food Science and Industry*, 1(9): 27-40 [in Persian].
- [7] Dehghan Tanha, L., Karimi, M. and Salehifar, M. 2013. The effect of emulsions and lipase on the qualitative properties of frozen doughnut. *Journal of Innovation and Technology in Food Science and Technology*, 5(3): 105-115 [in Persian].
- [8] AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- [9] Haralick, R.M., Shanmugam, K., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45(6): 1995-2005.
- [10] Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.
- [11] Anonymous. 2019. Biscuit- Specifications and test methods. Iranian National Standardization Organization, No 37 [in Persian].
- [12] Anonymous. 2013. Doughnut-Specifications and test methods. Iranian National Standardization Organization, No 16980 [in Persian].
- [13] Wang, Z., Ng, K., Warner, R.H., Stockmann, R., and Fang, Z. 2023. Application of cellulose- and chitosan-based edible coatings for quality and safety of deep-fried foods. *Food Science and Food Safety*, 22:1418-1437.
- [14] Siri Wongwilaichat, P., and Kongpanichtrakul, C. 2021. Quality improvement of gluten-free doughnut by using hydrocolloids, *Science, Engineering and Health Studies*, 15, 21030005.
- [15] Maghsoud, M., Heshmati, A., Taheri, M., Ema mifar, A., and Esfarjani, F. 2024. The influence of carboxymethyl cellulose and hydroxypropyl methylcellulose on physicochemical, texture, and sensory characteristics of gluten-free pancake. *Food Science and Nutrition*, 12: 1304-1317.
- [16] Ananey-Obiri, D., Matthews, L., Azahrani, M.H., Ibrahim, S.A., Galanakis, C.M., and Tahergorabi, R. 2018. Application of protein based edible coatings for fat uptake reduction in deep-fat fried foods with an emphasis on muscle food proteins. *Trends in Food Science and Technology*, 80: 167-174.
- [17] Liberty, J.T., Dehghannya, J., and Ngadi, M.O. 2019. Effective strategies for reduction of oil content in deep-fat fried foods: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 92: 172-183.
- [18] Sabbaghi, H. 2021. Application of hydrocolloid compounds (xanthan and carboxymethylcellulose) in doughnut formulation for reducing oil uptake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 17(5): 919-939 [in Persian].

- [19] Sahraian, B., Naghipour, F., Karimi, M., and Ghiafe Davoodi, M. 2013. Evaluation of *Lepidium sativum* seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice-wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 30: 698-703.
- [20] Ribotta, P.D., Ausar, S.F., Morcillo, M.H., Perez, G. T., Beltramo, D.M., and Leon, A.E. 2004. Production of gluten free bread using soybean flour. *Journal of Science Food Agriculture*, 84: 1969-1974.
- [21] Kurek, M., Repajić, M., Marić, M., Ščetar, M., Trojić, P., Levaj, B., & Galić, K. 2021. The influence of edible coatings and natural antioxidants on fresh-cut potato quality, stability and oil uptake after deep fat frying. *Journal of Food Science and Technology*, 58(8), 3073–3085.
- [22] Movahhed, S., Kakaei, E., and Ahmadi Chenarbon, A. 2017. Effect of hydroxy propyl methyl cellulose gum on qualitative properties of free gluten baguette bread contain equal proportion of corn flour and potato flour. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 13(4): 575-583 [in Persian].
- [23] Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M., and Juszcak, L. 2012. Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten-free bread. *Food Hydrocolloids*, 29(1): 68-74.
- [24] Katyal, M., Singh, N., and Singh, H. 2019. Effects of incorporation of groundnut oil and hydrogenated fat on pasting and dough rheological properties of flours from wheat varieties. *Journal of Food Science and Technology*, 9: 99.
- [25] Mamat, H., and Hill, S.E. 2014. Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit. *Journal of Food Science and Technology*, 51: 1998–2005.
- [26] Gazmuri, A.M., and bouchon, P. 2009. Analysis of wheat gluten and starch matrices during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 115: 999–1005.
- [27] Bordin, K., Kunitake, M.T., Aracava, K.K., and Trindade, C.S.F. 2013. Changes in food caused by deep fat frying-a review. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 63: 5–13.
- [28] Nateghi, L., and Rezaei, M. 2021. Effect of xanthan gum and carboxymethyl cellulose gum on physicochemical and sensory properties of Baguette bread. *Journal of Food Science and Technology*, 113(18): 1-17 [in Persian].
- [29] Al-Asmar, A., Naviglio, D., Giosafatto, C.V.L., and Mariniello, L. 2018. Hydrocolloid-based coatings are effective at reducing acrylamide and oil content of French Fries. *Coatings*, 8: 1–13.
- [30] Han, L., He, Y., Wang, S., Cheng, W., Ma, L., Liu, G., Han, D., and Niu, L. 2021. Effects of methyl cellulose-based coating on physiochemical properties and chemical hazards of Chinese fried dough cake during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(9): 4770–4779.
- [31] Horwitz, W., Senze, A., Reynolds, H., and Park, D.L. 1975. Official methods of analysis of the association of analytical chemists. Washington: Association Official Analytic Chemist.
- [32] Paramasivam, S.K., David, A.K., Somasundaram, M.S., Suthanthiram, B., Shiva, K. N., and Subbaraya, U. 2022. Influence of food hydrocolloids on the structural, textural and chemical characteristics of low-fat banana chips. *Food Science & Technology International*, 28(3):1-15.
- [33] Ngatirah, N., Ruswanto, A., and Sunardi, S. 2022. Effect of Hydroxypropyl methylcellulose from oil palm empty fruit bunch on oil uptake and physical properties of French fries. *Food Science and Technology*, 1-7.
- [34] Vittadini, E., and Vodovotz, Y. 2003. Changes in the physicochemical properties of wheat and soy-containing breads during storage as studied by thermal analyses. *Food Engineering and Physical Properties*, 68: 2022-2027.
- [34] Liu, X., Mu, T., Sun, H., Zhang, M., Chen, J., and Fauconneir, M. 2018. Influence of different hydrocolloids on dough thermo-mechanical properties and in vitro starch digestibility of gluten-free steamed bread based on potato flour. *Food Chemistry*. 239: 1064-1074.
- [35] Sahraian, B., Sheikholeslami, Z. and Karimi, M. 2020. Development of novel edible surface coating made by *Lepidium Sativum* seed gum and comparison of its effect with traditional glazes of sorghum gluten-free bread. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 8(4): 405-414.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigating the Possibility of Increasing the Shelf life of Fermented Doughnut by Edible Cellulose Films

Mehdi Ghiafeh Davoodi¹, Mahdi Karimi¹, Fariba Naghipour², Alireza Rahmanian³

1- Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Mashhad, Iran.

2- Seed and Plant Improvement Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

3- Razavi Food Industry Company, Razavi Khorasan, Mashhad, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2025/2/2 Accepted: 2025/3/9 Keywords: Fermented doughnut, Snack, Glaze, Oil absorption, Shelf life. DOI: 10.22034/FSCT.22.163.242. *Corresponding Author E- Mehdidavoodi@yahoo.com	The staleness of bakery products is divided into two categories: crust and crumb staleness, which usually occurs due to moisture transfer from the crumb to the crust. The use of glaze in a product such as fermented doughnuts prevent crust staleness by creating a coating film on the product. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of using glaze prepared with two hydrocolloids, Carboxymethyl Cellulose (CMC) and Hydroxypropyl Methyl Cellulose (HPMC), at levels of 0, 0.3, and 0.5 % on the characteristics of fermented doughnut. The results showed that the sample containing 0.5 % HPMC had the highest moisture content and the control sample had the lowest. It is important to note that the moisture content of all produced doughnut samples was within the standard allowable range. On the other hand, the lowest and highest oil content were reported in the samples coated with 0.5 % HPMC and the control sample, respectively. By examining the technological properties, it was observed that the use of a 0.5% HPMC increased the specific volume, porosity and brightness of the crust (L^* value) and reduced the redness (a^* value) and yellowness (b^* value) of the doughnut crust, as well as the peroxide value, compared to the sample. By examining the texture and sensory properties during storage, the highest level of softness and sensory acceptance by the consumer was observed in the sample treated with 0.5% HPMC. Therefore, the use of glaze made from cellulose derivatives is recommended as one of the safe and available ingredients to increase the shelf life and improve the technological properties of this widely consumed snack.



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

اثر افزودن آل - کارنتین در جیره بر کیفیت گوشت بره های نر سنگسری

محمدتقی حیدریان^۱، اشکان جبلی جوان^{۲*}، فرزاد میرزایی آفچه قشلاق^۳، محمدکاظم حیدریان^۴، مهدی پناهی^۵

۱- پژوهشگر پسادکتری، گروه بهداشت و کنترل کیفی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان ایران

۲- دانشیار، گروه بهداشت و کنترل کیفی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۳-استاد تمام علوم دامی - دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۴- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۲

کلمات کلیدی:

کیفیت گوشت،

آل کارنتین،

پایداری اکسیداتیو،

پارامترهای رنگ،

مکمل های غذایی

DOI:10.22034/FSCT.22.163.257.

* مسئول مکاتبات:

jebellija@semnan.ac.ir

آل-کارنتین به عنوان یک مکمل غذایی در تغذیه دام ها برای بهبود کیفیت گوشت و کاهش اکسیداسیون چربی ها استفاده می شود. این تحقیق بر روی بره های نر سنگسری با هدف بررسی تأثیر خوراکی آل-کارنتین بر ویژگی های رنگی، اکسیداسیون چربی، نرمی و افت ناشی از پخت گوشت انجام شد. بره ها به سه گروه کنترل، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم آل-کارنتین به ازای هر کیلوگرم جیره تقسیم شدند. نتایج نشان داد که افزودن آل-کارنتین به جیره، به ویژه در سطح ۳۰۰ میلی گرم، تغییرات قابل توجهی در پارامترهای رنگی گوشت ایجاد کرده است؛ به طوری که شدت زردی افزایش و میزان قرمزی کاهش یافت. گروه دریافت کننده ۳۰۰ میلی گرم بالاترین سطح روشنایی را نشان دادند. اندازه گیری مالون دی آلدئید، به عنوان شاخص اکسیداسیون چربی، نشان داد که آل-کارنتین به طور معنی داری اکسیداسیون چربی ها را کاهش داده و در نتیجه بهبود کیفیت و ماندگاری گوشت را به همراه داشت. همچنین، مکمل سازی با آل-کارنتین باعث نرم تر شدن موقت گوشت شد، اما این اثر با گذشت زمان کاهش یافت. در مورد افت ناشی از پخت، هیچ تفاوت معنی داری بین گروه ها مشاهده نشد. به طور کلی، افزودن آل-کارنتین به جیره دام می تواند کیفیت گوشت را بهبود بخشد، اما مطالعات بیشتری برای تأیید نتایج مورد نیاز است.

۱-مقدمه

ترکیب کارنتین، که نام آن از واژه لاتین "کارنيس" مشتق شده است، از نظر شیمیایی با نام بتاهیدروکسی-گاما-تری متیل آمینو بوتیرات شناخته می‌شود [۱]. از نظر دسته‌بندی شیمیایی، کارنتین در گروه آمین‌ها قرار دارد. آمین‌ها به‌طور کلی مشتقات آمونیاک محسوب می‌شوند که در آنها گروه‌های آلکیل جایگزین هیدروژن‌های آمونیاک شده‌اند [۲]. این ترکیب از لحاظ ساختاری مشابه اسیدهای آمینه است و دارای دو ایزومر فعال آل-کارنتین و غیرفعال دی-کارنتین می‌باشد که ایزومر آل آن یک‌شبه ویتامین محلول در آب است و نقش‌های مختلفی از جمله محافظت و تنظیم غشای سلول، افزایش سوخت‌وساز چربی‌ها، افزایش توان سیستم ایمنی، بهبود عملکرد تغذیه انسان و حیوان را ایفا می‌کند [۳]. آل-کارنتین علاوه بر ایفای نقش متابولیکی مهم در انتقال اسیدهای چرب بلند زنجیر به داخل میتوکندری جهت انجام واکنش‌های بتا اکسیداسیون، تأثیرات مثبتی نیز بر سیستم ایمنی دارد [۴]. همچنین، مکمل آل-کارنتین با افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب و بهبود کارایی استفاده از انرژی، به جلوگیری از رسوب چربی در شرایط مصرف انرژی بیش‌ازحد کمک می‌کند [۵]. بیوسنتز آل-کارنتین در دام از طریق دو اسید آمینه ضروری لیزین و متیونین و با کمک چندین ویتامین از جمله ویتامین C (اسید اسکوربیک)، ویتامین (B₃ ، B₆) و آهن که به‌عنوان کوفاکتورها عمل می‌کنند، انجام می‌گیرد. تولید درون‌زا آل-کارنتین در دام بسته به عواملی همچون سن، وضعیت سلامت، رژیم غذایی و نیازهای متابولیکی متفاوت است [۶].

مهدی‌شهر، که همچنین به نام سنگسر شناخته می‌شود، یکی از شهرهای استان سمنان است که در شمال غربی شهر سمنان و در فاصله‌ای حدود ۲۰ کیلومتری از آن واقع شده است [۷]. در گذشته، ساکنان این منطقه به‌صورت عشایری زندگی می‌کردند و دامنه کوچ آن‌ها شامل استان‌های تهران، مازندران، گلستان و خراسان بود، اما امروزه بیشتر مردم به زندگی

شهری روی آورده‌اند. دامپروری از ارکان اصلی زندگی مردم سنگسر بوده و بر اساس شواهد تاریخی و پژوهش‌های معاصر، این فعالیت سابقه‌ای چندین هزار ساله دارد. عشایر سنگسری در تولید محصولات لبنی از شیر گوسفند تخصص دارند و بیش از ۳۰ نوع لبنیات منحصر به فرد شامل ماست، دوغ، آرشه، پنیر، لور، چیکو، کشک و وارعون و ... تولید می‌کنند [۸].

گوسفند نژاد سنگسری، که از نژادهای بومی و مقاوم ایران به شمار می‌رود، در منطقه سنگسر به‌صورت کوچ رو، نیمه کوچ رو و روستایی پرورش داده می‌شود. این نژاد گوسفندان کوچک جثه تا متوسط است که در رنگ‌های سیاه، سفید، بور و قهوه‌ای روشن تا تیره یافت می‌شود. گوسفندان سنگسری دارای جثه‌ای کوچک، دست و پای ظریف، دنبه کوتاه و دنباله‌ای کوچک و کم‌انرژی هستند و فاقد شاخ می‌باشند. این نژاد به دلیل کیفیت بی‌نظیر گوشت خود معروف است و تقریباً ۶۰ درصد از وزن بدن گوسفند قبل از ذبح به گوشت اختصاص دارد [۹].

در مهره‌داران بالغ، تولید درون‌زا آل-کارنتین معمولاً کافی است؛ با این حال، در شرایط خاص مانند برخی بیماری‌ها و فعالیت‌های بدنی سنگین، ممکن است سنتز آل-کارنتین به میزان لازم نباشد [۱۰]. تحقیقات نشان می‌دهد که حیوانات جوان‌تر و آنهایی که از وضعیت سلامتی مطلوبی برخوردارند، معمولاً مقادیر کافی از این ترکیب را برای تأمین نیازهای فیزیولوژیکی خود تولید می‌کنند. با این وجود، در شرایط استرس، بیماری یا دوره‌های رشد سریع، تقاضا برای آل-کارنتین ممکن است فراتر از میزان تولید درون‌زا باشد، که می‌تواند به کمبود این ترکیب در دام منجر شود [۱۱]. بر اساس نظر ساریکا و همکاران ۲۰۰۷ نیاز دام به آل-کارنتین در برخی شرایط، از جمله محدودیت سنتز آن در حیوانات جوان، مصرف جیره‌های حاوی مقادیر بالای چربی و جذب کم روده‌ای، افزایش می‌یابد؛ بنابراین، افزودن این ترکیب به‌صورت مکمل به خوراک می‌تواند اثربخش باشد [۱۲]. از

سوی دیگر مطالعات نشان می دهند که افزودن ال کارنیتین به جیره غذایی سبب بهبود استفاده از پروتئین جیره می شود [۱۰].

مایر و همکاران ۲۰۲۰ اثرات مصرف مکمل ال-کارنیتین را بر عملکرد و بهبودی پس از زایمان گاوهای شیری مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس نظر این محققین گاوهای شیری به دلیل نیازهای انرژی بالا برای فرایند زایش، شروع تولید شیر، محدودیت ظرفیت مصرف خوراک، به بیماری های متابولیک مبتلا می شوند. در دسترس نبودن ال-کارنیتین کافی در زمان های افزایش نیاز به انرژی، مانند مدت کوتاهی پس از زایمان، ممکن است کمبود انرژی را تشدید کند. عرضه ناکافی ال کارنیتین به عنوان یک عامل محدود کننده برای متابولیسم اسیدهای چرب می باشد [۱۳].

از سوی دیگر، کید و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که افزودن ۲۵۵ ppm مکمل ال-کارنیتین به جیره مرغ های مادر گوشتی، منجر به کاهش چربی حفره بطنی، بهبود ویژگی های لاشه جوجه های گوشتی و افزایش حجم ماهیچه سینه می شود. این ترکیب همچنین به افزایش وزن بدن، کاهش چربی لاشه و بهبود ضریب تبدیل غذایی کمک می کند [۱۴]. علاوه بر این، کمبود پیش سازهای کارنیتین، از جمله اسید آمینه های لیزین و متیونین، در جوجه های گوشتی می تواند به افزایش چربی لاشه منجر گردد [۱۵]. همچنین ایکسو و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند که افزودن مکمل ال-کارنیتین به جیره جوجه های گوشتی به طور قابل توجهی باعث کاهش چربی شکم، بهبود وزن زنده، رنگ گوشت و محتوای چربی خام در عضله می شود [۱۵]. برهانی و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه ای بر روی بره های فراهانی، نشان دادند که استفاده از منابع دانه های روغنی و مکمل ال-کارنیتین در تغذیه این بره ها در طول دوره پروراری، تأثیری بر پاسخ آنها به جیره های حاوی دانه سویا و دانه کانولا ندارد. نتایج این تحقیق نشانگر آن بود که این جیره ها کمترین تأثیر را بر متابولیت های مرتبط با لیپید، از جمله تری گلیسیرید، کلسترول کل، HDL، LDL، پروتئین کل، گلوکز و غلظت آمونیاک در سرم بره های در

حال رشد دارند [۱۶]. علاوه بر این، در تحقیق دیگری، مصرف مکمل ال-کارنیتین به همراه روغن سویا و کلسیم چربی محافظت شده در بره های نژاد افشاری، منجر به کاهش غلظت کلسترول خون شده است [۱۷].

با توجه به اینکه تأثیر افزودن مکمل ال-کارنیتین بر کیفیت گوشت به ویژه در نژاد بره های سنگسری تاکنون به طور جامع بررسی نشده است، این مطالعه با هدف ارزیابی اثرات این مکمل بر ویژگی های کیفی گوشت بره های نر سنگسری طراحی و اجرا می شود. بررسی این موضوع می تواند به بهبود کیفیت گوشت و توسعه دانش مرتبط با استفاده از مکمل های تغذیه ای در دامپروری کمک کند.

۲- مواد و روش

۲-۱- مواد

ال-کارنیتین با خلوص بالا از شرکت آراین رشدافزا، نماینده رسمی شرکت آلمانی سلامت دام لوهمن، تهیه گردید. همچنین تمامی ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش از محصولات شرکت مرک آلمان تأمین شدند.

۲-۲- روش پژوهش

در این پژوهش، از ۳۲ رأس بره نر نژاد سنگسری با سن چهار تا پنج ماه و میانگین وزن ۱۶.۵ کیلوگرم در ایستگاه پرورش دام دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان استفاده شد. بره ها به صورت تصادفی در جایگاه های انفرادی نگهداری شدند و به آب و خوراک به صورت آزاد دسترسی داشتند. پس از طی دوره عادت دهی ۱۴ روزه، حیوانات بر اساس جدول ۱ و با رعایت اصول رفاه حیوانات و کد اخلاق شماره ۱۴۰۳۱۱۰۲۲۶۴۴ به طور تصادفی به یکی از جیره های آزمایشی اختصاص داده شدند و به مدت ۸۴ روز تغذیه شدند. خوراک ها به صورت کامل مخلوط و در دو وعده روزانه (ساعت ۷:۰۰ و ۱۷:۰۰) بر اساس نیاز حیوانات ارائه گردید. جیره ها از نظر انرژی قابل متابولیسم و پروتئین خام یکسان تنظیم شدند. در پایان دوره پروراندی، دام ها ذبح شده

و لاشه‌ها تفکیک و در بازه های زمانی روز شروع آزمایش، روز سوم و روز هفتم مورد بررسی قرار گرفتند و تا پایان آزمایش در یخچال نگهداری شدند. [۱۸].

Table 1. Feed ingredients and chemical composition of experimental diets (percentage of dry matter).

Ingredients (by dry matter)	Rations		
	Control	L-carnitine 150 (mg/kg)	L-carnitine 300 (mg/kg)
Alfalfa	14.60	14.60	14.60
Corn silage	15.40	15.40	15.40
Barley	41.26	41.26	41.26
Corn	11.04	11.04	11.04
Rapeseed meal	3.06	3.06	3.06
Soybean meal	3.72	3.72	3.72
Wheat bran	7.64	7.64	7.64
L-carnitine (mg/kg)	0	150	300
Calcium carbonate	1.10	1.10	1.10
Vitamin-mineral supplement*	0.85	0.85	0.85
Sodium bicarbonate	0.85	0.85	0.85
Salt	0.51	0.51	0.51
Metabolizable energy (Mcal/kg)	2.61	2.61	2.61
Dry matter (percent)	69.92	69.92	69.92
Crude protein	14.00	14.00	14.00
Cell wall (percent dry matter)	28.90	31.70	31.70
Non-fibrous carbohydrate (percent dry matter)	48.40	44.20	44.20
Calcium (percent dry matter)	0.73	0.90	0.90
Phosphorus (percent dry matter)	0.42	0.41	0.41

* A kilogram of vitamin supplement contained 600,000 international units of vitamin A, 200,000 international units of vitamin D, 200 mg of vitamin E, 2,500 mg of antioxidants, 195 g of calcium, 80 g of phosphorus, 21,000 mg of magnesium, 2,200 mg of manganese, 3,000 mg of iron, 300 mg of copper, 300 mg of zinc, 100 mg of cobalt, 120 mg of iodine, and 1.1 mg of selenium.

سانتی گراد رسید. پس از پایان پخت، نمونه‌ها از آون خارج

شده و تا رسیدن به دمای محیط در معرض جریان هوای سرد

قرار گرفتند. در نهایت، نمونه‌ها مجدداً توزین شدند و درصد

افت ناشی از پخت با استفاده از فرمول (۱) محاسبه گردید.

$$Cl = \frac{w1 - w2}{w1}$$

(CL: افت ناشی از پخت، W_1 : وزن نمونه قبل از پخت،

W_2 : وزن نمونه بعد از پخت)

۲-۳- افت ناشی از پخت^۱ (CL)

برای اندازه‌گیری افت ناشی از پخت، نمونه‌های کدگذاری شده ابتدا توزین شده و سپس بر روی توری چرب‌شده در آون با دمای ۱۶۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. دمای مرکزی نمونه‌ها در طول فرایند پخت با استفاده از یک ترمومتر دیجیتال مجهز به پروب ثبت گردید. به این منظور، پروب در مرکز هر نمونه قرار داده شد و فرایند پخت تا زمانی ادامه یافت که دمای مرکز نمونه به ۷۷ درجه

1 . Cooking losses

۲-۴- رنگ سنجی

پس از کشتار دام‌ها، ماهیچه راسته (واقع در بین دنده‌های ۶ تا ۱۰) به دلیل تجمع مناسب اسیدهای چرب و کیفیت مطلوب تارهای عضلانی، که آن را گزینه‌ای ایده‌آل برای ارزیابی رنگ گوشت می‌سازد، انتخاب و تشریح شد. شاخص‌های رنگ شامل روشنایی (L^*) از سیاه (۰) تا سفید (۱۰۰)، قرمزی (a^*) از سبز (مقادیر منفی) تا قرمز (مقادیر مثبت)، و زردی (b^*) از آبی (مقادیر منفی) تا زرد (مقادیر مثبت) مورد بررسی قرار گرفتند. ارزیابی رنگ با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج هانت‌رلب، به صورت سه تکرار برای هر نمونه، ۲۴ ساعت پس از کشتار انجام شد. پیش از شروع اندازه‌گیری، دستگاه با استفاده از صفحه سفید استاندارد و بر اساس دستورالعمل گروه بین‌المللی شاخص‌های رنگ L^* ، a^* و b^* کالیبره گردید [۱۸].

۲-۵- تعیین میزان اکسیداسیون لیپید^۲ (TBARS)

در زمان‌های مشخص‌شده، چربی نمونه‌های گوشت استخراج شده و مقاومت آن‌ها در برابر اکسیداسیون از طریق اندازه‌گیری عدد TBARS، بر اساس روش نام و آهن (۲۰۰۳)، تعیین گردید. به منظور سنجش تیوباریتوریک اسید (TBA)، ۵ گرم از نمونه گوشت با ۳۱ میلی‌لیتر محلول استخراج شامل ۴ درصد پرکلریک اسید و ۱ میلی‌لیتر بوتیل‌هیدروکسی‌آنیزول (با غلظت ۱ گرم بر لیتر)، که در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده بود، به مدت ۱ دقیقه با سرعت ۱۳۵۰۰ دور در دقیقه هم‌وزن شد. محلول حاصل از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد و حجم نهایی آن با افزودن اسید پرکلریک ۴ درصد به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس، ۵ میلی‌لیتر از محلول فیلترشده با ۵ میلی‌لیتر محلول TBA (با غلظت ۰/۰۲ مول بر لیتر) مخلوط شده، و رتکس

گردید و به مدت ۶۰ دقیقه در حمام آب با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا کمپلکس مالون‌آلدهید تشکیل شود. جذب نوری محلول نهایی (As) در طول موج ۵۳۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر در برابر شاهد آب مقطر (Ab) اندازه‌گیری شد. عدد TBARS به صورت میلی‌گرم مالون‌آلدهید در هر کیلوگرم نمونه محاسبه و گزارش گردید [۱۹].

$$TBA = \frac{As - Ab \times 50}{500}$$

۲-۶- بررسی پروفایل بافت^۳ TPA

برای بررسی پروفایل بافتی نمونه‌های گوشت، قطعات ماهیچه راسته به ابعاد $1/9 \times 1/8 \times 0/8$ سانتی‌متر (برش داده شده و در مرکز صفحه دستگاه تحلیل پروفایل بافت (TPA) برای آزمون فشرده‌سازی دو چرخه قرار گرفتند. این تحلیل با استفاده از دستگاه بافت‌سنج مجهز به لودسل ۵۰۰ نیوتن، در دمای محیط و تحت شرایط دو بار فشرده‌گی انجام شد. سرعت پیش‌آزمون و پس‌آزمون ۵ میلی‌متر بر ثانیه، سرعت بازگشت ۱ میلی‌متر بر ثانیه، و درصد تغییرات ۵۰ درصد تعیین گردید. نیروی بارگذاری اولیه نیز برابر با ۱۰ گرم بود. در این آزمون، نمونه‌ها تحت تنش محوری ۵۰ درصد قرار گرفتند تا از آسیب و تخریب بافت نمونه‌های گوشت در حین آزمون جلوگیری شود [۱۸].

۲-۷- اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب WHC^۴

ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها با استفاده از روش پیشنهادی هیمونیدس و همکاران (۱۹۹۹) مورد بررسی قرار گرفت. در این روش، ۵ گرم از نمونه با دقت بالا توزین شده و سپس داخل دو لایه کاغذ صافی پیچیده و درون یک لوله فالكون قرار داده شد. فالكون در سانتریفیوژ یخچال‌دار با سرعت ۳۶۰۰g و دمای ۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه

4 . Water holding capacity

2 . Thiobarbituric acid reactive substances

3 . Texture Profile Analyzer

سانتریفیوژ گردید. پس از اتمام فرآیند سانتریفیوژ، نمونه از کاغذ صافی جدا شده و وزن کاغذ و نمونه به صورت مجزا ثبت شد. ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها با استفاده از فرمول مربوطه محاسبه گردید [۲۰].

$$WHC \text{ g/kg} = [(1 - Mw / Ms) 1000]$$

M_s = وزن ابتدایی نمونه به گرم

M_w = وزن آب خارج شده از نمونه به گرم پس از سانتریفیوژ کردن

۲-۸- آنالیز آماری

تمامی آزمایش‌ها حداقل در سه تکرار با استفاده از طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی انجام شد. داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون مقایسه میانگین توکی با سطح اطمینان ۹۵ درصد برای متغیرهای معنی دار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تمامی داده‌ها با SPSS نسخه ۲۹ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) تجزیه و تحلیل شدند و نتایج به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار ارائه شد. نمودارها با Excel 2016 ترسیم شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی رنگ

نتایج نشان داد که افزودن ال-کارنتین به جیره غذایی گروه‌های تیمار، به طور قابل توجهی موجب افزایش شاخص زردی (b^*) در مقایسه با گروه کنترل شد. بیشترین مقدار زردی مربوط به گروه دریافت‌کننده ۳۰۰ میلی گرم ال-کارنتین بود، در حالی که کمترین مقدار در گروه کنترل مشاهده شد. با افزایش غلظت ال-کارنتین از ۱۵۰ به ۳۰۰ میلی گرم، میزان زردی گوشت افزایش یافت، هرچند این تغییرات از نظر آماری معنادار نبود ($P < 0.05$). این افزایش ممکن است به اکسیداسیون چربی‌ها، تجمع رنگدانه‌های زرد، یا تغییرات در ترکیب پروتئین‌های عضلانی مرتبط باشد. علاوه بر این، افزایش مدت زمان نگهداری نیز باعث افزایش زردی گوشت در تمامی نمونه‌ها نسبت به روز صفر شد. بر

اساس یافته‌های محققان، رابطه مثبت میان محتوای چربی داخل عضلانی و شاخص زردی (b^*) گزارش شده است [۲۱].

از سوی دیگر افزودن ال-کارنتین به جیره غذایی گروه‌های تیمار به طور معناداری موجب کاهش شاخص قرمزی (a^*) گوشت در مقایسه با گروه کنترل شد. این کاهش ممکن است به دلیل کاهش غلظت میوگلوبین، پروتئین اصلی و مسئول ایجاد رنگ قرمز در گوشت، باشد. با این حال، در تمامی گروه‌ها، میزان قرمزی گوشت با گذشت زمان افزایش یافت. در تضاد با این یافته، خو و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که مکمل‌سازی جیره غذایی جوجه‌های نر با ال-کارنتین به طور قابل توجهی موجب افزایش شاخص a^* در گوشت می‌شود [۱۵].

افزودن ال-کارنتین به جیره غذایی دام‌ها منجر به افزایش شاخص روشنایی (L^*) در مقایسه با گروه کنترل شد. بیشترین میزان روشنایی در گروه تیمار با ۳۰۰ میلی گرم ال-کارنتین و کمترین میزان در گروه کنترل مشاهده شد. این افزایش ممکن است به کاهش شاخص a^* و افزایش رنگدانه‌های زرد (b^*) مرتبط باشد [۲۲]. شاخص روشنایی نیز، مشابه سایر شاخص‌ها، با گذشت زمان در تمامی گروه‌ها افزایش یافت. بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده، افزایش محتوای چربی داخل عضلانی در گوشت دام‌های تغذیه‌شده با ال-کارنتین ممکن است با کاهش رطوبت (که با چربی همبستگی معکوس دارد) و مهم‌تر از آن، با مقادیر بالاتر شاخص L^* در گوشت این حیوانات ارتباط داشته باشد. در حقیقت، شاخص روشنایی (L^*) همبستگی مثبتی با محتوای چربی داخل عضلانی نشان داده است [۲۳].

صلح جو و همکاران ۲۰۱۳ ارتباط مستقیم بین سطح ال-کارنتین و رنگدانه‌سازی گوشت در بره‌های غزال چرب‌دم را گزارش کردند [۲۱]. علاوه بر این این محققین در ۲۰۱۴ در یافتند که مکمل‌سازی جیره بره‌های قزل با ال-کارنتین می‌تواند بافت و رنگ گوشت را در بره‌ها بهبود بخشد و باعث جذاب‌تر شدن گوشت شود اگرچه تأثیر قابل توجهی

متابولیسم چربی تأثیرگذار است. این مکمل ها نه تنها موجب کاهش غلظت گلوکز سرم می شوند، بلکه با تغییر در بیان ژن های دخیل در متابولیسم چربی، اثرات منفی رژیم های غذایی پرانرژی را نیز خنثی می کنند [۱۷، ۲۴].

بر عملکرد رشد نداشت [۲۱]. همچنین اوون و همکاران ۲۰۰۱ در پژوهش خود گزارش کردند که مکمل سازی جیره خوک با ال-کارنیتین با افزایش تجمع پروتئین سبب توسعه بهتر عضله، کیفیت گوشت و بهبود رنگ گوشت می شود [۲]. بر اساس نظر لیو و همکاران ۲۰۲۰ مکمل سازی با ال-کارنیتین بر متابولیت های خون و بیان ژن های مرتبط با

Table 2. Results of evaluation of optical parameters of meat during the study.

Day	Indicators	Sample		
		Control	Lc 150 mg	Lc 300 mg
0	b*	11.45± 0.35 ^e	12.13± 0.21 ^{de}	12.83± 0.40 ^{bcd}
	a*	13.37± 0.31 ^{cd}	12.34± 0.22 ^e	12.40± 0.20 ^{de}
	L*	31.50± 0.25 ^{cd}	32.30± 0.21 ^{cd}	32.20± 0.51 ^b
3	b*	12.53± 0.46 ^{cd}	13.13± 0.40 ^{bc}	13.73± 0.21 ^{ab}
	a*	14.27± 0.45 ^{bc}	14.17± 0.36 ^{bc}	12.33± 0.50 ^e
	L*	32.30± 0.50 ^{cd}	34.20± 0.50 ^{ab}	34.50± 0.56 ^{ab}
7	b*	12.70± 0.57 ^{cd}	14.17± 0.55 ^a	14.53± 0.40 ^a
	a*	15.83± 0.26 ^a	14.77± 0.57 ^b	14.17± 0.45 ^{bc}
	L*	33.20± 0.56 ^{bc}	34.80± 0.58 ^a	35.00± 0.72 ^a

A-E: Different letters in each column indicate statistical differences between doses on different days ($p < 0.05$).

از سوی دیگر، نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری، غلظت مالون دی آلدئید افزایش می یابد. با این حال، تأثیر ال-کارنیتین در کاهش اکسیداسیون چربی ها در دوره های طولانی تر نگهداری بیشتر نمایان شد و این موضوع نشان دهنده نقش مؤثر این ترکیب در کاهش اکسیداسیون چربی ها در طی زمان است. علاوه بر این مطالعات پیشین تأیید می کنند که ال-کارنیتین ترکیبی آلی است که نقشی کلیدی در انتقال اسیدهای چرب با زنجیره بلند به میتوکندری ها جهت اکسیداسیون و تولید انرژی ایفا می کند [۲]. مکمل سازی با ال-کارنیتین در بره ها می تواند اکسیداسیون لیپیدها و متابولیسم چربی را تحت تأثیر قرار دهد و شواهد نشان می دهند که این ترکیب تأثیر مثبتی بر بهبود متابولیسم چربی دارد. که نقشی کلیدی در انتقال اسیدهای چرب با زنجیره بلند به میتوکندری ها جهت اکسیداسیون و تولید انرژی ایفا می کند و باعث کاهش اکسیداسیون می گردد [۲۵].

۲-۳- مقاومت اکسایشی

افزودن ال-کارنیتین به جیره غذایی دام ها در روز صفر، همان گونه که در جدول ۳ نشان داده شده است، منجر به کاهش غلظت مالون دی آلدئید شد. این کاهش در سطح ۱۵۰ میلی گرم به طور چشمگیری مشاهده شد، اما تغییرات در این روز از نظر آماری معنی دار نبود. بیشترین و کمترین میزان مالون دی آلدئید به ترتیب در گروه کنترل و گروه دریافت کننده ۱۵۰ میلی گرم ال-کارنیتین مشاهده شد. در روز هفتم، تفاوت معناداری میان سه گروه مشاهده گردید و هر دو گروه تیمار شده نسبت به گروه کنترل کاهش قابل توجهی در غلظت مالون دی آلدئید نشان دادند. کاهش این شاخص بیانگر کاهش اکسیداسیون لیپیدها در گوشت است که به افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت گوشت طی دوره نگهداری منجر می شود.

Table 3. Results of assessment of malondialdehyde concentration during the study.

Day 0	Day 3	Day 7
-------	-------	-------

Control	0.400± 0.020 ^e	0.630± 0.020 ^c	0.840± 0.030 ^a
Lc 150 mg	0.380± 0.015 ^e	0.580± 0.010 ^c	0.770± 0.015 ^b
Lc 300 mg	0.386± 0.010 ^e	0.530± 0.015 ^d	0.720± 0.021 ^c

A-E: Different letters in each column indicate statistical differences between doses on different days ($p < 0.05$).

می‌شود که در نهایت ظرفیت نگهداری آب را افزایش می‌دهد [۲۶].

۳-۳- ظرفیت نگهداری آب

مطالعات پیشین نشان داده‌اند که WHC تأثیر مستقیمی بر بافت، نرمی و کیفیت کلی گوشت دارد و تحت تأثیر عواملی مانند نوع عضله، pH، دما و ترکیب پروتئین‌های عضلانی قرار می‌گیرد [۲۷]. به‌طور ویژه، تغییرات pH پیش از جمود نعشی و اتصال میوزین به اکتین در این مرحله، نقش کلیدی در WHC ایفا می‌کند. پریلو و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کرده‌اند که تغییرات pH، WHC، تردی و رنگ گوشت معمولاً با مقدار چربی، درجه چاقی لاشه و pH نهایی مرتبط است [۲۸].

همچنین، WHC در طول زمان نگهداری افزایش یافت. این تغییرات احتمالاً ناشی از فرایندهای پس از کشتار و تغییرات در ساختار پروتئینی گوشت است [۲۹].

همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، نتایج بیانگر آن است که افزودن ال-کارنتین به جیره گوسفندان باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب (WHC) در گوشت شده است. با افزایش دوز ال-کارنتین، این پارامتر روندی افزایشی نشان داده است، اما این تغییرات از نظر آماری معنادار نبوده‌اند. علت احتمالی افزایش WHC را می‌توان به تأثیر ال-کارنتین بر ساختار پروتئین‌های عضلانی نسبت داد. به نظر می‌رسد این ترکیب با تغییر ساختار پروتئین‌ها، توانایی آن‌ها را در جذب و نگهداری آب بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، ال-کارنتین می‌تواند با تأثیر بر pH گوشت، شرایط مطلوب‌تری برای حفظ آب فراهم کند. کاهش pH پس از کشتار منجر به تغییر در حجم میوفیبریل‌ها و دگرگونی ساختار پروتئینی

Table 4. Results of water holding capacity assessment during the study.

	Day 0	Day 3	Day 7
Control	0.130± 0.010 ^d	0.150± 0.030 ^{cd}	0.190± 0.013 ^{ab}
Lc 150 mg	0.131± 0.020 ^d	0.170± 0.033 ^{bc}	0.170± 0.025 ^{bc}
Lc 300 mg	0.150± 0.010 ^{cd}	0.180± 0.022 ^{bc}	0.210± 0.020 ^{ab}

A-E: Different letters in each column indicate statistical differences between doses on different days ($p < 0.05$)

دریافت‌کننده دوز ۳۰۰ میلی‌گرم ال-کارنتین، گوشت نرم‌تری داشتند که نشان‌دهنده تأثیر کوتاه‌مدت این مکمل بر کاهش سختی گوشت است. با این حال، با افزایش زمان نگهداری به روز ۷، تفاوت میان گروه‌های دریافت‌کننده ال-کارنتین و گروه کنترل کاهش یافته و از نظر آماری معنادار نبود. این یافته نشان‌دهنده ناپایداری اثر نرم‌کنندگی ال-کارنتین با افزایش زمان نگهداری است.

در تمامی روزهای نگهداری، افزایش دوز ال-کارنتین از ۱۵۰ به ۳۰۰ میلی‌گرم در جیره دام‌ها منجر به کاهش سختی

۳-۴- ارزیابی بافت گوشت

سختی گوشت به‌عنوان یکی از ویژگی‌های فیزیکی، در گروه کنترل و گروه‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی ال-کارنتین با دوزهای مختلف، در نمودار ۱ نمایش داده شده است. بر اساس این نمودار، در روزهای ۰ و ۳ نگهداری، به‌ترتیب بیشترین و کمترین سختی گوشت مربوط به گروه کنترل و گروه تغذیه‌شده با جیره حاوی ۳۰۰ میلی‌گرم ال-کارنتین بود که این تفاوت در این روزها از نظر آماری معنادار است. به‌عبارت دیگر، در روزهای ابتدایی نگهداری (۰ و ۳)، گروه

چربی بدن و محتوای چربی عضلات را با مکمل سازی ال-کارنیتین گزارش کرده اند که این کاهش ممکن است به طور غیرمستقیم بر نرمی گوشت تأثیر بگذارد. باین حال، در برخی تحقیقات دیگر، تأثیر معناداری بر مصرف خوراک، هضم پذیری و رشد دام مشاهده نشده است. بر اساس شواهد موجود، دوز و مدت زمان مصرف ال-کارنیتین، همراه با عواملی نظیر نژاد و سن دام، از جمله عوامل تأثیرگذار بر سختی گوشت هستند. علاوه بر این، ترکیب جیره غذایی و میزان انرژی دریافتی می توانند بر متابولیسم ال-کارنیتین اثر گذاشته و در نهایت منجر به بهبود کیفیت گوشت شوند [۱۷، ۲۱، ۲۴].

گوشت شد. این کاهش می تواند به تغییرات در ترکیب اسیدهای چرب عضله مرتبط باشد. مطالعات مختلف نشان داده اند که مکمل سازی با ال-کارنیتین قادر است بافت گوشت بره را بهبود داده و نرمی آن را افزایش دهد که این تغییرات احتمالاً به اصلاح ترکیب اسیدهای چرب عضلانی بازمی گردد [۳۰]. به طور مشابه، اینگ و همکاران (۲۰۱۳) نیز تأثیر مثبت ال-کارنیتین بر کاهش سختی گوشت خوک را گزارش کرده اند [۳۱].

ال-کارنیتین، به عنوان یک ترکیب طبیعی در بدن، نقش مهمی در متابولیسم چربی ها ایفا می کند. برخی مطالعات کاهش

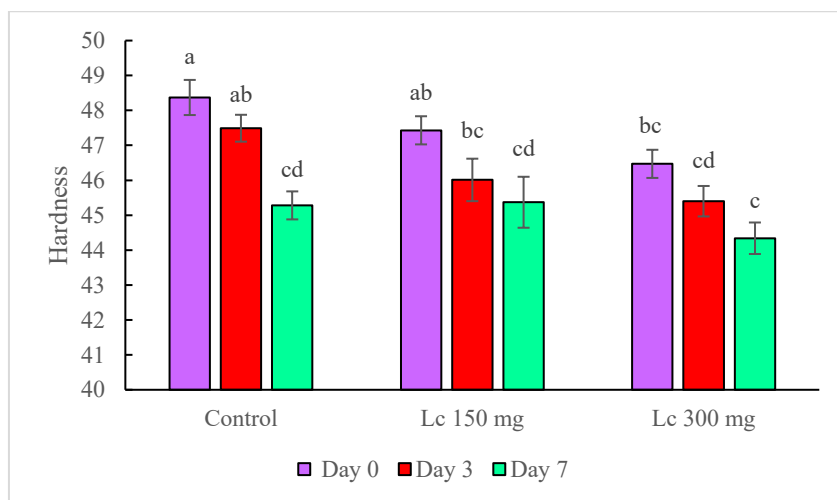


Fig 1. Results of meat hardness assessment during the study.

به طور مستقیم کاهش کلی وزن ناشی از پخت را اندازه گیری نکرده است [۲۴]. مطالعات پیشین نشان داده اند که افت وزن در اثر پخت عمدتاً به دلایلی مانند تبخیر آب، کاهش آب میان بافتی، و اتلاف مواد محلول رخ می دهد. این نتایج همچنین حاکی از آن است که عواملی نظیر مدت زمان نگهداری، دما، و رطوبت محیط نگهداری نقش مؤثری در میزان افت ناشی از پخت ایفا می کنند [۲۸].

از سوی دیگر با افزایش مدت زمان نگهداری، تخریب اسکلت سلولی و کاهش توانایی گوشت در نگهداری آب قابل انتظار است که این امر منجر به افزایش افت ناشی از پخت می شود. این فرض بر مبنای تأثیر تخریب ساختار

۳-۵- افت ناشی از پخت

جدول ۵ میزان افت ناشی از پخت گوشت را در روزهای مختلف نگهداری (روزهای ۰، ۳ و ۷) نشان می دهد. نتایج حاکی از آن است که افت پخت در نمونه های مختلف در طول دوره نگهداری تفاوت هایی داشته، اما این تفاوت ها از نظر آماری معنادار نبودند. همچنین، افزودن ال-کارنیتین به جیره غذایی دام ها تأثیری بر کاهش میزان آب از دست رفته در اثر پخت نشان نداد، اما این کاهش تحت تأثیر مدت زمان نگهداری قرار گرفت. بر اساس مطالعه لئو و همکاران (۲۰۲۰)، افزودن ال-کارنیتین ممکن است افت وزن ناشی از پخت در گوشت بره را افزایش دهد، هرچند این مطالعه

تفاوت آماری معناداری نداشت. هرچند برخی شواهد، از جمله گزارش‌هایی مبنی بر افزایش افت وزن ناشی از پخت در گوشت بره به دنبال مصرف ال-کارنیتین، به این مسئله اشاره دارند، اما نتایج مطالعات مختلف همچنان سازگار است [۳۲]. این تناقض احتمالاً به دلیل تأثیر نوع روش پخت باشد، زیرا روش پخت نقش برجسته‌تری در افت وزن ناشی از پخت نسبت به مکمل‌سازی با ال-کارنیتین دارد. برای دستیابی به نتایج قطعی، تحقیقات بیشتری جهت ارزیابی مستقیم تأثیر مکمل‌سازی با ال-کارنیتین بر افت وزن ناشی از پخت در هر دو گونه بره و گاو نر مورد نیاز است. افزون بر این، یافته‌های مطالعه لیل و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که پخت در حمام آب، در مقایسه با پخت در آون، منجر به کاهش افت وزن کمتری در برش‌های گوشت بره می‌شود. این نتایج تأکید می‌کند که روش پخت عامل مهم‌تری در افت وزن ناشی از پخت است و ممکن است اثر مکمل‌سازی با ال-کارنیتین به تنهایی چندان قابل توجه نباشد [۳۳].

سلولی بر کاهش توانایی بافت در حفظ آب است [۲۵]. با این حال، نتایج مطالعه حاضر با این پیش‌بینی در تضاد بود. این تناقض را می‌توان به تأثیر عوامل متعددی نظیر دما، رطوبت، pH گوشت و ترکیب اسیدهای آمینه نسبت داد که ممکن است بر میزان افت ناشی از پخت اثرگذار بوده و اثر مکمل‌سازی با ال-کارنیتین را تحت تأثیر قرار داده باشند. مکانیسم‌های مؤثر بر افت ناشی از پخت پیچیده هستند و تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل قرار دارند. احتمال دارد مکمل‌سازی با ال-کارنیتین بر برخی از این عوامل تأثیر گذاشته باشد، اما این تأثیر به حدی نبوده است که بتواند تفاوت آماری معناداری را ایجاد کند.

مطالعه اسمیت و همکاران (۱۹۷۸) بر روی گاوهای نر نشان داد که افت ناشی از پخت میان حیواناتی که با جیره‌های معمولی تغذیه شده بودند و آن‌هایی که از فضولات لایه‌های تیمار شده (احتمالاً حاوی ال-کارنیتین) استفاده کرده بودند،

Table 5. Results of the evaluation of cooking loss during the study period.

	Day 0	Day 3	Day 7
Control	22.27± 0.47 ^{de}	23.63± 0.45 ^{bc}	25.13± 0.25 ^a
Lc 150 mg	21.67± 0.55 ^e	23.20± 0.36 ^{cd}	24.57± 0.45 ^{ab}
Lc 300 mg	22.77± 0.35 ^{cde}	23.47± 0.31 ^{bc}	25.70± 0.56 ^a

A-E: Different letters in each column indicate statistical differences between doses on different days ($p < 0.05$).

اکسیداسیون چربی‌ها در گروه‌های دریافت‌کننده ال-کارنیتین بود که موجب بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری گوشت گردید. با این حال، افزایش دوز از ۱۵۰ به ۳۰۰ میلی‌گرم در برخی موارد منجر به افزایش جزئی مالون‌دی‌آلدهید شود. اگرچه مکمل‌سازی موقتاً باعث نرم‌تر شدن گوشت شد، این اثر در بلندمدت کاهش یافت و تفاوت معنی‌داری با گروه کنترل مشاهده نشد. علاوه بر این، عوامل دیگری مانند مدت زمان نگهداری، دما و رطوبت محیط نیز بر افت ناشی از پخت تأثیر داشتند. به طور کلی، ال-کارنیتین می‌تواند به بهبود ویژگی‌های کیفی گوشت، به‌ویژه در کاهش اکسیداسیون چربی و بهبود ویژگی‌های رنگی کمک کند.

۴- نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر تأثیر سطوح مختلف ال-کارنیتین بر کیفیت گوشت بره‌های نر سنگسری را ارزیابی کرد و نتایج نشان‌دهنده اثرات مثبت این مکمل بر ویژگی‌های رنگی و کیفیت کلی گوشت می‌باشد. افزودن ال-کارنیتین، به‌ویژه در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم جیره، به طور معنی‌داری منجر به افزایش شاخص زردی (a^*) و کاهش شاخص قرمزی (b^*) گوشت شد. این تغییرات احتمالاً به افزایش اکسیداسیون چربی‌ها و تغییر در ترکیبات پروتئینی عضله مرتبط است. همچنین، این سطح از مکمل‌سازی جیره بیشترین روشنائی (L^*) را نشان داد که می‌تواند با کاهش رنگدانه‌های قرمز و افزایش رنگدانه‌های زرد مرتبط باشد. نتایج حاکی از کاهش میزان مالون‌دی‌آلدهید و به تبع آن کاهش

۵-منابع

- [1] Zeyner, A. and Harmeyer, J. 1999. Metabolic functions of L-Carnitine and its effects as feed additive in horses. A review. *Archives of Animal Nutrition*, 52(2): 115-138. DOI: [10.1080/17450399909386157](https://doi.org/10.1080/17450399909386157)
- [2] Owen, K. Q. Jit, H. Maxwell, C. V. Nelssen, J. L. Goodband, R. D. Tokach, M. D. Tremblay, G.C. and Koo, S. I. 2001. Dietary L-carnitine suppresses mitochondrial branched-chain keto acid dehydrogenase activity and enhances protein accretion and carcass characteristics of swine. *Journal of Animal Science*, 79(12): 3104-3112. DOI: [10.2527/2001.79123104x](https://doi.org/10.2527/2001.79123104x)
- [3] Barker, D. L. and Sell, J. L. 1994. Dietary carnitine did not influence performance and carcass composition of broiler chickens and young turkeys fed low-or high-fat diets. *Poultry Science*, 73(2): 281-287. DOI: [10.3382/ps.0730281](https://doi.org/10.3382/ps.0730281)
- [4] Mast, J. Buyse, J. and Goddeeris, B. M. 2000. Dietary L-carnitine supplementation increases antigen-specific immunoglobulin G production in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, 83(2): 161-166. DOI: [10.1017/S0007114500000209](https://doi.org/10.1017/S0007114500000209)
- [5] Koeth, R. A. Wang, Z. Levison, B. S. Buffa, J. A. Org, E. Sheehy, B. T. Britt, E.B. Fu, X. Wu, Y. Li, L. Smith, J.D. DiDonato, J.A. Chen, J. Li, H. Wu, G.D. Lewis, J.D. Warrier, M. Brown, J.M. Krauss, R.M. Wilson Tang, W.H. Bushman, F.D, Lusi, A.J. and Hazen, S. L. 2013. Intestinal microbiota metabolism of L-carnitine, a nutrient in red meat, promotes atherosclerosis. *Nature medicine*, 19(5): 576-585. DOI: [10.1038/nm.3145](https://doi.org/10.1038/nm.3145)
- [6] Szilagy, M. 1998. L-carnitine as essential methylated compound in animal metabolism. An overview. *Acta Biologica Hungarica*, 49: 209-218. DOI: [10.1007/BF03542994](https://doi.org/10.1007/BF03542994)
- [7] Hassani, M. Mortazavi, S.A., Hassani, M., Ahmadi-Kamazani, N., and Ghotbi, M. 2015. Investigation of technological characteristics of lactobacilli isolated from traditional Sangsar sheep and cow cheeses. *Food Sciences and Nutrition*, 47(12): 99-107. [In Persian].
- [8] Heydarian, M.K. Heydarian, A., and Sedaghat, N. 2024. An Overview of the Traditional Dairy Products Produced by Tribe Sangsar and Providing a Solution for Packaging These Products. *Packaging Sciences and Technologies*, 15(58): 63-74. DOI: [20.1001.1.22286675.1403.15.58.6.7](https://doi.org/20.1001.1.22286675.1403.15.58.6.7). [In Persian].
- [9] Rahimifar, N. and Mirzadeh, K. 2017. Investigation of the effect of seasonal changes in thyroid hormones on the reproductive performance of farm animals. *Veterinary Histobiology* 5(2): 37-50. [In Persian].
- [10] Murali, P. George, S. K. Ally, K. and Dipu, M. T. 2015. Effect of L-carnitine supplementation on growth performance, nutrient utilization, and nitrogen balance of broilers fed with animal fat. *Veterinary World*, 8(4): 482. DOI: [10.14202/vetworld.2015.482-486](https://doi.org/10.14202/vetworld.2015.482-486)
- [11] Meyer, J. Kononov, S. U. Grindler, S. Tröschner-Mußotter, J. Alaedin, M. T. Frahm, J. Huther, L. Kluess, J. Kersten, S. Soosten, D.V. Meyer, U. Most, E. Eder, K. Sauerwein, H. Seifert, J. Huber, K. Wegerich, A. Rehage, J. and Dänicke, S. 2021. Dietary L-carnitine supplementation modifies the lipopolysaccharide-induced acute phase reaction in dairy cows. *Animals*, 11(1): 136. DOI: [10.3390/ani11010136](https://doi.org/10.3390/ani11010136)
- [12] Sarica, S. Corduk, M. Ensoy, U. Basmacioglu, H. and Karatas, U. 2007. Effects of dietary supplementation of L-carnitine on performance, carcass and meat characteristics of quails. *South African Journal of Animal Science*, 37(3): 189-201. DOI: [10.520/EJC94534](https://doi.org/10.520/EJC94534)
- [13] Meyer, J. Daniels, S. U. Grindler, S. Tröschner-Mußotter, J. Alaedin, M. Frahm, J. Huther, L. Kluess, J. Kersten, S. Soosten, D.V. Meyer, U. Most, E. Eder, K. Sauerwein, H. Seifert, J. Huber, K. Wegerich, A. Rehage, J. and Dänicke, S. 2020. Effects of a dietary L-carnitine supplementation on performance, energy metabolism and recovery from calving in dairy cows. *Animals*, 10(2): 342. DOI: [10.3390/ani10020342](https://doi.org/10.3390/ani10020342)
- [14] Kidd, M.T. McDaniel, C.D. Peebles, E.D. Barber, S.J. Corzo, A. Branton, S.L. 2004. Breeder hen and broiler dietary carnitine: carry-over and dietary effects on progeny growth and carcass traits. *Poultry Science Association Meeting*, 83: Abstract W6. p. 316.
- [15] Xu, Z. R. Wang, M. Q. Mao, H. X. Zhan, X. A. and Hu, C. H. 2003. Effects of L-carnitine on growth performance, carcass composition, and metabolism of lipids in male broilers. *Poultry science*, 82(3): 408-413. DOI: [10.1093/ps/82.3.408](https://doi.org/10.1093/ps/82.3.408)
- [16] Amini, N. Khodai Motlagh, M. Kazemi Benchenari, M. and Khaltabadi Farahani. A.H. 2016. The effect of different sources of omega-3 and omega-6 and L-carnitine on reproductive performance and some blood parameters during the flushing period of Farahani breed ewes. *Animal Production Research*, 7(14): 108-102. DOI: [10.29252/rap.7.14.108](https://doi.org/10.29252/rap.7.14.108). [In Persian].

- [17] Foroozandeh, A. D. Amini, H. R. Ghalamkari, G. R. Shahzeydi, M. and Nasrollahi, S. M. 2014. The effect of fat type and L-carnitine administration on growth, feed digestibility and blood metabolites of growing Afshari lambs. *Livestock Science*, 164: 67-71. DOI: [10.1016/j.livsci.2014.03.019](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.03.019)
- [18] Parvar, R. Ghorchi, T., and Shams Shargh. M. 2017. The effect of adding rapeseed, soybean and fish oils to the diet on the fatty acid composition and meat quality of fattening lambs. *Animal Science Research (Agricultural Science)*, 27(2): 43-159. [In Persian].
- [19] Nam, K. C. and Ahn, D. U. 2003. Effects of ascorbic acid and antioxidants on the color of irradiated ground beef. *Journal of food science*, 68(5): 1686-1690. DOI: [10.1111/j.1365-2621.2003.tb12314.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12314.x)
- [20] Himonides, A. T. Taylor, K. D. A. and Knowles, M. J. 1999. The improved whitening of cod and haddock flaps using hydrogen peroxide. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(6): 845-850. DOI: [10.1002/\(SICI\)1097-0010\(19990501\)79:6<845::AID-JSFA297>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(19990501)79:6<845::AID-JSFA297>3.0.CO;2-W)
- [21] Solhjoo, A. Rowghani, E. Bayat, A. and Zamiri, M. J. 2014. The effect of rumen protected L-carnitine on feedlot performance, carcass characteristics and blood metabolites in Iranian fat-tailed Ghezel lambs. *Res. Opin. Anim. Vet. Sci*, 4(4): 192-197.
- [22] Mortimer, R. J. Sialvi, M. Z. Varley, T. S. and Wilcox, G. D. 2014. An in situ colorimetric measurement study of electrochromism in the thin-film nickel hydroxide/oxyhydroxide system. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 18, 3359-3367. DOI: [10.1007/s10008-014-2618-5](https://doi.org/10.1007/s10008-014-2618-5)
- [23] Calnan, H. B. Jacob, R. H. Pethick, D. W. and Gardner, G. E. 2017. Selection for intramuscular fat and lean meat yield will improve the bloomed colour of Australian lamb loin meat. *Meat science*, 131: 187-195. DOI: [10.1016/j.meatsci.2017.05.001](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.001)
- [24] Liu, G. Ding, Y. Chen, Y. and Yang, Y. 2020. Effect of energy intake and L-carnitine on fattening performance, carcass traits, meat quality, blood metabolites, and gene expression of lamb. *Small Ruminant Research*, 183: 106025. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2019.106025](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.106025)
- [25] Martín, A. Giráldez, F. J. Cremonesi, P. Castiglioni, B. Biscarini, F. Ceciliani, F. Santos, N. Nuria, and Andrés, S. 2022. Dietary administration of l-carnitine during the fattening period of early feed restricted lambs modifies ruminal fermentation but does not improve feed efficiency. *Frontiers in Physiology*, 13: 840065. DOI: [10.3389/fphys.2022.840065](https://doi.org/10.3389/fphys.2022.840065)
- [26] Farouk, M. M. Mustafa, N. M. Wu, G. and Krsinic, G. 2012. The “sponge effect” hypothesis: An alternative explanation of the improvement in the waterholding capacity of meat with ageing. *Meat Science*, 90(3): 670-677. DOI: [10.1016/j.meatsci.2011.10.012](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.10.012)
- [27] Yue, K. Cao, Q. Q. Shaukat, A. Zhang, C. and Huang, S. C. 2024. Insights into the evaluation, influential factors and improvement strategies for poultry meat quality: a review. *npj Science of Food*, 8(1): 62. DOI: [10.1038/s41538-024-00306-6](https://doi.org/10.1038/s41538-024-00306-6)
- [28] Priolo, A. Micol, D. and Agabriel, J. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal research*, 50(3): 185-200. DOI: [10.1051/animres:2001125](https://doi.org/10.1051/animres:2001125)
- [29] Warner, R. D. 2023. The eating quality of meat: IV—Water holding capacity and juiciness. In *Lawrie's meat science*, 457-508. Woodhead Publishing. DOI: [10.1016/B978-0-323-85408-5.00008-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85408-5.00008-X)
- [30] Martín González, A. Giráldez, F. J. Mateo, J. Caro, I. and Andrés, S. 2023. Dietary administration of L-carnitine during the fattening period of early feed restricted lambs modifies lipid metabolism and meat quality. DOI: [10.1016/j.meatsci.2023.109111](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109111)
- [31] Ying, W. Tokach, M. D. DeRouchey, J. M. Houser, T. E. Dritz, S. S. Goodband, R. D. and Nelssen, J. L. 2013. Effects of dietary L-carnitine and dried distillers grains with solubles on growth, carcass characteristics, and loin and fat quality of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 91(7): 3211-3219. DOI: [10.2527/jas.2012-5606](https://doi.org/10.2527/jas.2012-5606)
- [32] Smith, O. B. Macleod, G. K. and Usborne, W. R. 1978. Organoleptic, chemical and bacterial characteristics of meat and offals from beef cattle fed wet poultry excreta. *Journal of Food Protection*, 41(9): 712-716. DOI: [10.4315/0362-028X-41.9.712](https://doi.org/10.4315/0362-028X-41.9.712)
- [33] Leal, M. D. S. Baldassini, W. A. de NS Torres, R. Curi, R. A. Pereira, G. L. Chardulo, L. A. L. Santos, R.F. Meirelles, P.R.L. and Costa, C. 2023. Assessment of lamb meat quality in two cooking methods: Water bath versus oven cooking. *Small Ruminant Research*, 229: 107127. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2023.107127](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.107127)



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of Dietary supplementation of L-carnitine on male Sangsari lambs meat quality

Mohammadtaghi Heydarian¹, Ashkan Jebelli Javan^{*2}, Farzad Mirzaei Aghjehgheshlagh³,
MohammadKazem Heydarian⁴, Mahdi Panahee⁵

1- Postdoctoral Researcher .Food Hygiene,,faculty of veterinary medicine, semnan university, semnan,iran

2- Associate Professor department of food hygiene and quality control faculty of veterinary medicine, semnan university, semnan,iran

3- Professor, Department of Animal Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

4- PhD student, Department of food Science and engeering, faculty of agriculture, ferdowsi university, mashhad, Iran

5- Master's degree student in Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, semnan, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2025/2/8 Accepted:2025/3/12 Keywords: Meat Quality, L-carnitine, Oxidative Stability, Color Parameters, Nutritional Supplementation DOI: 10.22034/FSCT.22.163.257. *Corresponding Author E- jebellija@semnan.ac.ir	L-carnitine is used as a nutritional supplement in animal nutrition to improve meat quality and reduce fat oxidation. This study was conducted on male Sangsari lambs with the aim of investigating the effect of L-carnitine on color characteristics, fat oxidation, tenderness, and meat cooking loss. The lambs were divided into three groups of control, 150, and 300 mg L-carnitine per kilogram of diet. The results showed that the addition of L-carnitine to the diet, especially at the 300 mg level, caused significant changes in meat color parameters; such that the intensity of yellowness increased and the amount of redness decreased. These changes are probably due to increased fat oxidation and changes in muscle protein composition. The group receiving 300 mg showed the highest level of brightness, which may be related to a decrease in red pigments and an increase in yellow pigments. Measurement of malondialdehyde, an indicator of fat oxidation, showed that L-carnitine significantly reduced fat oxidation, resulting in improved meat quality and shelf life. L-carnitine supplementation also temporarily tenderized the meat, but this effect decreased over time. No significant differences were observed between groups in terms of cooking loss. Overall, L-carnitine may improve meat quality, but further studies are needed to confirm the results.



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی تاثیر آنتی اکسیدانی و آنتی میکروبی عصاره آزاد و نانوریزپوشانی شده برگ و گل شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens*) بر افزایش ماندگاری و خصوصیات حسی گوشت فیله گوسفند طی دوره نگهداری

فرزاد ابراهیمی^۱، نادر حبیبی^{۱*}، محمدیار حسینی^۲

۱- گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنجان، سمنجان، ایران

۱*- گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنجان، سمنجان، ایران

۲- گروه صنایع غذایی، دانشکده علوم و فناوری های بین رشته ای، دانشگاه بناب، بناب، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱/۱۶

کلمات کلیدی:

آنتی اکسیدانی،

آنتی میکروبی،

عصاره شمعدانی،

گوشت فیله گوسفند،

نگهداری

DOI:10.22034/FSCT.22.163.270.

* مسئول مکاتبات:

5589720702@iau.ir

امروزه به دلیل محرز گردیدن اثرات سرطان زایی نگهدارنده های سنتزی، توجه به یافتن نگهدارنده های طبیعی افزایش یافته است. در این پژوهش عصاره برگ و گل شمعدانی به عنوان یک ترکیب آنتی اکسیدان و آنتی میکروب طبیعی با استفاده از فراصوت استخراج گردید و در پوشش صمغ دانه شنبلیله و ایزوله پروتئینی سویا نانوریزپوشانی شد. گوشت فیله گوسفند با استفاده از عصاره نانوریزپوشانی شده و عصاره آزاد برگ و گل شمعدانی با غلظت ۲۰۰۰ ppm تیمار شد و به مدت ۱۲ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری گردید. یک نمونه گوشت بدون نگهدارنده و یک نمونه حاوی ۱۰۰ ppm نگهدارنده سنتزی BHT به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. نتایج آزمون های اکسیداسیون چربی (عدد پراکسید و تیوباریتوریک اسید)، شمار باکتری های سرمادوست و بازهای ازته فرار که در فواصل زمانی ۲ روزه اندازه گیری شده بود نشان داد که عصاره های حاصل به هر دو شکل آزاد و نانوریزپوشانی شده توانای به تاخیر انداختن واکنش های اکسیداسیون چربی و رشد میکروبی را دارا بودند. کمترین میزان فساد اکسایشی و میکروبی در نمونه های گوشت تیمار شده با عصاره های نانوریزپوشانی شده مشاهده شد. همچنین این نمونه ها دارای امتیاز ارزیابی حسی بالاتری طی دوره نگهداری بودند. با توجه به اینکه عصاره برگ و گل گیاه شمعدانی حاوی ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی است، لذا علاوه بر افزایش عمر ماندگاری گوشت گوسفند، می تواند ارزش تغذیه ای آن را نیز افزایش دهد. نتایج این تحقیق استفاده از عصاره نانوریزپوشانی شده گل شمعدانی در غلظت ۲۰۰۰ ppm در دیواره صمغ دانه شنبلیله و ایزوله پروتئینی سویا را جهت افزایش ماندگاری گوشت گوسفند پیشنهاد می نماید.

۱-مقدمه

گوشت گوسفند محصولی فسادپذیر است و رطوبت بالای آن شرایط مناسبی را برای رشد میکروارگانیسم‌های عامل فساد و بیماری‌زا فراهم می‌کند [۱]. یکی از مهم‌ترین عوامل فساد گوشت گوسفند در شرایط سردخانه‌ای، رشد میکروارگانیسم‌هایی است که تغییرات نامطلوب ارگانولپتیکی، طعم‌های ناخوشایند، تغییر رنگ و تغییرات pH را ایجاد می‌کنند [۲]. در این راستا، تنها استفاده از روش‌های انجماد و خنک کردن ممکن است برای حفظ کیفیت گوشت و نگهداری آن در انبارها یا قفسه فروشگاه‌ها برای مدت بیش از ۵ روز کافی نباشد. این امر منجر به افزایش هدررفت این محصول غذایی شده و بر بازاریابی و امنیت غذایی آن تأثیر می‌گذارد [۲، ۳].

بسته‌بندی فعال شامل ترکیبات فعالی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها، عوامل ضد میکروبی و جاذب‌های رطوبت، گاز و اشعه ماوراءبنفش است که با غذای بسته‌بندی‌شده یا محیط اطراف آن تعامل می‌کنند [۳]. بسته‌بندی فعال می‌تواند رشد میکروارگانیسم‌ها و واکنش‌هایی را که معمولاً روی سطح مواد غذایی و محل آغاز فساد رخ می‌دهند، مهار یا کند نماید [۴]. این فناوری پتانسیل بالایی برای افزایش ماندگاری و ارتقای امنیت غذایی دارد. از جمله ترکیبات فعالی که اخیراً مورد توجه قرار گرفته‌اند، صمغ‌های خوراکی است که به‌طور گسترده‌ای در تولید پوشش‌های مختلف برای محصولات گوناگون به کار رفته است [۵].

صمغ دانه شنبلیله^۱ یک هیدروکلوئید طبیعی است که از دانه‌های گیاه شنبلیله استخراج می‌شود. این صمغ عمدتاً حاوی گالاتومانان بوده و به دلیل خصوصیات رئولوژیکی مطلوب، توانایی تشکیل ژل، و ویژگی‌های امولسیون‌سازی و پایداری، به‌طور گسترده در صنایع غذایی و دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد. صمغ دانه شنبلیله به عنوان یک ماده دیواره در انکپسولاسیون، به حفظ ترکیبات حساس در برابر

شرایط نامطلوب محیطی مانند اکسیداسیون، رطوبت و حرارت کمک می‌کند. همچنین، این صمغ به دلیل دارا بودن فعالیت‌های زیستی نظیر خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی، می‌تواند در تولید پوشش‌های زیست‌فعال مورد استفاده قرار گیرد که کیفیت و ماندگاری مواد غذایی را بهبود می‌بخشد [۶].

ایزوله پروتئینی سویا^۲ یکی از فراآورده‌های ارزشمند سویا است که حاوی پروتئین‌هایی با خلوص بالا می‌باشد. این ترکیب به دلیل خصوصیات عملکردی مانند حلالیت، تشکیل ژل، و قابلیت تشکیل فیلم، در کاربردهای مختلف غذایی و زیست‌فناوری مورد توجه قرار گرفته است. ایزوله پروتئینی سویا می‌تواند به عنوان یک ماتریکس موثر در انکپسولاسیون ترکیبات زیست‌فعال مورد استفاده قرار گیرد و از آن‌ها در برابر تخریب ناشی از نور، اکسیژن و دما محافظت کند. ترکیب پروتئین‌ها با پلی‌ساکاریدها می‌تواند بهبود خواص عملکردی و پایداری سیستم‌های انکپسولاسیون را تسهیل کند. تحقیقات بسیاری بر روی خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و آنتی میکروبی عصاره‌های محصور شده در کمپلکس‌های پروتئینی-پلی‌ساکاریدی متمرکز شده است [۷-۱۱].

اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهان معطر و دارویی یکی از انواع مواد طبیعی هستند که به دلیل ارزش تغذیه‌ای، قابلیت حفظ مواد غذایی و خواص درمانی، توجه زیادی به عنوان عوامل طبیعی بالقوه در صنایع غذایی، پزشکی، کشاورزی و آرایشی به خود جلب کرده‌اند [۱۲]. *Pelargonium graveolens* L. گونه‌ای از جنس *Pelargonium* است. این گیاه، یک بوته معطر چندساله و ارزشمند است. مطالعات فارماکولوژیکی نشان داده‌اند که عصاره گیاه شمعدانی دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی، اثرات تقویت‌کننده سیستم ایمنی و خواص ضدباکتریایی و ضدقارچی است. به همین دلیل معمولاً از آن در درمان التهاب، بواسیر، اسهال خونی،

قاعدگی‌های سنگین و حتی سرطان استفاده می‌شود [۱۲].

در میان محصولات طبیعی موجود در گیاهان، پلی‌فنول‌ها یکی از بزرگ‌ترین گروه‌های ترکیبات طبیعی شناخته شده هستند. اثرات مفید پلی‌فنول‌ها مانند پیشگیری و درمان سرطان، بیماری‌های التهابی، قلبی عروقی و بیماری‌های نورودژنراتیو مورد توجه قرار گرفته است [۱۲]. آنتی‌اکسیدان‌ها و آنتی میکروب‌های طبیعی استخراج شده از این جنس در مقایسه با نگهدارنده‌های مصنوعی از مزایای بیشتری برخوردار هستند. بنابراین، توسعه و استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های با منشأ طبیعی که از منابع گیاهی مؤثرتر به دست می‌آیند، در پزشکی پیشگیرانه و صنعت غذا به دلیل اهمیت آن‌ها در حفاظت از بدن در برابر استرس اکسیداتیو و مدیریت بیماری‌های مختلف مطلوب است. این ترکیبات همچنین مکمل فعالیت ضد میکروبی هستند [۱۴، ۱۵].

نانوریزپوشانی عصاره‌ها یکی از فناوری‌های نوین در صنایع غذایی است که با هدف حفظ و بهبود پایداری ترکیبات زیست فعال مورد استفاده قرار می‌گیرد. بسیاری از عصاره‌های گیاهی و ترکیبات زیست فعال، مانند پلی‌فنول‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها، دارای بوی قوی و مزه‌های تلخ یا ناخوشایند هستند که می‌تواند بر ویژگی‌های حسی محصولات غذایی تأثیر منفی بگذارد. علاوه بر این، این ترکیبات معمولاً نسبت به عوامل محیطی نظیر نور، اکسیژن، رطوبت و دما حساس هستند و ممکن است در حین فرآوری یا ذخیره‌سازی دچار تخریب شوند. نانوریزپوشانی به کمک مواد دیواره‌ای مناسب، مانند پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها، می‌تواند عصاره‌ها را در برابر اکسیداسیون و تخریب محافظت کند و به افزایش ماندگاری و کارایی آن‌ها کمک کند. همچنین، این فناوری باعث کاهش بوی شدید و مزه‌های نامطلوب عصاره‌ها شده و بهبود ماندگاری محصول غذایی را تضمین می‌کند. در نتیجه، استفاده از نانوریزپوشانی نه تنها عمر ماندگاری و ارزش تغذیه‌ای محصولات غذایی را افزایش می‌دهد، بلکه پذیرش حسی و کیفیت کلی آن‌ها را نیز ارتقا می‌بخشد [۱۶-۱۸]. تصور می‌شود که عصاره برگ و گل شمعدانی به شکل

آزاد و نانوریزپوشانی شده، می‌تواند عمر ماندگاری گوشت گوسفند را افزایش دهد. با توجه به اینکه تا کنون پژوهشی مبنی بر مقایسه استفاده از عصاره برگ و گل شمعدانی به صورت نانوریزپوشانی شده و آزاد جهت افزایش عمر ماندگاری فیله گوشت گوسفند انجام نشده است، لذا این پژوهش با این هدف انجام خواهد شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

لاشه گوشت گوسفند (با رطوبت ۵۶/۹٪، پروتئین ۲۰/۶٪، چربی ۸/۹٪ و خاکستر ۱٪) از سوپر گوشت پروتئین پلاس (ساری، مازندران، ایران) تهیه شد. ایزوله پروتئینی سویا (با محتوای پروتئین ۹۰٪) از شرکت لینی (شاندونگ، چین) تأمین گردید. تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده از درجه تجزیه‌ای بوده و از شرکت شارلو (بارسلونا، اسپانیا) تهیه شدند. بذر شنبلیله از فروشگاه عطاری محلی تهیه شد. گیاه شمعدانی عطری نیز از مرکز تحقیقات کشاورزی کرج (البرز، ایران) تهیه شد و بر اساس ویژگی‌های مورفولوژیکی و گیاه‌شناسی شناسایی و تایید گردید.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- استخراج عصاره برگ و گل شمعدانی

برگ و گل گیاه شمعدانی (*P. graveolens*) به طور جداگانه در آون VO200، ممرت-آلمان) با دمای ۳۵ درجه سلسیوس خشک شد و با آسیاب (پارس خزر-ایران) به پودر تبدیل شد. پودر خشک شده گیاه (۲۰ گرم) در ۴۰۰ میلی لیتر آب دیونیزه (dH₂O) غوطه ور شد. فرآیند استخراج از طریق روش استخراج حلال آبی به کمک فراصوت پروبی (HD3100، بندلین -آلمان) با قرار دادن فلاسک مخروطی (۱۵۰ وات، ۲۵ کیلوهرتز) در دمای اتاق (۲۳ درجه سلسیوس) به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. ترکیب حلال و گیاه با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ فیلتر شدند. سپس برای تغلیظ عصاره از آون با دمای ۳۵ درجه سلسیوس استفاده شد. عصاره‌های حاصل پس از خشک شدن در یخچال نگهداری شدند تا برای استفاده بیشتر مورد استفاده قرار بگیرد [۱۹].

۲-۲-۲-۲ شناسایی ترکیبات موثره عصاره

برای شناسایی ترکیبات موثره موجود در عصاره مطابق با روش ارائه شده توسط اسماعیل زاده کناری و رضوی (۲۰۲۲) از دستگاه کروماتوگرافی (RP-HPLC، واترز-آمریکا) مایع استفاده شد. ترکیبات فنولی با استفاده از سیستم‌های کروماتوگرافی مایع مجهز به آشکارساز فتودیود (M-2998) و ستون C18 (۶/۴ میلی‌متر×۲۵ میکرومتر×۵ سانتی‌متر) آنالیز شدند. برای جداسازی ترکیبات فنولی، یک فاز متحرک شامل ۰/۰۱ درصد (حجمی/حجمی) اسید استیک، استونیتریل (حجمی/حجمی) (حلال ۱) و آب اسیدی شده (۰/۱ درصد (حجمی/حجمی) اسید استیک (حلال ۲) استفاده خواهد شد. سرعت جریان ثابت ۰/۵ میلی‌لیتر در دقیقه خواهد بود. برای جداسازی ترکیبات فلاونوئیدی از متانول ۰/۱٪ (حجمی/حجمی) (حلال ۲) استفاده خواهد شد. برنامه‌های گرادیان و شستشو مطابق با مکی و همکارانش استفاده شد [۲۰، ۲۱].

۲-۲-۳ ریزپوشانی عصاره

صمغ دانه شنبلیله و ایزوله پروتئینی سویا به عنوان مواد پوششی دیواره به صورت ترکیبی با نسبت ۱:۱ استفاده شد. صمغ دانه شنبلیله و ایزوله پروتئینی سویا برای رسیدن به ماده جامد کل ۰/۵٪ (وزنی/وزنی)، در آب دیونیزه مخلوط شدند. از همزن مغناطیسی به مدت ۱۵ دقیقه در دمای محیط برای انحلال بهتر ترکیبات استفاده شد. در نهایت محلول حاصل جهت تکمیل فرآیند جذب آب به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شدند [۲۲]. مخلوط حاصل به‌منظور افزایش فرآیند هیدراتاسیون، خنک شده و در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت یک شب نگهداری شد. سپس، ۴۰ میلی‌لیتر توئین ۸۰ (با مقدار تعادل آب‌دوستی-چربی‌دوستی (۱۵) به‌عنوان امولسیفایر و ۵۰ میلی‌لیتر روغن آفتابگردان با ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره‌های برگ و گل شمعدانی در غلظت ۲۰۰۰ ppm ترکیب گردید. مخلوط به‌دست‌آمده در همزنایزر (T50، آیکا-آلمان) با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه مخلوط شد که منجر به تشکیل

امولسیون گردید. امولسیون نهایی با استفاده از مواد پوششی با نسبت ۲:۵ ریزپوشانی شد. برای کاهش بیشتر اندازه ذرات، از دستگاه اولتراسوند پروبی با دامنه نوسان ۹۴٪ دمای ۳۷ درجه سلسیوس با توان ۱۵۰ وات و فرکانس ۲۵ کیلوهرتز به مدت ۵ دقیقه استفاده شد [۵].

۲-۲-۴ پوشش دهی گوشت

ابتدا، گوشت تازه گوسفند با دقت با آب مقطر استریل شسته شد. سپس، گوشت به قطعات یکنواخت به اندازه ۲×۲×۲ سانتی‌متر تحت شرایط استریل دقیق با استفاده از چاقوی استریل بریده شد. قطعات تازه گوشت گوسفند سپس به مدت ۱ دقیقه در محلول‌های پوششی مخصوص تهیه‌شده غوطه‌ور شدند. نسبت محلول‌های پوششی به گوشت ۳ به ۱ بود. پس از آن، قطعات گوشت پوشش داده‌شده به مدت ۱ دقیقه در دمای اتاق زیر جریان هوای لامینار خشک شدند تا از هرگونه آلودگی احتمالی جلوگیری شود. نمونه‌های گوشت گوسفند در کیسه‌های پلاستیکی استریل زیپ‌دار بسته‌بندی شده و در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۲ روز نگهداری شدند. انتخاب این زمان نگهداری بر اساس آزمایش‌های قبلی ما صورت گرفت. به‌منظور ارزیابی کارایی پوشش‌ها در طی دوره نگهداری سرد، آزمون‌های مختلف هر نمونه در زمان‌های مختلف از جمله بلافاصله پس از تولید و در فواصل زمانی ۲ روزه در روزهای ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ نگهداری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. دو نمونه دیگر نیز به ترتیب حاوی ۲۰۰۰ ppm عصاره آزاد و ۲۰۰ ppm آنتی اکسیدان سنتزی BHT بودند [۲۳]. اندازه ذرات در نانوکپسول‌های حاوی عصاره گل و برگ شمعدانی در پوشش ایزوله پروتئین سویا و صمغ دانه شنبلیله (MIXF و MIXL) به‌ترتیب ۱۷۲/۷۵ و ۱۷۸/۷۹ نانومتر به دست آمد و راندمان ریزپوشانی در نمونه‌های MIXF و MIXL به ترتیب ۸۸/۰۶٪ و ۸۹/۵۹٪ بود [۲۴].

۲-۲-۵ آزمون‌های گوشت

۲-۲-۵-۱ اندازه گیری عدد پراکسید
برای اندازه گیری عدد پراکسید از روش AOCS به شماره (Cd 8-53) استفاده شد. روغن نمونه‌ها با استفاده از روش

۴ درجه سلسیوس سانتیفریوژ شد. میزان جذب سوپرناتانت در ۵۳۲ نانومتر اندازه گیری شد. مقدار TBA با استفاده از منحنی استاندارد مالون دی آلدئید (MDA) محاسبه و نتایج برحسب میکرومول مالون دی آلدئید بر گرم گزارش شد [۲۷].

۲-۲-۳-۳ شمارش کلی میکروب های سایکروفل

مقدار ۵ گرم از نمونه گوشت به صورت آسپتیک به داخل کیسه استومیکر منتقل شد و به مدت ۱ دقیقه با استفاده از استومیکر (3500، تکمار، اوهایو) همگن شد. از رقت اولیه، رقت های اعشاری اضافی تهیه شد. سپس هر رقت به دقت روی سطح آگار پخش شد. پس از این، محیط کشت های تلقیح شده به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس انکوبه شدند تا امکان رشد باکتری ها فراهم شود [28]. برای شمارش این باکتری ها، از محیط تریپتیک سوی آگار (TSA^۳) استفاده شد. ۰/۱ میلی لیتر از نمونه های تهیه شده، بر روی محیط کشت به طور سطحی پخش شد. پلیت های مربوط به باکتری های سرمادوست بعد از ۱۰ روز انکوباسیون در دمای ۴ درجه سلسیوس شمارش شدند [۵]. جدول ۱ تیمارهای مورد بررسی در پژوهش را نشان می دهد.

سوکسله استخراج شد [۲۵]. سپس ۵ گرم روغن استخراج شده در یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری توزین و ۳۰ میلی لیتر محلول کلروفرم استیک اسید با نسبت ۲ به ۳ به روغن اضافه شد و کاملاً مخلوط شد. به دنبال آن ۰/۵ میلی لیتر یدید پتاسیم اشباع شده، ۳۰ میلی لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی لیتر محلول نشاسته ۱٪ اضافه شد. یدید آزاد شده با تیوسولفات ۰/۱ نرمال تیترا شد تا رنگ زرد از بین برود. در طول تیتراسیون، مخلوط به شدت هم زده شد تا ید از لایه کلروفرم جدا شود. تمام مراحل برای نمونه شاهد بدون روغن انجام شد. در نهایت عدد پراکسید با استفاده از رابطه مربوطه محاسبه شد [۲۶].

۲-۲-۲-۲ اندازه گیری عدد اسید تیوباریتوریک

برای اندازه گیری عدد اسید تیوباریتوریک (TBA)، ۵ گرم نمونه گوشت و ۲۰ میلی لیتر اسید تری کلرواستیک (۵٪) به مدت ۵ دقیقه همگن شدند. مخلوط همگن شده در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتیفریوژ شد. ۴ میلی لیتر مایع سوپرناتانت با ۴ میلی لیتر TBA (۰/۰۲ میلی لیتر) مخلوط شد و در حمام آب در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۶۰ دقیقه انکوبه شد. سپس، مخلوط در ۲۵۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای

Table 1. Code and formulation of coatings Examined in the Study

Treatment Code	Treatment Description	Type of Extract	Type of Coating	Antioxidant Concentration (ppm)
CON	Uncoated meat sample	None	None	0
BHT	Meat treated with synthetic antioxidant (BHT)	None	None	200
LFRE	Meat treated with free (non-encapsulated) extract	Geranium leaf	None	2000
FFRE	Meat treated with free (non-encapsulated) extract	Geranium flower	None	2000
MIXL	Meat treated with nanoencapsulated extract	Geranium leaf	Fenugreek seed gum and soy protein isolate	2000
MIXF	Meat treated with nanoencapsulated extract	Geranium flower	Fenugreek seed gum and soy protein isolate	2000

۲-۲-۴-۴ بازهای ازته فرار

کلدال ۱۰ گرم از نمونه گوشت، ۲ گرم اکسید منیزیم و ۳۰۰ میلی لیتر آب و چند قطعه سنگ جوش اضافه شد. در یک ارلن مایر به ظرفیت ۵۰۰ تا ۷۰۰ سانتیمتر مکعب که بعنوان

برای اندازه گیری بازهای ازته فرار از روش خلیلی و همکاران (۲۰۲۴) استفاده شد. بدین منظور به بالن تقطیر

ظرف گیرنده زیر قسمت سرد کننده دستگاه تقطیر قرار گرفت، ۲۵ سانتیمتر مکعب از محلول ۲ درصد اسید بوریک و چند قطره معرف متیل قرمز اضافه شد. بعد از انجام عملیات تقطیر محلول تقطیر شده بوسیله اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال تیترو مقدار مصرف اسیدسولفوریک در ۱۴ ضرب و مقدار بازهای از ته فرار محاسبه شد [۱].

۲-۲-۵-۵-بررسی رنگ

رنگ نمونه‌های گوشت با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج هانتربل (Hunter Lab، آمریکا)، با اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ (L^* , a^* , b^*) بررسی شد. شاخص‌های L^* ، a^* و b^* به ترتیب شفافیت، قرمزی و زردی نمونه‌ها را نشان دادند. از هر نمونه گوشت ۵ نقطه در نظر گرفته شد و از آن نقطه‌ها تصویربرداری صورت گرفت. رنگ سفید سولفات باریم به عنوان استاندارد استفاده شد [۲۹].

۲-۲-۶-۵-ارزیابی حسی

نمونه‌های فیله (۱۰۰ گرم) به صورت مجزا در مایکروویو (NN-SD9675، پاناسونیک، ژاپن) با شدت ۷۰۰ وات به مدت ۴ دقیقه پخته می‌شود. ویژگی‌های حسی فیله گوشت گوسفند پس از پختن براساس مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای و توسط شش نفر ارزیاب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. پارامترهای مورد بررسی در این بخش شامل مزه، رنگ، بافت، بو و پذیرش کلی می‌باشد. درجه‌بندی کیفی بر مبنای امتیاز یک تا پنج انجام شد (۱=بد، ۲=ضعیف، ۳=متوسط، ۴=خوب، ۵=بسیارخوب) [۳۰، ۳۱].

۲-۳-تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه تحلیل نتایج بدست آمده در آزمون‌های مربوط در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از روش تجزیه واریانس آنووا یک طرفه در سطح اطمینان ۹۵٪ صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد. به منظور کاهش خطا، کلیه آزمایشات در سه تکرار انجام شد.

۳-نتایج و بحث

۳-۱-ترکیبات موثره عصاره

جدول ۲ ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی شناسایی شده در عصاره برگ و گل شمعدانی را به همراه مقادیر آن‌ها (بر حسب میلی گرم بر گرم عصاره خشک) نشان می‌دهد. غلظت ترکیبات فنولیک و فلاونوئیدی در گل شمعدانی بیشتر از برگ است که نشان‌دهنده قدرت آنتی اکسیدانی بالاتر گل در مقایسه با برگ می‌باشد. کوئرستین و کامفرول به عنوان فراوان‌ترین فلاونوئیدها در هر دو عصاره حضور دارند، اما مقدار آن‌ها در گل بسیار بیشتر است. گالیک اسید و کافئیک اسید بیشترین مقدار را در میان ترکیبات فنولیک دارند. نتایج آنالیز HPLC نشان می‌دهد که مقدار ترکیبات فنولیک و فلاونوئیدی اندازه‌گیری شده با مقادیر کل فنولیک، فلاونوئید و فلاوانول تطابق نسبی دارد. در مطالعه قبلی ما مقدار کل ترکیبات فنولیک در گل و برگ شمعدانی به ترتیب ۷۴/۹۷ و ۶۷/۴۶ mg GAE/g DM گزارش شد [۲۴] که مجموع فنولیک‌های شناسایی شده در HPLC مقدار کمتری را نشان می‌دهد. این تفاوت به دلیل وجود ترکیبات فنولیک دیگر است که ممکن است در تحلیل HPLC شناسایی نشده باشند. در مورد فلاونوئیدها، مقدار کل آن‌ها در گل و برگ به ترتیب ۳۱/۹۳ و ۲۳/۰۴ mg QE/g DM اندازه‌گیری شده، درحالی که مجموع فلاونوئیدهای مشخص شده در HPLC برای این دو بخش ۱۸/۸۶ و ۹/۹۳ mg/g بوده که نشان‌دهنده احتمال وجود سایر فلاونوئیدهای ناشناخته در عصاره است. همچنین، مقدار کل فلاوانول‌ها در برگ بیشتر از گل است. این مسئله با مقادیر کوئرستین، کامفرول و ایزورامنتین اندازه‌گیری شده در HPLC همخوانی دارد. به طور کلی، این نتایج نشان می‌دهد که مقدار ترکیبات شناسایی شده در HPLC بخشی از ترکیبات کل موجود در عصاره را تشکیل می‌دهد و بررسی دقیق‌تر سایر ترکیبات می‌تواند به درک بهتری از ترکیب شیمیایی این عصاره‌ها کمک کند. در مطالعه‌ای اچسون و حمدی (۲۰۱۲) حضور مرستین در برگ شمعدانی عطری را به اثبات رساندند [۳۲]. عبدلباکی و همکاران (۲۰۲۲) وجود ترکیباتی نظیر اسید گالیک، کلروژنیک اسید و کافئیک اسید در عصاره برگ شمعدانی عطری را به اثبات رساندند [۱۹].

Table 2. Phenolic and flavonoid compounds

Compounds	Leaf(mg/g)	Flower (mg/g)
Phenolic compounds		
Gallic acid	2.31 ± 0.12 ^b	3.45 ± 0.18 ^a
Caffeic acid	1.87 ± 0.10 ^b	2.94 ± 0.15 ^a
Chlorogenic acid	1.45 ± 0.08 ^b	2.67 ± 0.12 ^a
Ferulic acid	0.98 ± 0.05 ^b	1.76 ± 0.09 ^a
Sinapic acid	0.75 ± 0.04 ^b	1.32 ± 0.06 ^a
p-Coumaric acid	0.68 ± 0.03 ^b	1.21 ± 0.05 ^a
Flavonoid compounds		
Quercetin	3.12 ± 0.16 ^b	5.89 ± 0.22 ^a
Kaempferol	2.67 ± 0.14 ^b	4.75 ± 0.20 ^a
Isorhamnetin	1.32 ± 0.07 ^b	2.84 ± 0.11 ^a
Myricetin	1.14 ± 0.06 ^b	2.15 ± 0.09 ^a
Luteolin	0.92 ± 0.05 ^b	1.78 ± 0.07 ^a
Apigenin	0.76 ± 0.04 ^b	1.45 ± 0.06 ^a

Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) between leaf and flower extracts

۲-۳_ عدد پراکسید و اسید تیوباربتوریک

اکسیداسیون چربی یکی از عوامل اصلی محدودکننده کیفیت و مقبولیت گوشت گوسفند است که باعث ایجاد تغییرات نامطلوب در خواص حسی، شیمیایی و تغذیه‌ای گوشت شده و منجر به تولید ترکیبات سمی بالقوه می‌شود [۱]. نتایج تغییرات عدد پراکسید و اسید تیوباربتوریک در نمونه‌های مختلف گوشت گوسفند طی دوره نگهداری (روز ۰ تا ۱۲) نشان داد که هر دو شاخص اکسیداسیون چربی در تمامی تیمارها افزایش یافتند. با این حال، نوع تیمارها تأثیر معناداری در کاهش سرعت این افزایش داشت. تیمارهای حاوی آنتی اکسیدان‌های طبیعی و سنتزی، به‌ویژه عصاره‌های نانوریزپوشانی شده (MIXL و MIXF)، روند افزایش PV و TBA را به طور قابل توجهی کاهش دادند. تیمار BHT نیز عملکرد بسیار خوبی در کنترل پراکسیداسیون نشان داد، اما اثربخشی آن کمتر از عصاره‌های نانوریزپوشانی شده بود. در مقابل، عصاره‌های آزاد شمع‌دانی (LFRE و FFRE) با وجود داشتن خواص آنتی اکسیدانی، تأثیر کمتری نسبت به BHT و عصاره‌های نانوریزپوشانی شده داشتند. بررسی عدد پراکسید نشان داد که تیمارهای حاوی عصاره نانوریزپوشانی شده به دلیل تثبیت ترکیبات آنتی اکسیدانی توانستند به طور معناداری افزایش پراکسید را مهار کنند. همچنین، در شاخص TBA،

که نمایانگر تشکیل مالون‌دی‌آلدئید (MDA) به عنوان محصول نهایی اکسیداسیون چربی‌ها است، نتایج مشابهی مشاهده شد. تیمارهای نانوریزپوشانی شده به ویژه بعد از روز ۶ دوره نگهداری بهترین عملکرد را در کاهش تشکیل MDA داشتند. به طور کلی، نتایج نشان داد که نانوریزپوشانی عصاره‌های شمع‌دانی با افزایش پایداری و کارایی آنتی اکسیدان‌ها، نقش مهمی در کاهش اکسیداسیون چربی‌ها و بهبود کیفیت نگهداری گوشت گوسفند ایفا می‌کند. تفاوت‌های معناداری بین تیمارهای مختلف، به‌ویژه در روزهای ۶ و ۱۲، تأیید کننده اهمیت استفاده از آنتی اکسیدان‌های نانوریزپوشانی شده در مقایسه با ترکیبات آزاد و سنتزی را نشان می‌دهد. اثربخشی ترکیبات فنولی گیاهی در کاهش اکسیداسیون لیپیدها عمدتاً به دلیل فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد و خاصیت شلاته‌کنندگی فلزات است. این ترکیبات با فروپاشی هیدروپراکسیدهای چربی، فرآیند اکسیداسیون را به تأخیر می‌اندازند. با این حال، توانایی ترکیبات فنولی مختلف در مهار اکسیداسیون چربی متفاوت است [۳۳]. مطالعات پیشین نیز نشان داده‌اند که عصاره‌های گیاهی، چه به صورت آزاد و چه در قالب ریزپوشانی شده در پوشش‌های خوراکی، قادر به کاهش مقدار اکسیداسیون چربی در نمونه‌های گوشتی طی دوره نگهداری هستند [۳، ۳۱]. این نتایج با یافته‌های حس و

آناناس [۴۰] توانایی قوی در جلوگیری از اکسیداسیون لیپید از خود نشان داده‌اند. این جلوگیری عمدتاً به دلیل قابلیت بالای ترکیبات زیست‌فعال گیاهی در خنثی‌سازی رادیکال‌های واکنشی تولید شده طی اکسیداسیون لیپید است [۴۱]. ترکیبات فنولی موجود در هر دو شکل عصاره شمعدانی مسئول اثر مهارکننده بر اکسیداسیون لیپید هستند، زیرا با قطع واکنش‌های زنجیره‌ای رادیکالی در طول فرایند اکسیداسیون، خاصیت آنتی‌اکسیدانی از خود نشان می‌دهند.

همکاران (۲۰۱۷) که گزارش کردند عصاره پوست گندم سیاه به‌طور مؤثری اکسیداسیون لیپید را در گوشت منجمد کاهش می‌دهد، مطابقت دارد [۳۴]. مطالعات قبلی تأیید کرده‌اند که اکسیداسیون لیپید در گوشت قرمز چرخ‌کرده یا خردشده می‌تواند به‌طور قابل توجهی توسط عصاره‌های آویشن وحشی، ریحان شیرین، آلتا و پوست انار مهار شود [۳۵-۳۷]. علاوه بر این، عصاره‌های ریزپوشانی شده مانند پوست انار [۱، ۳۸]، پوست آووکادو [۳۹]، برگ بو [۳۱] و پوست

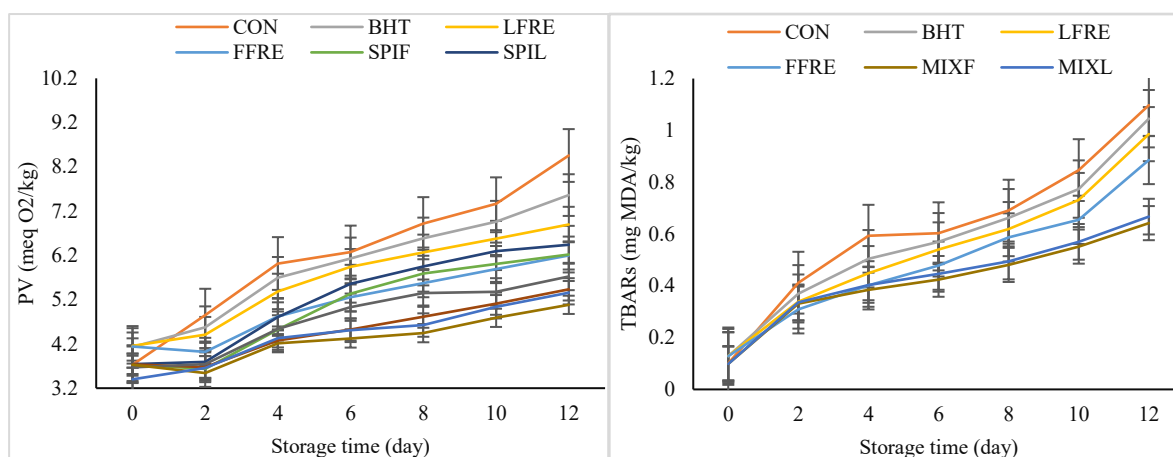


Fig. 1. Changes in the peroxide value and thiobarbituric acid of different mutton samples during storage

تیمار BHT که حاوی آنتی‌اکسیدان سنتزی بود، توانست تا حدودی رشد این باکتری‌ها را مهار کند و میزان PTC را در پایان دوره نگهداری به $5/71$ Log CFU/g کاهش دهد. با این حال، این مقدار همچنان نسبت به سایر تیمارها عملکرد ضعیف‌تری را نشان می‌دهد. تیمارهای حاوی عصاره‌های آزاد برگ و گل شمعدانی (FFRE و LFRE) نیز تأثیر مهاری قابل توجهی بر رشد باکتری‌های سرمادوست داشتند. در این تیمارها، میزان PTC در روز دوازدهم به ترتیب به $4/76$ و $4/55$ Log CFU/g کاهش یافت که بهبود معناداری در مقایسه با نمونه شاهد و تیمار BHT بود. این نتایج نشان‌دهنده پتانسیل مناسب عصاره‌های برگ و گل شمعدانی در کاهش رشد این میکروارگانیسم‌ها است. از سوی دیگر، تیمارهای حاوی عصاره‌های نانوریزپوشانی‌شده عملکرد بسیار بهتری نسبت به عصاره‌های آزاد و آنتی‌اکسیدان سنتزی داشتند. بهترین عملکرد در مهار رشد باکتری‌های سرمادوست مربوط به تیمارهای ترکیبی (MIXL و MIXF)

۳-۳ شمارش کلی میکروب

کیفیت گوشت طی فرآیند نگهداری به دلیل فساد میکروبی و شیمیایی کاهش می‌یابد و این موضوع از طریق پارامترهای مختلفی نظیر تعداد باکتری‌های سرمادوست (PTC) قابل ارزیابی است. عامل اصلی فساد محصولات گوشتی، رشد سریع میکروارگانیسم‌ها است. به طور کلی، زمانی که تعداد کل باکتری‌های زنده در محصولات گوشتی از مقدار 10^6 CFU/g فراتر رود، گوشت غیرقابل مصرف در نظر گرفته می‌شود [۴۲]. نتایج مربوط به شمارش باکتری‌های سرمادوست (PTC) به صورت Log CFU/g در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در نمونه شاهد (CON) که هیچ‌گونه تیمار محافظتی نداشت، رشد باکتری‌های سرمادوست به‌صورت پیوسته افزایش یافت که با یافته‌های پژوهشگران دیگر همخوانی دارد [28]. در روز دوازدهم نگهداری، میزان PTC در این تیمار به $7/18$ Log CFU/g رسید که نشان‌دهنده فساد شدید میکروبی است.

زمانی را می توان به وجود ترکیبات زیست فعال، به ویژه پلی فنول ها، در نمونه های پوشش داده شده نسبت داد. پژوهش های پیشین نشان داده اند که پلی فنول های موجود در گیاه شمع دانی دارای خواص آنتی اکسیدانی و ضد باکتریایی هستند [۴۴]. این ترکیبات با طیف گسترده ای از فعالیت های ضد باکتریایی، قادر به مهار رشد باکتری های گرم مثبت و گرم منفی هستند و می توانند تغییرات مورفولوژیکی در میکروارگانیسم ها ایجاد کرده و دیواره سلولی باکتری را تخریب کنند [۳۲، ۴۵، ۴۶]. این نتایج با یافته های ژو و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد که از پوشش حاوی روغن کاملیا در ترکیب با کاراگینان و گلوکومانان برای افزایش کیفیت گوشت مرغ استفاده کردند. پوشش مورد نظر کاهش معناداری در شمارش میکروبی نشان داد ($P < 0.05$) و ماندگاری گوشت را با مهار رشد میکروبی به طور قابل توجهی افزایش داد [۴۷].

بود که از صمغ دانه شنبلیله و ایزوله پروتئینی سویا به همراه عصاره های نانوکپسوله شده استفاده کرده بودند. در این تیمارها، میزان PTC در روز دوازدهم به ترتیب به ۲/۹۷ و ۳/۱۲ Log CFU/g کاهش یافت. این کاهش نشان دهنده اثر هم افزایی میان صمغ و پروتئین در مهار رشد میکروبی است. بررسی های آماری نیز نشان داد که اختلافات معنی داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. تیمارهای نانوکپسوله شده به ویژه MIXF و MIXL به طور معناداری رشد باکتری های سرمادوست را نسبت به تیمارهای دیگر کاهش دادند ($P < 0.05$). این نتایج بیانگر آن است که نانوریزپوشانی عصاره های طبیعی در ترکیب با حامل های مناسب می تواند به عنوان یک روش مؤثر برای مهار رشد میکروبی در دماهای پایین و افزایش ماندگاری مواد غذایی استفاده شود. اعمال پوشش، به عنوان یک سد محافظ، از تماس مستقیم گوشت با محیط جلوگیری کرده و انتقال مواد مغذی به سلول های میکروبی را محدود می کند [۴۳]. این تفاوت

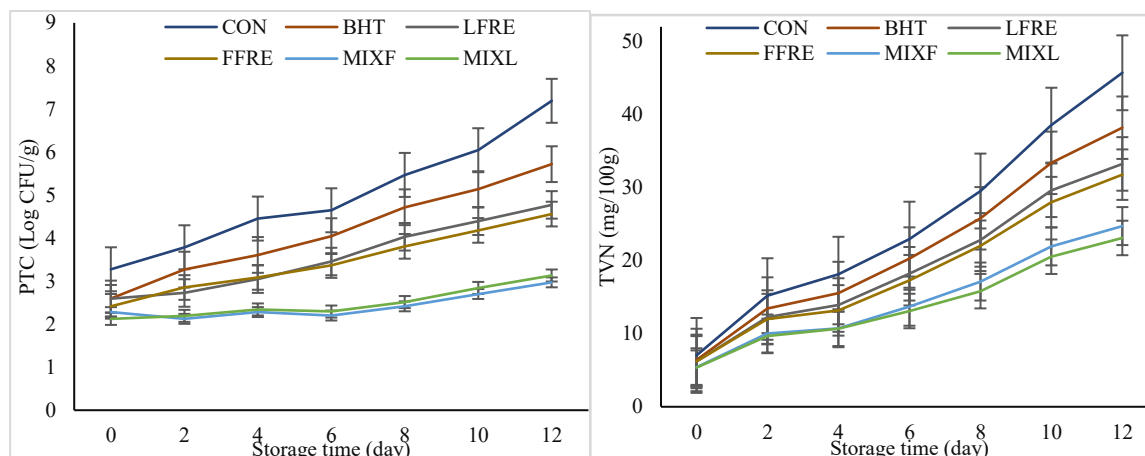


Fig. 2. Changes in the total psychrophilic bacteria and total volatile nitrogen basic of different mutton samples during storage

فساد، واکنش های آنزیمی خودبخودی در گوشت طی دوره نگهداری و کاتابولیسم آمینواسیدها و نوکلئوتیدها تولید می شوند. مقدار TVB-N به طور مستقیم به فعالیت میکروارگانیسم ها و میزان فساد وابسته است. آنزیم های درونزا و فعالیت باکتری های موجود در گوشت هر دو نقش قابل توجهی در افزایش مقادیر بازهای نیتروژنی فرار دارند و می توانند به عنوان یک شاخص حساس برای ارزیابی تازگی و کیفیت غذاهای دریایی استفاده شوند [۴۸]. نتایج مربوط به

۳-۴. بازهای از ته فرار

یکی از شاخص های شیمیایی کلیدی برای تعیین میزان فساد در غذاهای دریایی، مقادیر بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) است. این شاخص به مجموع ترکیبات نیتروژنی فرار مانند تری متیل آمین (TMA)، دی متیل آمین (DMA)، آمونیاک و دیگر ترکیبات حاوی نیتروژن اطلاق می شود. این ترکیبات در نتیجه فرآیندهای مختلف شامل فعالیت باکتری های عامل

نیتروژنی فرار تبدیل می‌کنند، دارد. افزایش سطح بازهای ازته فرار مشاهده شده در گوشت چرخ کرده ذخیره شده در شرایط سرد در نمونه شاهد می‌تواند با تجزیه مواد حاوی نیتروژن به دلیل فرآیندهای میکروبی مرتبط باشد [۱]. به طور مشابه، البتلاگی و همکاران (۲۰۲۲) گزارش دادند که بازهای ازته فرار در طول زمان در نمونه های گوشت افزایش یافت و نمونه تیمار شده با ۰/۵ درصد عصاره پوست انار خام بازهای ازته فرار کمتری نسبت به نمونه حاوی ۰/۱٪ BHT نشان داد [۴۹].

۳-۵- تغییرات رنگ

نتایج بررسی شاخص‌های رنگی نمونه‌ها طی دوره نگهداری در جدول ۳ ارائه شده است. شاخص L (روشنایی) در تمامی تیمارها کاهش معنی‌داری داشت ($P<0.05$). بیشترین کاهش در تیمار شاهد (CON) مشاهده شد که مقدار آن از ۳۹/۸۲ در روز صفر به ۳۵/۵۴ در روز دوازدهم رسید. تیمار حاوی آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT کاهش روشنایی کمتری نشان داد و تیمارهای حاوی عصاره‌های آزاد (LFRE و FFRE) نیز اثرات مثبتی داشتند، اما عملکردشان ضعیف‌تر از BHT و تیمارهای نانوریزپوشانی‌شده بود. تیمارهای ترکیبی (MIXL و MIXF) با استفاده از ایزوله پروتئین سویا و صمغ دانه شنبلیله بهترین حفظ روشنایی را داشتند.

شاخص a (قرمزی) نیز طی دوره نگهداری در تمامی تیمارها کاهش یافت. تیمار شاهد بیشترین افت قرمزی را نشان داد (از ۱۶/۸۲ به ۱۳/۱۲). تیمار BHT عملکرد بهتری در حفظ رنگ قرمز داشت (از ۱۶/۸۸ به ۱۴/۳۱)، و تیمارهای LFRE و FFRE نیز کاهش کمتری نسبت به شاهد نشان دادند. تیمارهای نانوریزپوشانی‌شده (MIXL و MIXF) کمترین کاهش را داشتند و توانستند به‌طور مؤثری از قرمزی نمونه‌ها محافظت کنند. دئوس و همکاران (۲۰۱۷) تغییرات میزان روشنی نمونه‌های گوشت بوقلمون پوشش‌دهی شده با نانوذرات نقره را در طی ۱۲ روز نگهداری بررسی کردند و

بازهای ازته فرار (TVN) در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود روند افزایشی این ترکیبات در تمامی تیمارها طی دوره نگهداری مشهود است. این افزایش ناشی از تجزیه پروتئین‌ها و تولید ترکیبات قلیایی مانند آمونیاک و آمین‌های فرار توسط میکروارگانیسم‌ها است. در نمونه شاهد (CON)، مقدار TVN به‌طور معناداری ($P<0.05$) افزایش یافت و از مقدار اولیه ۷/۰۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم به ۴۵/۷۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم در روز دوازدهم رسید که بالاترین مقدار بین تمامی تیمارها بود. در تیمار BHT، استفاده از آنتی‌اکسیدان سنتزی توانست تا حدودی سرعت افزایش TVN را کاهش دهد. مقدار این ترکیب در روز دوازدهم به ۳۸/۱۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم رسید که نسبت به تیمار شاهد کاهش معناداری داشت ($P<0.05$). در تیمارهای LFRE و FFRE (عصاره‌های آزاد برگ و گل شمعدانی)، مقدار TVN به ترتیب در روز دوازدهم به ۳۳/۲۳ و ۳۱/۷۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم رسید. این تیمارها به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی عصاره‌ها توانستند افزایش بازهای ازته فرار را به‌طور معناداری کنترل کنند ($P<0.05$). بهترین نتایج مربوط به تیمارهای ترکیبی MIXF و MIXL بود که ترکیبی از ایزوله پروتئین سویا و صمغ دانه شنبلیله را با عصاره‌های نانوریزپوشانی‌شده به کار بردند. مقدار TVN در این تیمارها به ترتیب ۲۴/۷۳ و ۲۳/۱۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم در روز دوازدهم بود که به‌طور معناداری کمتر از سایر تیمارها بود ($P<0.05$). نشان‌دهنده تأثیر بالای فناوری نانوریزپوشانی و استفاده از عصاره‌های طبیعی در کنترل فساد میکروبی و تولید بازهای ازته فرار است. نتایج ارائه شده توسط خلیلی و همکاران (۲۰۲۴) مطابقت دارد. آنها نشان دادند که در تمام نمونه های گوشت چرخ شده بازهای ازته فرار به تدریج افزایش یافت. نمونه گوشت چرخ کرده تیمار شده با عصاره پوست انار نانوکپسوله شده کمترین مقدار بازهای ازته فرار را در مقایسه با عصاره پوست انار آزاد و TBHQ نشان داد. یافته‌ها نشان داد که عصاره‌های گیاهی تأثیر مفیدی بر سرکوب رشد میکروب‌ها، به‌ویژه میکروب‌های پروتئولیتیکی که پروتئین را به ترکیبات

کرده است. این نتایج با آنچه توسط سروینه باغی و همکاران (۲۰۲۱) گزارش گردید مطابقت دارد. آنها نشان دادند در تمام نمونه های مورد بررسی میزان روشنی نمونه ها با گذشت زمان نگهداری کاهش یافته است و اختلاف معنی دار آماری در روز ۰ و روز ۲۰ دوره نگهداری مشاهده شد. نمونه های گوشت تیمار شده با آنتی اکسیدان سنتزی BHT دارای شفافیت، قرمزی و زردی بیشتری بودند و در میان نمونه های تیمار شده کمترین امتیاز مربوط به نمونه تیمار شده با عصاره آزاد پوست پیاز بود. همچنین نمونه های پوشش دهی شده با نانوامولسیون دارای شفافیت و روشنی کمتری نسبت به نمونه حاوی BHT بودند [۵].

نشان دادند که با گذشت زمان نگهداری، پارامتر L^* در نمونه ها کاهش می یابد [۲].

شاخص b^* (زردی) نیز طی نگهداری کاهش یافت. در تیمار شاهد، مقدار زردی از ۱۲/۹۵ به ۸ رسید. تیمار BHT و عصاره های آزاد (LFRE و FFRE) کاهش کمتری نسبت به شاهد نشان دادند. تیمارهای نانوریزپوشانی شده (MIXL و MIXF) بهترین عملکرد را در حفظ زردی رنگ داشتند. به طور کلی، نتایج نشان می دهد که فناوری نانوریزپوشانی، به ویژه با استفاده از ایزوله پروتئین سویا و صمغ دانه شنبلیله، تأثیر مثبتی در حفظ شاخص های رنگی نمونه ها طی دوره نگهداری داشته و از اثرات تخریبی اکسیداسیون جلوگیری

Table 3. Changes in the color index of different mutton samples during storage

Color index	Sample	0	2	4	6	8	10	12
L^*	CON	0.3 ^{Ab} ±39.82	0.2 ^{Bb} ±38.53	0.2 ^{Cfg} ±37.18	0.3 ^{Dg} ±36.70	0.8 ^{Ek} ±36.23	0.2 ^{Fg} ±35.69	0.1 ^{Gg} ±35.54
	BHT	0.2 ^{Ab} ±37.22	0.3 ^{Bi} ±37.01	0.5 ^{Ch} ±36.74	0.3 ^{Dh} ±36.55	0.4 ^{Ek} ±36.19	0.3 ^{Fh} ±35.87	0.2 ^{Gh} ±35.46
	LFRE	0.4 ^{Ab} ±39.22	0.6 ^{Ba} ±38.65	0.3 ^{Ce} ±37.47	0.4 ^{De} ±37.11	0.3 ^{Ek} ±36.63	0.4 ^{Ff} ±36.27	0.3 ^{Gh} ±35.44
	FFRE	0.2 ^{Ac} ±38.73	0.5 ^{Bh} ±37.55	0.9 ^{Cg} ±37.11	0.5 ^{Df} ±36.83	0.3 ^{Ek} ±36.42	0.6 ^{Fg} ±35.77	0.2 ^{Ga} ±35.31
	MIXL	0.5 ^{Ag} ±38.04	0.4 ^{Bf} ±37.92	0.5 ^{Cd} ±37.74	0.2 ^{De} ±37.49	0.4 ^{Ed} ±37.27	0.2 ^{Fd} ±37.09	0.3 ^{Ge} ±36.90
	MIXF	0.1 ^{Ag} ±38.01	0.5 ^{Bg} ±37.74	0.2 ^{Ce} ±37.49	0.2 ^{Dd} ±37.27	0.2 ^{Ek} ±37.09	0.5 ^{Fg} ±36.84	0.5 ^{Gf} ±36.49
a^*	CON	0.1 ^{Ac} ±16.82	0.1 ^{Bfg} ±16.27	0.1 ^{Ce} ±15.85	0.3 ^{Df} ±14.94	0.3 ^{Ek} ±14.38	0.2 ^{Fi} ±14.28	0.4 ^{Gf} ±13.12
	BHT	0.4 ^{Ab} ±16.88	0.3 ^{Bh} ±16.01	0.1 ^{Cf} ±15.47	0.4 ^{Dg} ±14.78	0.1 ^{Ek} ±14.52	0.3 ^{Fh} ±14.43	0.1 ^{Ge} ±14.31
	LFRE	0.2 ^{Ad} ±16.75	0.2 ^{Bg} ±16.24	0.2 ^{Ce} ±15.68	0.3 ^{Dg} ±14.83	0.2 ^{Ek} ±14.66	0.1 ^{Fg} ±14.52	0.3 ^{Gd} ±14.43
	FFRE	0.1 ^{Aa} ±16.92	0.1 ^{Bf} ±16.32	0.1 ^{Cd} ±15.88	0.1 ^{De} ±15.36	0.3 ^{Ek} ±15.02	0.2 ^{Ff} ±14.63	0.1 ^{Gd} ±14.45
	MIXL	0.2 ^{Ad} ±16.73	0.1 ^{Bc} ±16.64	0.1 ^{Ca} ±16.52	0.5 ^{Dab} ±16.37	0.3 ^{Ea} ±16.22	0.2 ^{Fa} ±16.17	0.1 ^{Ga} ±16.03
	MIXF	0.2 ^{Ad} ±16.77	0.1 ^{Bb} ±16.70	0.1 ^{Cb} ±16.43	0.1 ^{De} ±16.25	0.1 ^{Ek} ±16.14	0.1 ^{Fb} ±16.09	0.1 ^{Gb} ±15.92
b^*	CON	0.1 ^{Ab} ±12.95	0.1 ^{Bh} ±12.20	0.1 ^{Cg} ±11.57	0.3 ^{Df} ±10.46	0.3 ^{Ei} ±9.63	0.2 ^{Fj} ±9.14	0.4 ^{Gj} ±8.0
	BHT	0.4 ^{Aa} ±13.00	0.3 ^{Bh} ±12.17	0.1 ^{Ch} ±11.45	0.4 ^{Df} ±10.49	0.1 ^{Ek} ±9.87	0.3 ^{Fi} ±9.52	0.1 ^{Gi} ±8.87
	LFRE	0.2 ^{Ac} ±12.90	0.2 ^{Bg} ±12.34	0.2 ^{Cf} ±11.76	0.3 ^{De} ±10.68	0.2 ^{Ek} ±10.12	0.1 ^{Fh} ±9.73	0.3 ^{Gh} ±9.09
	FFRE	0.1 ^{Aa} ±13.03	0.1 ^{Bf} ±12.40	0.1 ^{Ce} ±11.91	0.1 ^{De} ±11.21	0.3 ^{Ek} ±10.51	0.2 ^{Fg} ±9.95	0.1 ^{Gg} ±9.25
	MIXF	0.2 ^{Ad} ±12.88	0.1 ^{Bc} ±12.65	0.1 ^{Ca} ±12.39	0.5 ^{Daa} ±12.28	0.3 ^{Ek} ±12.17	0.2 ^{Fb} ±11.97	0.1 ^{Gb} ±11.22
	MIXL	0.2 ^{Abc} ±12.91	0.1 ^{Bbc} ±12.69	0.1 ^{Cbc} ±12.35	0.1 ^{CDa} ±12.32	0.1 ^{Da} ±12.27	0.1 ^{Ea} ±12.07	0.1 ^{Fa} ±11.46

Uppercase letters in each row indicate significant statistical differences between days of storage at $p < 0.05$.

Lowercase letters in each column indicate significant statistical differences between samples at $p < 0.05$.

مشابهی را تجربه کرد و امتیاز آن از ۴/۶۶ به ۲/۸۳ رسید. در مقابل، تیمارهای ترکیبی (MIXL و MIXF) بهترین عملکرد را در حفظ رنگ نشان دادند؛ به طوری که امتیازات آنها در روز ۱۲ به ترتیب به ۴/۱۶ و ۴ کاهش یافتند. نوع تیمار نقش مهمی در حفظ ویژگی های بویایی داشت. تیمار کنترل و BHT با کاهش شدید امتیاز بو از مقادیر اولیه ۴/۸۳ و ۵ به

۳-۶_خصوصیات حسی

نتایج ارزیابی حسی رنگ نمونه های مختلف گوشت طی دوره نگهداری در شکل ۳ نشان داد که نوع تیمار تأثیر معناداری بر کیفیت رنگ داشت. تیمار کنترل با کاهش شدید امتیاز رنگ از ۴/۸۳ در روز صفر به ۲/۱۶ در روز ۱۲، ضعیف ترین عملکرد را نشان داد. تیمار BHT نیز کاهش

طعم داشت. تیمارهای ترکیبی (MIXL و MIXF) با حفظ امتیازات طعمی بالاتر (۴ و ۴ در روز ۱۲) بهترین عملکرد را داشتند. همانطور که شکل ۳ مشاهده می‌شود امتیاز حسی بافت در تیمار کنترل به دلیل تخریب ساختاری به شدت کاهش یافت (از ۵ به ۲/۸۳). تیمار BHT نیز با کاهش تدریجی به امتیاز ۳ رسید. در مقابل، تیمارهای ترکیبی MIXL و MIXF کمترین کاهش را تجربه کردند و امتیاز نهایی آن‌ها به ۴/۱۶ رسید. این نتایج بر تأثیر مثبت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و پایدارکننده تأکید دارند.

۲ و ۲/۶۶ در روز ۱۲، ضعیف‌ترین عملکرد را نشان دادند. در مقابل، تیمارهای ترکیبی (MIXL و MIXF) بهترین عملکرد را داشتند و امتیازات آن‌ها در پایان دوره نگهداری به ترتیب به ۳/۶۶ و ۳/۸۳ رسید. این نتایج بیانگر تأثیر هم‌افزایی ترکیبات فعال در این تیمارها است. مطابق با در شکل ۳ کیفیت طعمی نمونه‌ها طی دوره نگهداری کاهش یافت. تیمار کنترل افت شدیدی از ۴/۸۳ به ۲/۳۳ در روز ۱۲ را نشان داد. تیمار BHT نیز با کاهش امتیاز از ۴/۸۳ به ۲/۸۳ عملکرد بهتری داشت، اما همچنان محدودیت‌هایی در حفظ

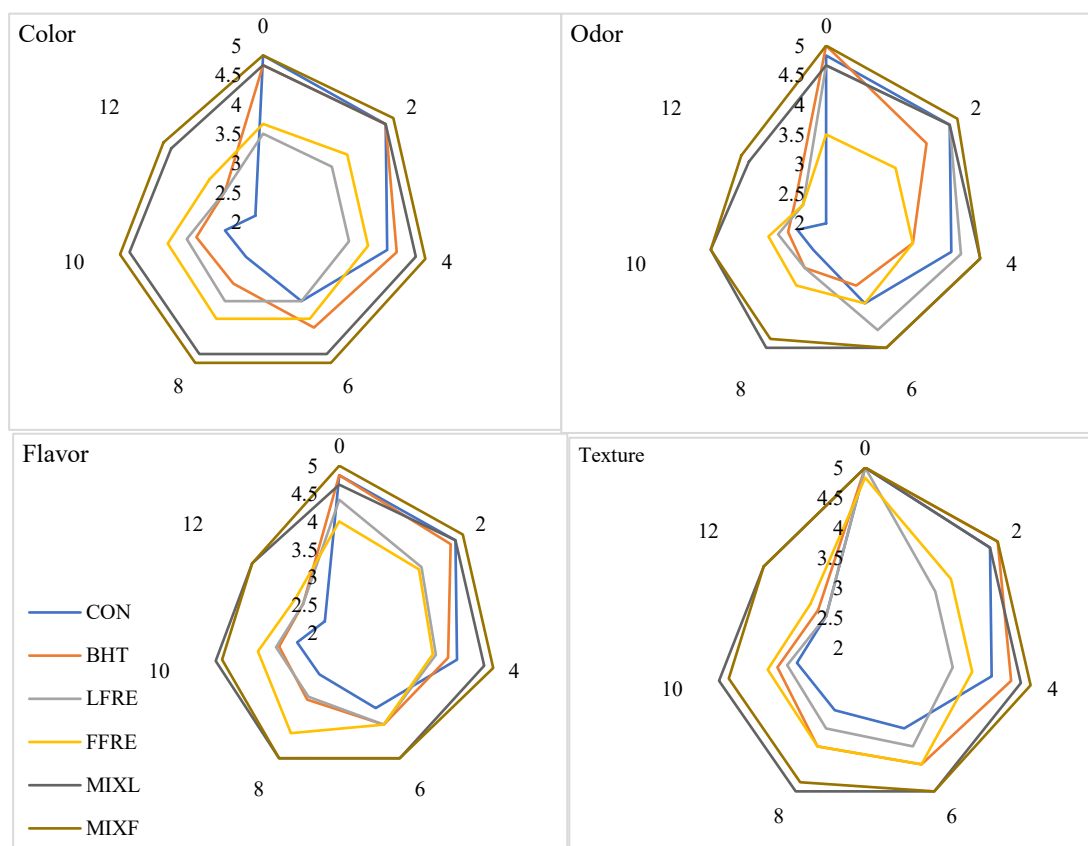


Fig. 3. Changes in sensory evaluation scores for color, odor, taste, and texture of different mutton meat samples during the storage

برخی شاخص‌های مقبولیت محصول می‌شود، زیرا ثابت شده است که اسیدهای چرب آزاد بر ثبات پروتئین‌ها تأثیر دارند و موجب تخریب بافت از طریق واکنش با پروتئین‌ها می‌شوند. ریزپوشانی از عطر و طعم ناخواسته ترکیبات فنولی جلوگیری می‌کند [۳۱] سروینه باغی و همکاران (۲۰۲۱) علت بالاتر بودن امتیاز حسی در نمونه‌های حاوی عصاره پیاز را ترکیبات ارگانوسولفور موجود در عصاره پیاز اعلام

روند تغییرات خصوصیات حسی در تیمارها در طول مدت نگهداری با تغییرات اکسیداسیون و رشد میکروبی هم‌راستا بود. این امر به دلیل اکسیداسیون چربی‌ها است که منجر به تخریب و افت کیفیت حسی، کاهش مواد مغذی (از جمله کاهش اسیدهای چرب چند غیر اشباع ضروری) و تولید محصولات سمی اکسیداسیون می‌شود. همچنین، افزایش هیدرولیز چربی و تجمع اسیدهای چرب آزاد باعث کاهش

در جدول ۴ مشاهده می شود که امتیاز پذیرش کلی در تیمار کنترل از ۵ به ۲/۳۳ کاهش یافت. تیمار BHT نیز روند مشابهی داشت و امتیاز آن به ۲/۸۳ رسید. تیمارهای ترکیبی MIXF و MIXL با کاهش محدود امتیاز به ترتیب به ۳/۸۳ و ۴ در روز ۱۲، بهترین عملکرد را در حفظ پذیرش کلی داشتند. تیمارهای ترکیبی (MIXL و MIXF) به دلیل تأثیر هم افزایی ترکیبات فعال، بهترین عملکرد را در حفظ ویژگی های حسی (رنگ، بو، طعم، بافت و پذیرش کلی) نمونه های گوشت طی دوره نگهداری نشان دادند. این نتایج اهمیت استفاده از آنتی اکسیدان ها و پایدارکننده های طبیعی را در بهبود ماندگاری محصولات گوشتی برجسته می کند.

نمودند که عامل اصلی طعم و بوی مشخص پیاز است و بر خواص حسی تکه های گوشت تیمار شده با غلظت بالاتر عصاره پیاز تأثیر می گذارد [۵۰، ۵۱، ۵۲]. ثانی و همکاران (۲۰۱۷) خصوصیات حسی رنگ، بو، بافت و پذیرش کلی نمونه گوشت بره پوشش دهی شده را با نمونه بدون پوشش مقایسه کردند. نتایج نشان داد با گذشت زمان نگهداری، تمامی خصوصیات حسی در نمونه ها کاهش می یابد و امتیاز حسی نمونه بدون پوشش همواره کمتر از نمونه های پوشش دهی شده بود و با نتایج بدست آمده در این پژوهش همخوانی داشت [۵۲]. محمودزاده و همکاران (۲۰۱۰) نتایج مشابهی در خصوص استفاده از عصاره رزماری در برگر ماهی و افزایش عمر نگهداری و بهبود خصوصیات حسی تا روز دهم ارائه کردند [۵۳].

Table 4. Changes in sensory evaluation scores for overall acceptance of different mutton meat samples during storage

Color index	Sample	0	2	4	6	8	10	12
	CON	5±0.0 ^{Aa}	4.66±0.3 ^{Bab}	4.16±0.1 ^{Cb}	3.5±0.1 ^{Db}	2.83±0.3 ^{Ec}	2.66±0.3 ^{Ec}	2.33±0.1 ^{Fc}
	BHT	5±0.0 ^{Aa}	4.5±0.1 ^{Ba}	4.0±0.1 ^{Ca}	3.83±0.1 ^{Ca}	3.33±0.3 ^{Db}	3.16±0.3 ^{Db}	2.83±0.3 ^{Eb}
	LFRE	4.66±0.9 ^{Ac}	3.83±0.3 ^{Bb}	3.83±0.3 ^{Bba}	3.66±0.3 ^{Bab}	3.33±0.1 ^{CDb}	3.16±0.1 ^{Db}	2.66±0.3 ^{Eb}
	FFRE	4.16±0.1 ^{Ac}	3.83±0.1 ^{Bba}	3.72±0.3 ^{Bab}	3.66±0.3 ^{BCb}	3.66±0.1 ^{BCb}	3.5±0.1 ^{Cb}	3.0±0.3 ^{Db}
	MIXL	5±0.0 ^{Aa}	4.66±0.3 ^{Bba}	4.66±0.3 ^{BCa}	4.5±0.1 ^{Ca}	4.5±0.1 ^{Ca}	4.33±0.1 ^{Da}	3.83±0.1 ^{Ea}
	MIXF	5±0.0 ^{Aa}	4.83±0.3 ^{Bba}	4.83±0.1 ^{Ba}	4.5±0.1 ^{Ca}	4.5±0.1 ^{Ca}	4.33±0.3 ^{Da}	4.0±0.3 ^{Ea}

Uppercase letters in each row indicate significant statistical differences between days of storage at $p < 0.05$.

Lowercase letters in each column indicate significant statistical differences between samples at $p < 0.05$.

۴- نتیجه گیری

عدد اسید تیوباربیتوریک کمتری داشتند و همچنین نرخ رشد باکتری های سرمادوست در این نمونه ها کمتر بود. نتایج این تحقیق پیشنهاد می نماید که استفاده از فرآیند نانوریزپوشانی می تواند کارایی عصاره های گیاهی را به عنوان یک ترکیب نگهدارنده طبیعی افزایش دهد. عصاره گل شمعدانی می تواند به عنوان یک ترکیب قابل رقابت با نگهدارنده سنتزی BTH مورد استفاده قرار بگیرد.

در این پژوهش برای نخستین بار عصاره برگ و گل شمعدانی به عنوان یک ترکیب آنتی اکسیدان و آنتی میکروب طبیعی جهت افزایش عمر ماندگاری فیله گوشت گوسفند معرفی گردید. نتایج نشان داد عصاره برگ و گل شمعدانی به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی خاصیت آنتی-اکسیدانی و آنتی میکروبی دارد و طی دوره نگهداری توانست وقوع واکنش های اکسایش چربی و رشد میکروبی را آهسته تر کند و قابل مقایسه با نگهدارنده سنتزی BHT بود. از سوی دیگر نانوریزپوشانی عصاره ها منجر به بهبود کارایی عصاره ها شد به طوریکه نمونه های گوشت تیمار شده با عصاره نانوریزپوشانی شده دارای بیشترین امتیاز ارزیابی حسی بودند. همچنین از نظر میزان اکسایش چربی، عدد پراکسید و

۵-منابع

- [1]Khalili, M., Najafi, A., & Razavi, R. (2024). Preservative activity of free and nano-encapsulated pomegranate peel extract obtained using cold plasma and ultrasound-assisted method in increasing the shelf life of thigh mutton mince. *Applied Food Research*, 100668 .
- [2]Deus, D., Kehrenberg, C., Schaudien, D., Klein, G., & Krischek, C. J. P. s. (2017). Effect of a nano-silver coating on the quality of fresh turkey meat during storage after modified atmosphere or vacuum packaging. *96*(2), 449-457 .
- [3]Langroodi, A. M., Tajik, H., Mehdizadeh, T., Moradi, M., Kia, E. M., & Mahmoudian, A. (2018). Effects of sumac extract dipping and chitosan coating enriched with Zataria multiflora Boiss oil on the shelf-life of meat in modified atmosphere packaging. *Lwt*, 98, 372-380 .
- [4]Lohita, B., & Sriyaya, M. (2024). Novel Technologies for Shelf-Life Extension of Food Products as a Competitive Advantage: A Review. *Food Production, Diversity, and Safety Under Climate Change*, 285-306 .
- [5]Sarvinehbaghi, M. B., Ahmadi, M., Shiran, M., & Azizkhani, M. (2021). Antioxidant and antimicrobial activity of red onion (*Allium cepa* , L.) extract nanoencapsulated in native seed gums coating and its effect on shelf-life extension of beef fillet. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-10 .
- [6]Fatemi, A., Najafi, A., Razavi, R., & Jafarzadeh, S. (2024). Characterizing the antioxidant and antifungal properties of nano-encapsulated pistachio hull extract in fenugreek seed gum to maintain the quality and safety of fresh pistachio. *Food science & nutrition* .
- [7]Ahmadian, S., Kenari, R. E., Amiri, Z. R., Sohbatzadeh, F., & Khodaparast, M. H. H. (2024). Fabrication of double nano-emulsions loaded with hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) extract stabilized with soy protein isolate alone and combined with chia seed gum in controlling the oxidative stability of canola oil. *Food Chemistry*, 430, 137093 .
- [8]Ebrahimian, P., Najafi, A., & Abedinia, A. (2024). Effect of Nanoencapsulated Pistachio Green Hull Extract in the Carboxymethyl Cellulose and Soy Protein Isolate Edible Coatings on Shelf-Life Quality of Fresh Pistachio. *Journal of food processing and preservation*, 2024(1), 5524814 .
- [9]Xu, L., Wang, T., Shan, Y., Wang, R., & Yi, C. (2024). Soybean protein isolate inhibiting the retrogradation of fresh rice noodles: Combined experimental analysis and molecular dynamics simulation. *Food Hydrocolloids*, 151, 109877 .
- [10]Chukwuejim, S., & Aluko, R. E. (2024). Comparative study of the emulsifying properties of blue lupin, white lupin, and soybean protein isolates. *Lwt*, 206, 116544 .
- [11]Du, C., Wang, Z., & Zheng, Z. (2023). The preparation of plant-based milk substitutes with antioxidant properties using soybean protein isolate and curcumin composite nanoparticles. *Lwt*, 182, 114780 .
- [12]Draiaia, R., Amri, A., Boubsil, S., Necib, A., Ketfi, L., & Mohamadi, N. (2025). GC/MS analysis, antioxidant and anti-inflammatory activity of *Pelargonium graveolens*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 24(2), 199-211 .
- [13]Al-Mijalli, S. H., Mrabti, H. N., Assaggaf, H., Attar, A. A., Hamed, M., Baaboua, A. E., Omari, N. E., Menyiy, N. E., Hazzoumi, Z., & Sheikh, R. A. (2022). Chemical profiling and biological activities of *Pelargonium graveolens* essential oils at three different phenological stages. *Plants*, 11(17), 2226 .
- [14]Pedraza, P. S. R., Aguirre, O. E. R., & del Carmen, J. (2023). Evaluation Of Antibacterial Activity In *Pelargonium Graveolens*. *International Journal*, 10(2), 3962-3975 .
- [15]Ali, I. B. E., Tajini, F., Boulila, A., Jebri, M.-A., Boussaid, M., Messaoud, C., & Sebaï, H. (2020). Bioactive compounds from Tunisian *Pelargonium graveolens* (L'Hér.) essential oils and extracts: α -amylase and acetylcholinesterase inhibitory and antioxidant, antibacterial and phytotoxic activities. *Industrial Crops and Products*, 158, 112951 .
- [16]Kenari, R. E., & Razavi, R. (2022). Encapsulation of bougainvillea (*Bougainvillea spectabilis*) flower extract in *Urtica dioica* L. seed gum: Characterization, antioxidant/antimicrobial properties, and in vitro

- digestion. *Food science & nutrition*, 10(10), 3436-3443 .
- [17]Sanhueza, L., García, P., Giménez, B., Benito, J. M., Matos, M., & Gutiérrez, G. (2022). Encapsulation of pomegranate peel extract (*Punica granatum* L.) by double emulsions: Effect of the encapsulation method and oil phase. *Foods*, 11(3), 310 .
- [18]Rahnemoon, P., Sarabi-Jamab, M., Bostan, A., & Mansouri, E. (2021). Nano-encapsulation of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extract and evaluation of its antimicrobial properties on coated chicken meat. *Food Bioscience*, 101331 .
- [19]Abdelbaky, A. S., Abd El-Mageed, T. A., Babalghith, A. O., Selim, S., & Mohamed, A. M. (2022). Green synthesis and characterization of ZnO nanoparticles using *Pelargonium odoratissimum* (L.) aqueous leaf extract and their antioxidant, antibacterial and anti-inflammatory activities. *Antioxidants*, 11(8), 1444 .
- [20]Mekky, R. H., Abdel-Sattar, E., Segura-Carretero, A., & Contreras, M. d. M. (2019). Phenolic compounds from sesame cake and antioxidant activity: A new insight for agri-food residues' significance for sustainable development. *Foods*, 8(10), 432 .
- [21]Esmaeilzadeh Kenari, R & ,Razavi, R. (2022). Phenolic profile and antioxidant activity of free/bound phenolic compounds of sesame and properties of encapsulated nanoparticles in different wall materials. *Food science & nutrition* .
- [22]Khoshakhlagh, K., Koocheki, A., Mohebbi, M., & Allafchian, A. (2017). Development and characterization of electrosprayed *Alyssum homolocarpum* seed gum nanoparticles for encapsulation of d-limonene. *Journal of colloid and interface science*, 490, 562-575 .
- [23]Jooyandeh, H., Ebrahimi Hemmati Kaykha, M., Alizadeh Behbahani, B., & Noshad, M. (2023). Evaluating the quality of mutton meat coated with *Cordia myxa* fruit mucilage containing *Rosmarinus officinalis* essential oil during cold storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(3), 2062-2074 .
- [24]Ebrahimi, F., Habibi, N., & Hosseini, M. (2025). Nano-Coating Loaded With Leaf and Flowers of *Pelargonium graveolens* Plant Extract Stabilized With Fenugreek Seed Gum and Soy Protein Isolate in Increasing the Shelf Life of Mutton Fillet. *Food science & nutrition*, 13(1), e4618 .
- [25]Volpe, M., Siano, F., Paolucci, M., Sacco, A., Sorrentino, A., Malinconico, M., & Varricchio, E. (2015). Active edible coating effectiveness in shelf-life enhancement of trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 615-622 .
- [26]AOCS. (2017). *Official methods and recommended practices of the AMOS*. AMOS press Champaign .
- [27]Jridi, M., Mora, L., Souissi, N., Aristoy, M.-C., Nasri, M., & Toldrá, F. (2018). Effects of active gelatin coated with henna (*L. inermis*) extract on beef meat quality during chilled storage. *Food Control*, 84, 238-245 .
- [28]Song, W., Du, Y., Yang, C., Li, L., Wang, S., Liu, Y., & Wang, W. (2020). Development of PVA/EVA-based bilayer active film and its application to mutton. *Lwt*, 133, 110109 .
- [29]Stadnik, J., Dolatowski, Z. J. J. E. F. R., & Technology. (2011). Influence of sonication on Warner-Bratzler shear force, colour and myoglobin of beef (*m. semimembranosus*). 233(4), 553 .
- [30]Liu, Q., Zhang, M., Bhandari, B., Xu, J., & Yang, C. (2020). Effects of nanoemulsion-based active coatings with composite mixture of star anise essential oil, polylysine, and nisin on the quality and shelf life of ready-to-eat Yao meat products. *Food control*, 107, 106771 .
- [32]Tometri, S. S., Ahmady, M., Ariaii, P., & Soltani, M. S. (2020). Extraction and encapsulation of *Laurus nobilis* leaf extract with nano-liposome and its effect on oxidative, microbial, bacterial and sensory properties of minced beef. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-12 .
- [33]Hsouna, A. B., & Hamdi, N. (2012). Phytochemical composition and antimicrobial activities of the essential oils and organic extracts from *Pelargonium graveolens* growing in Tunisia. *Lipids in health and disease*, 11, 1-7 .
- [34]Hosseinalhashemi, M., Tavakoli, J., Rafati, A., & Ahmadi, F. (2020). The application of *Pistacia khinjuk* extract nanoemulsion in a biopolymeric coating to improve the shelf life

extension of sunflower oil. *Food science & nutrition*.

[35]Hęś, M., Szwengiel, A., Dziedzic, K., Le Thanh-Blicharz, J., Kmiecik, D., & Górecka, D. (2017). The effect of buckwheat hull extract on lipid oxidation in frozen-stored meat products. *Journal of Food Science*, 82(4), 882-889.

[36]Fourati, M., Smaoui, S., Ben Hlima, H., Elhadeif, K., Chakchouk Mtibaa, A., & Mellouli, L. (2020). Variability in phytochemical contents and biological potential of pomegranate (*Punica granatum*) peel extracts: toward a new opportunity for minced beef meat preservation. *Journal of Food Quality*, 2020, 1-14.

[37]Falowo, A. B., Mukumbo, F. E., Idamokoro, E. M., Afolayan, A. J., & Muchenje, V. (2019). Phytochemical constituents and antioxidant activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil on ground beef from boran and nguni cattle. *International journal of food science*, 2019.

[38]Elhadeif, K., Smaoui, S., Hlima, H. B., Ennouri, K., Fourati, M., Mtibaa, A. C., Ennouri, M., & Mellouli, L. (2020). Effects of Ephedra alata extract on the quality of minced beef meat during refrigerated storage: A chemometric approach. *Meat science*, 170, 108246.

[38]Morsy, M. K., Mekawi, E., & Elsabagh, R. (2018). Impact of pomegranate peel nanoparticles on quality attributes of meatballs during refrigerated storage. *Lwt*, 89, 489-495.

[39]Calderón-Oliver, M., Escalona-Buendía, H. B., & Ponce-Alquicira, E. (2020). Effect of the addition of microcapsules with avocado peel extract and nisin on the quality of ground beef. *Food science & nutrition*, 8(3), 1325-1334.

[40]Lourenço, S. C., Fraqueza, M. J., Fernandes, M. H., Moldão-Martins, M., & Alves, V. D. (2020). Application of edible alginate films with pineapple peel active compounds on beef meat preservation. *Antioxidants*, 9(8), 667.

[41]Ahmad, A. S., Sae-Leaw, T., Zhang, B., & Benjakul, S. (2024). Antioxidant and antimicrobial activities of ethanolic jik (*Barringtonia acutangula*) leaf extract and its application for shelf-life extension of Pacific white shrimp meat during refrigerated storage. *Food Control*, 155, 110037.

[42]Mohammadi, H., Kamkar, A., & Misaghi, A. (2018). Nanocomposite films based on CMC, okra mucilage and ZnO nanoparticles: Physico mechanical and antibacterial properties. *Carbohydrate polymers*, 181, 351-357.

[43]Zhao, R., Zhang, Y., Chen, H., Song, R., & Li, Y. (2022). Performance of eugenol emulsion/chitosan edible coating and application in fresh meat preservation. *Journal of food processing and preservation*, 46(3), e16407.

[44]El Aanachi, S., Gali, L., Nacer, S. N., Bensouici, C., Dari, K., & Aassila, H. (2020). Phenolic contents and in vitro investigation of the antioxidant, enzyme inhibitory, photoprotective, and antimicrobial effects of the organic extracts of *Pelargonium graveolens* growing in Morocco. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, 101819.

[45]Boukhatem, M. N., Kameli, A., & Saidi, F. (2013). Essential oil of Algerian rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens*): Chemical composition and antimicrobial activity against food spoilage pathogens. *Food Control*, 34(1), 208-213.

[46]Bouzenna, H., & Krichen, L. (2013). *Pelargonium graveolens* L'Her. and *Artemisia arborescens* L. essential oils: chemical composition, antifungal activity against *Rhizoctonia solani* and insecticidal activity against *Rhyssopertha dominica*. *Natural Product Research*, 27(9), 841-846.

[47]Zhou, X., Zong, X., Zhang, M., Ge, Q., Qi, J., Liang, J., Xu, X., & Xiong, G. (2021). Effect of konjac glucomannan/carrageenan-based edible emulsion coatings with camellia oil on quality and shelf-life of chicken meat. *International journal of biological macromolecules*, 183, 331-339.

[48]Bagheri, R., Izadi Amoli, R., Tabari Shahndasht, N., & Shahosseini, S. R. (2016). Comparing the effect of encapsulated and unencapsulated fennel extracts on the shelf life of minced common kilka (*C. lupeolus*) and *Pseudomonas aeruginosa* inoculated in the mince. *Food science & nutrition*, 4(2), 216-222.

[49]ElBeltagy, A. E., Elsayed, M., Khalil, S., Kishk, Y. F., Abdel Fattah, A. F. A., & Alharthi, S. S. (2022). Physical, Chemical, and Antioxidant Characterization of Nano-

Pomegranate Peel and Its Impact on Lipid Oxidation of Refrigerated Meat Ball. *Journal of Food Quality*, 2022 .

[50]Manohar, C. M., Xue, J., Murayyan, A., Neethirajan, S., & Shi, J. (2017). Antioxidant activity of polyphenols from Ontario grown onion varieties using pressurized low polarity water technology. *Journal of Functional Foods*, 31, 52-62 .

[51]Santas, J., Almajano, M. P., & Carbó, R. (2010). Antimicrobial and antioxidant activity of crude onion (*Allium cepa*, L.) extracts. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(2), 403-409 .

[52]Sani, M. A., Ehsani, A., & Hashemi, M. (2017). Whey protein isolate/cellulose nanofibre/TiO₂ nanoparticle/rosemary essential oil nanocomposite film: Its effect on microbial and sensory quality of lamb meat and growth of common foodborne pathogenic bacteria during refrigeration. *International journal of food microbiology*, 251, 8-14 .

[53]Mahmoudzadeh, M., Motallebi, A., Hosseini, H., Haratian, P., Ahmadi, H., Mohammadi, M., & Khaksar, R. (2010). Quality assessment of fish burgers from deep flounder (*Pseudorhombus elevatus*) and brushtooth lizardfish (*Saurida undosquamis*) during storage at 18°C. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9(1), 111-126 .



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of free and nanoencapsulated extracts of *pelargonium graveolens* leaves and flowers on the shelf life and sensory properties of mutton fillet during storage

Farzad Ebrahimi¹, Nader Habibi¹, Mohammadyar Hosseini^{2*}

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Sanandaj Branch, Sanandaj, Iran

^{1*}Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Sanandaj Branch, Sanandaj, Iran

²Department of Food Science and Technology, Faculty of Interdisciplinary Science and Technology, Bonab University, Bonab, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2025/2/18

Accepted: 2025/4/5

Keywords:

Antioxidant,
Antimicrobial,
Pelargonium Extract,
Mutton fillet,
Storage

DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270.

*Corresponding Author E-

5589720702@iaau.ir

ABSTRACT

Due to the proven carcinogenic effects of synthetic preservatives, there has been an increasing focus on finding natural alternatives. In this study, extracts from *Pelargonium graveolens* leaves and flowers were extracted using ultrasound as a natural antioxidant and antimicrobial compound and nanoencapsulated in fenugreek seed gum and soy protein isolate coatings. Mutton fillets were treated with nanoencapsulated and free extracts of *Pelargonium* leaves and flowers at a concentration of 2000 ppm and stored at 4°C for 12 days. A control sample (without preservatives) and a sample containing 100 ppm of the synthetic preservative BHT were included as references. Results of lipid oxidation tests (peroxide value and thiobarbituric acid value), psychrotrophic bacterial counts, and total volatile nitrogen bases measured at 2-day intervals indicated that both free and nanoencapsulated extracts delayed lipid oxidation reactions and microbial growth. The lowest oxidative and microbial spoilage levels were observed in the meat samples treated with nanoencapsulated extracts. Additionally, these samples achieved higher sensory evaluation scores throughout the storage period. Considering that the *Pelargonium* leaf and flower extracts contain phenolic and flavonoid compounds, they not only extended the shelf life of lamb meat but also enhanced its nutritional value. The findings of this research recommend using nanoencapsulated extracts of *Pelargonium* flowers at a concentration of 2000 ppm in fenugreek seed gum and soy protein isolate walls to enhance the shelf life of mutton meat.



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی تأثیر فرآیند پلاسمای سرد بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و آنتی اکسیدانی شیر گوسفندی

سمیرا علیجانی بایی^{۱*}، مرضیه بلندی^۲، روزبه عباس زاده^۳، مجید کیوانی بستان آباد^۴

^{۱-} دانشجوی دکترا علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران

^{۲-} دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران

^{۳-} استایار گروه بیوسیستم پژوهشکده کشاورزی سازمان پژوهش‌های علمی صنعتی ایران، تهران، ایران

^{۴-} دانش آموخته گروه صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۳/۵

کلمات کلیدی:

پلاسمای سرد،

شیر گوسفندی،

فعالیت آنتی اکسیدانی،

آزمون‌های میکروبی

این پژوهش به بررسی تأثیر فرآیند پلاسمای سرد بر ویژگی‌های شیر خام گوسفند شیر پرداخته است. در این مطالعه، اثر پلاسمای سرد از روی شدت ولتاژ در سه سطح (۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ کیلوولت) و اعمال ولتاژ در سه سطح (۳، ۵ و ۷ دقیقه) در نظر گرفته شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شیر خام گوسفند شامل pH، میزان چربی و پروتئین، فنل کل، فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد رنگبری رادیکال DPPH)، آزمون‌های میکروبی (تعداد کل باکتری‌ها) و شاخص‌های رنگی (L^* ، a^* ، b^*) بررسی شدند. تحلیل واریانس (ANOVA) نشان داد که ولتاژ و زمان به‌طور معناداری بر pH تأثیر گذاشتند، به‌طوری‌که با افزایش ولتاژ و زمان، pH شیر به‌طور متوسط به ۶/۸۲ افزایش یافت. همچنین، فعالیت آنتی اکسیدانی نیز تحت تأثیر قرار گرفت و با افزایش ولتاژ و زمان، به ۲۱/۰۳ درصد افزایش یافت. شاخص‌های رنگی نیز به‌طور معناداری تغییر کردند. شاخص روشنایی (L) در اثر ولتاژ و زمان درمان به ۷۴/۵۸ رسید، در حالی که شاخص قرمزی (a^*) و زردی (b^*) نیز به ترتیب به ۲/۱۵ و ۱۰/۹۴ تغییر یافتند. بررسی پروتئین و چربی نشان داد که با افزایش ولتاژ و زمان درمان، مقادیر پروتئین به ۳۸۶ و چربی به ۴/۵۳ g/100 mL رسیدند و همچنین، در آزمون‌های میکروبی، تعداد کل باکتری‌ها کاهش معناداری پیدا کرد و این نشان‌دهنده بهبود قابل توجهی در ایمنی شیر بود. در نهایت، این نتایج نشان می‌دهند که استفاده از پلاسمای سرد می‌تواند به عنوان یک روش مؤثر در بهبود کیفیت و افزایش ارزش تغذیه‌ای و عمر ماندگاری شیر در صنعت لبنیات مورد توجه قرار گیرد.

DOI:10.22034/FSCT.22.163.288.

* مسئول مکاتبات:

samira_alijani_b@yahoo.com

۱- مقدمه

شیر به عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات دامی، به دلیل ارزش غذایی بالا و خواص بیولوژیکی متنوع، نقش اساسی در تغذیه انسان دارد. در این راستا، شیر خام گوسفند به دلیل داشتن ماده خشک بیشتر، ارزش انرژی بالاتری نسبت به شیر گاو دارد [۱]. با این حال، بزرگ‌ترین چالش در استفاده از شیر خام، کاهش بار میکروبی آن بدون تخریب ترکیبات مفید آن است. روش‌های حرارتی که برای این منظور به کار می‌روند، معمولاً به طور سنتی استفاده می‌شوند. بنابراین، روش‌های غیرحرارتی برای فرآوری شیر در سال‌های اخیر به عنوان جایگزین‌های نوآورانه‌ای مورد توجه قرار گرفته‌اند [۲].

پلازما سرد یکی از تکنولوژی‌های نوظهور در بخش غذایی است که با کاهش نیاز به گرما، می‌تواند میکروارگانیسم‌ها را بدون تخریب ترکیبات مفید از بین ببرد. جریان‌های الکتریکی قوی و انواع یون‌ها، رادیکال‌های آزاد و الکترون‌هایی که توسط این تکنولوژی تولید می‌شوند، تغییرات قابل توجهی در ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی مواد غذایی ایجاد می‌کنند. در استفاده از پلازما سرد، میزان ولتاژ ورودی و زمان فرآیند دو عامل مهمی هستند که می‌توانند بر کارایی تیمار و حفظ کیفیت مواد تأثیرگذار باشند [۳]. در چند سال اخیر، مطالعات متعددی برای بررسی اثرات تیمار پلاسمای سرد بر شیر و فرآورده‌های لبنی انجام شده است، که نتایج آنها تأکیدی بر ضرورت انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه است. در این راستا، رنجبر امانی (۱۴۰۱) طی پژوهشی با بررسی تأثیر پلاسمای سرد بر شیر بطری شده و عدد کشندگی باکتری‌ها گزارش نمود که باسیلوس استئاروترموفیلوس بیشترین مقاومت را در برابر پلاسمای سرد در بین سایر باکتری‌های مورد مطالعه داشته و می‌توان نتیجه گرفت که تیمار پلازما در عمق بطری، این امکان را ایجاد می‌کند که محدودیت کاربرد سطحی تیمار پلاسمای سرد رفع شود. شواهد دیگر توسط شارما و همکاران (۲۰۲۳) به دست آمده است [۴]. آنها اثر پلاسمای سرد بر خواص ژل شدن اسیدی شیر بدون

چربی را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که این تیمار باعث تغییرات قابل توجهی در خواص رئولوژیکی شیر بدون چربی می‌شود. کاهش محتوای سولفیدریل آزاد و افزایش ویسکوزیته شیر به وضوح نشان داد که پلاسمای سرد می‌تواند ویژگی‌های محصول نهایی را بهبود بخشد. این تحقیق نیز بر اهمیت بررسی دقیق پارامترهای کلیدی نظیر زمان و نوع گاز خوراکی در تیمار پلاسمای سرد تأکید دارد. همچنین، تحقیق نیک مرام و همکاران (۲۰۲۳) که به بررسی تخریب آفلاتوکسین M1 در شیر با استفاده از پلاسمای سرد پرداخته است، نشان داد که این تکنولوژی توانایی کاهش غلظت سموم خطرناک در شیر را دارد، بدون تأثیر منفی بر کیفیت شیر. با این وجود، این مطالعه نیز بر ضرورت تحقیقات بیشتر در رابطه با اثرات پلاسمای سرد بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شیر تأکید می‌کند [۵].

با توجه به این مطالعات و یافته‌های مشابه، شکاف‌های علمی موجود در رابطه با تأثیر پلاسمای سرد بر شیر خام گوسفند و پارامترهای مربوط به ولتاژ و زمان تیمار همچنان برجسته هستند. بنابراین، پژوهش حاضر تلاش دارد تا با بررسی دقیق این عوامل، نوآوری‌های جدیدی را در جهت بهینه‌سازی استفاده از پلاسمای سرد برای حفظ کیفیت و ایمنی شیر خام گوسفند ارائه دهد.

۲- مواد و روش‌ها

مواد

شیر گوسفندی از بازار تبریز خریداری شد. متانول، آمونیاک، معرف فولین، کربنات سدیم از شرکت سیگما خریداری شدند.

۲-۱- تیمار شیر خام با پلاسمای سرد

از دستگاه پلاسمای سرد (Plasma Etch Inc, PE-50 Venus) با محفظه آلومینیومی و الکتروود افقی، در دمای اتاق (۲۵-۲۱ درجه سانتی‌گراد) و با گاز نیتروژن، ولتاژهای ۰/۷، ۰/۵ و

۰/۹ کیلوولت و زمان‌های ۳، ۵ و ۷ دقیقه برای تیمار شیر استفاده شد [۶].

۲-۲-آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی شیر

۲-۲-۱ اندازه‌گیری pH

با استفاده از pH متر و کالیبراسیون بافرهای ۴ و ۷ اندازه‌گیری شد [۹].

۲-۲-۲ چربی

اندازه‌گیری چربی به روش ژربر انجام شد [۷].

۲-۲-۳ پروتئین

در این مطالعه، محتوای پروتئین نمونه‌ها با استفاده از روش استاندارد کلدال تعیین شد. در نهایت تیتراسیون با اندازه‌گیری میزان آمونیاک و استفاده از فاکتور تبدیل ۶.۲۵، مقدار پروتئین کل محاسبه گردید [۸].

پروتئین = درصد نیتروژن کل $\times 6.25$

۲-۲-۴ فنول کل

در این مطالعه، میزان فنول کل نمونه‌ها با استفاده از روش فولین-سیوکالتیو اندازه‌گیری شد. این روش رنگ‌سنجی بر اساس واکنش اکسیداسیون-احیا بین ترکیبات فنلی و معرف فولین-سیوکالتیو عمل می‌کند. در این روش محلول استاندارد اسید گالیک با غلظت های ۱۰-۲۰-۵۰-۸۰ ppm در متانول ۶۰٪ تهیه گردید سپس نمونه‌ها آماده شده با معرف فولین و محلول ۱۰ درصد کربنات سدیم تهیه شده و سپس میزان جذب نوری به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد و میزان فنول کل با استفاده از منحنی استاندارد اسید گالیک طبق معادله $y = 0.0087x + 0.064$ محاسبه و نتایج به صورت میلی گرم معادل اسید گالیک بر گرم نمونه بیان گردید [۹].

۲-۲-۵ فعالیت آنتی‌اکسیدانی

در این مطالعه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها با استفاده از روش رنگبری رادیکال DPPH ارزیابی شد. درصد مهار رادیکال DPPH با فرمول زیر محاسبه و نتایج به صورت درصد رنگبری گزارش شد، که امکان مقایسه فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های مختلف را فراهم کرد [۱۰].

$$DPPH = \left(\frac{A_c - A_s}{A_c} \right) \times 100$$

در این فرمول:

Ac: جذب نوری نمونه کنترل (محلول DPPH بدون نمونه آنتی‌اکسیدان)

As: جذب نوری نمونه حاوی آنتی‌اکسیدان

۲-۳-آزمون‌های میکروبی

در این مطالعه، آزمون‌های میکروبی برای ارزیابی کیفیت میکروبیولوژیکی نمونه‌ها انجام شد. برای شمارش کلی باکتری‌ها، از محیط کشت Plate Count Agar (PCA) (مرک آلمان) استفاده گردید. نمونه‌ها پس از رقیق‌سازی مناسب، در این محیط‌های کشت، کشت داده شدند و پس از انکوباسیون در دما و زمان مشخص، تعداد کلنی‌های رشد کرده شمارش گردید. نتایج به صورت واحد تشکیل کلنی بر گرم نمونه (CFU/g) گزارش شد [11].

۲-۴-شاخص‌های رنگی

در این پژوهش، شاخص‌های رنگی نمونه‌ها با استفاده از تکنیک پردازش تصویر مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا از نمونه‌ها در شرایط استاندارد و کنترل شده نوری عکس‌برداری شد. سپس، تصاویر دیجیتال حاصل با استفاده از نرم‌افزار قدرتمند Image J مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در این نرم‌افزار امکان استخراج دقیق پارامترهای رنگی را در فضای رنگی RGB و $L^*a^*b^*$ فراهم می‌کند. شاخص‌های رنگی مورد بررسی شامل روشنایی (L^*)، قرمزی-سبزی (a^*)، و زردی-آبی (b^*) بودند. همچنین،

مرکب مرکزی با نرم افزار سطح پاسخ با ۹ ران مطابق جدول ۱ انتخاب شد و ضرایب رگرسیونی اثرات فاکتورها بر روی پاسخ های مورد نظر و همچنین شاخص های مدل برازش شده مورد بررسی قرار گرفتند.

در این مطالعه طرح مورد مطالعه متناسب با تعداد فاکتور (شدت و لتاژ و مدت زمان اعمال و لتاژ) با استفاده از طرح

Run	Factor 1 Voltage (kv) (A)	Factor 2 B:Exposure time (minutes) (B)
-----	------------------------------	---

1	0.5	3
2	0.5	5
3	0.5	7
4	0.7	3
5	0.7	5
6	0.7	7
7	0.9	3
8	0.9	5
9	0.9	7

۱-۳- تغییرات پی اچ شیر (pH)

نتایج به دست آمده نشان می دهند که هر دو فاکتور ولتاژ (Voltage) و مدت زمان اثر معناداری بر pH شیر گوسفند دارند، به طوری که p-value کمتر از ۰.۰۵ در جدول ANOVA (جدول ۲) نشان دهنده معناداری این اثرات است. از آنجایی که pH یک مشخصه اساسی در کیفیت شیر و فرآورده های لبنی است، تغییرات آن می تواند به تأثیرات مهمی در بهبود یا تخریب کیفیت محصول منجر شود. نتایج نشان می دهد که افزایش ولتاژ با pH شیر گوسفند رابطه معنی داری دارد، به این معنی که با افزایش ولتاژ، pH شیر افزایش می یابد. در

مقابل، اثر مدت زمان نیز به‌طور مثبت بر pH تأثیر دارد، اما این تأثیر نسبت به ولتاژ کمتر است. مدل ارائه‌شده با استفاده از معیارهای آماری مورد بررسی قرار گرفته است.

$$\text{Fat} = 0.89 - 0.48A + 0.19B \quad (\text{معادله ۲})$$

تحقیقات قبلی نیز نشان‌دهنده تأثیر ولتاژ و زمان پلاسمای سرد بر pH شیر هستند. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای که توسط

سرد باعث افزایش واکنش‌های الکتروشیمیایی و تشکیل ترکیبات قلیایی بیشتر و این هرچقدر زمان اعمال ولتاژ بیشتر باشد واکنش‌های بیشتری رخ می‌دهد و این یافته‌ها با تحقیقات گذشته هم راستا هستند. مدل آماری ارائه شده می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر برای پیش‌بینی pH در فرآوری شیر و توسعه تکنیک‌های جدید در صنایع لبنی مورد استفاده قرار گیرد. این نتایج می‌توانند به بهبود فرآیندهای تولید و حفظ کیفیت محصولات لبنی کمک کنند.

داش و جاگانموهان^۱ (۲۰۲۲) انجام شد، اثرات مشابهی از قبیل افزایش pH با افزایش ولتاژ در پردازش شیر مشاهده شد. این تحقیق همچنین نشان داد که تغییرات pH به صورت غیرخطی تحت تأثیر عوامل مختلف قرار می‌گیرد [۱۳]. علاوه بر این، عباس سعید و همکاران (۲۰۲۱) نیز به تأثیر زمان بر pH اشاره کردند و نشان دادند که با افزایش زمان قرارگیری شیر تحت تابش، pH تغییر می‌کند [۱۴]. نتایج تحقیق حاضر تأثیر معناداری از ولتاژ و زمان بر pH شیر گوسفند را نشان می‌دهد به این دلیل که افزایش ولتاژ پلاسما

Table 2. Regression coefficients of physicochemical properties of milk

Source	pH	Fat	Protoein	Total Polyphenol Content	DPPH	Total bacterial count
Model	**1.57	**2.05	**2.36	**10829.79	**170.50	**7.54
A	**1.36	**1.82	**2.16	**9095.61	**151.20	**7.00
B	**0.21	**0.24	**0.20	**1418.34	**19.30	**0.54
Std. Dev.	0.076	0.086	0.073	1.47	0.61	0.17
Mean	5.89	4.95	3.86	403.63	21.03	3.21
C.V. %	1.29	1.74	1.88	0.36	2.89	5.15
R²	0.9786	0.9787	0.9868	0.9994	0.9871	0.9788
Adjusted R²	0.9714	0.9716	0.9824	0.9984	0.9828	0.9717
Predicted R²	0.9509	0.9534	0.9702	0.9952	0.9734	0.9516
دقت مدل	30.337	30.020	37.418	90.322	38.771	28.966
Residual	0.034	0.045	0.032	6.51	2.22	0.16
Cor Total	1.61	2.09	2.39	10836.30	172.72	7.70

**p≤0.01, A-DBD-type plasma (Currnet), B-Exposure time

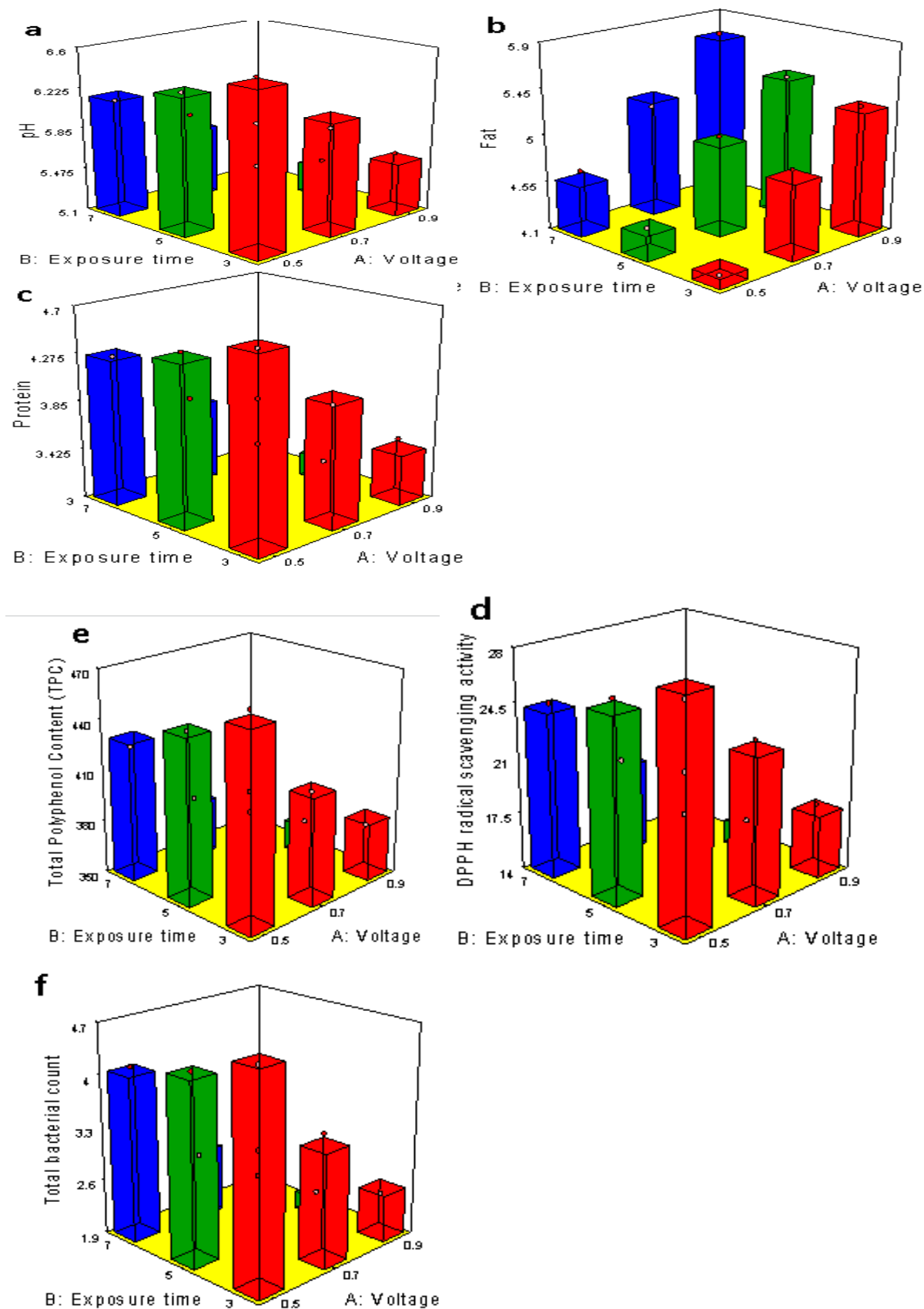


Fig 1. Physical and chemical changes of cold plasma treated milk: a: pH, b: fat, c: protein, d: DPPH, e: Total Polyphenol Content, f: Total bacterial count

۲-۳- تغییرات چربی

تغییرات چربی شیر گوسفند تیمار شده با پلاسمای سرد به‌طور معناداری تحت تأثیر دو عامل ولتاژ و مدت زمان قرار دارد، که در جدول ۲ و شکل (۱-b) نمایش داده شده است. تحلیل ANOVA نشان می‌دهد که هر دو عامل، به‌ویژه ولتاژ و زمان، تأثیر معناداری بر تغییرات چربی دارند. مقدار (R^2) مدل برابر با ۰/۹۸۸ و (R^2) تعدیل شده ۰/۹۷۵، نشان‌دهنده‌ی انطباق خوب مدل (معادله ۳) با داده‌ها است. همچنین، R^2 پیش‌بینی شده برابر با ۰/۹۳۸ و مقدار دقت مدل برابر با ۲۵/۰۱ تأیید می‌کند که مدل توانایی بالایی در پیش‌بینی تغییرات چربی شیر دارد و علت آن را می‌توان به تأثیر معنادار ولتاژ و زمان بر تغییرات چربی شیر گوسفند تیمار شده با پلاسمای سرد به دلیل نقش ولتاژ در افزایش شدت واکنش‌های اکسیداسیونی و نقش زمان در تداوم این واکنش‌ها دانست که منجر به تغییر در ساختار و افزایش چربی می‌شود [۱۵، ۱۶].

$$\text{Fat} = 4/95 - 571A + 0/055B \quad \text{(معادله ۳)}$$

افزایش چربی در شیر تحت تأثیر پلاسمای سرد می‌تواند به دلیل تأثیر ولتاژ بالا بر ساختار گلبول‌های چربی و تخریب غشای آنها باشد که منجر به آزادسازی بیشتر چربی در محیط شیر می‌شود. همچنین، پلاسمای سرد باعث ایجاد واکنش‌های شیمیایی ملایم مانند اکسیداسیون سطحی می‌شود که می‌تواند بر ترکیب و کیفیت چربی تأثیر مثبت بگذارد. این فرآیندها به همراه همگن‌سازی بهتر شیر و افزایش قابلیت استخراج چربی، محتوای چربی اندازه‌گیری شده را افزایش داده و کیفیت حسی و تغذیه‌ای شیر را بهبود می‌بخشند. [۱۵، ۱۶].

تحقیقات مشابه نشان داده‌اند که استفاده از تکنیک‌های مختلف مانند پلاسمای سرد می‌تواند تأثیرات مثبتی بر کیفیت چربی شیر داشته باشد به طوری که افزایش ولتاژ در فرآیندهای الکتریکی می‌تواند منجر به افزایش کیفیت چربی و بهبود خواص حسی شیر شود [۱۷]. همچنین تحقیقات

۳-۳- تغییرات پروتئین

تغییرات پروتئین شیر گوسفند تحت تأثیر ولتاژ (DBD-type plasma current) و مدت زمان قرارگیری در پلاسمای سرد نتایج معناداری را به همراه داشته است (شکل ۱-c). نتایج تحلیل ANOVA (جدول ۲) نشان می‌دهد که هر دو عامل ولتاژ و مدت زمان تأثیر قابل توجهی بر تغییرات پروتئین شیر دارند.

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که ولتاژ تأثیر معکوسی بر پروتئین دارد، به طوری که ضریب ولتاژ (A) در معادله به‌دست‌آمده برابر با -۰.۵۹ است، یعنی با افزایش ولتاژ، مقدار پروتئین کاهش می‌یابد. این کاهش ممکن است به تخریب ساختارهای پروتئینی در اثر شدت پلاسمای سرد مرتبط باشد [۱۸]. از طرفی، زمان قرارگیری شیر در پلاسمای سرد نیز تأثیر منفی بر مقدار پروتئین دارد (ضریب ۰.۲۰۱). این بدان معناست که افزایش مدت زمان می‌تواند باعث کاهش میزان پروتئین در شیر شود. مدل ارائه شده با شاخص‌های آماری مورد بررسی قرار گرفته است (معادله ۴).

مطالعات مشابه نیز تأثیر عوامل ولتاژ و زمان بر ساختار و ترکیبات پروتئینی در شیر را تأیید می‌کنند [۱۶، ۱۹] و به این نتیجه رسیدند که افزایش ولتاژ در تکنیک‌های پلاسمای سرد می‌تواند به کاهش میزان پروتئین در محصولات لبنی منجر شود که به دلیل تخریب ساختارهای مولکولی پروتئین‌ها است. به عبارتی پلاسمای سرد می‌تواند تأثیر منفی بر مقدار پروتئین شیر داشته باشد که این کاهش معمولاً به دلایل مختلفی رخ می‌دهد. یکی از دلایل اصلی، تغییر ساختاری پروتئین‌ها است؛ به طوری که پلاسمای سرد باعث شکستن پیوندهای شیمیایی مانند پیوندهای هیدروژنی و دی‌سولفیدی شده و منجر به دناتوره شدن پروتئین‌ها می‌شود. علاوه بر این، گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) تولیدشده توسط پلاسمای سرد می‌توانند به اکسیداسیون اسیدهای آمینه و

تخریب زنجیره‌های پلی‌پپتیدی در پروتئین‌ها منجر شوند. همچنین، کاهش حلالیت پروتئین‌ها در اثر این فرآیند می‌تواند به کاهش اندازه‌گیری پروتئین در محلول شیر بیانجامد. این عوامل در مجموع نشان می‌دهند که افزایش مدت زمان یا شدت پلاسمای سرد می‌تواند کاهش بیشتری در محتوای پروتئین شیر ایجاد کند [۱۶، ۱۹]. همچنین تحقیقات مشابه نشان دادند که زمان قرارگیری طولانی‌تر محصولات لبنی در فرآیندهای پردازش، می‌تواند به حفظ بهتر ترکیبات پروتئینی کمک کند [۱۸]. این یافته‌ها با نتایج تحقیق حاضر هم‌راستا هستند.

$$\text{Protoein} = \frac{3/86+0/59A+0/201B}{\text{معادله (۴)}}$$

۴-۳- تغییرات فنل کل

نتایج حاصل از تغییرات فنل کل در شیر گوسفند تیمار شده با پلاسمای سرد نشان می‌دهد (شکل ۱-d) که هر دو عامل ولتاژ و زمان قرارگیری، اثر معناداری بر مقدار فنل کل دارند. تحلیل ANOVA (جدول ۲) بیانگر این است که هر دو فاکتور ولتاژ و زمان به‌طور معناداری بر میزان فنل کل تأثیر دارند.

طبق معادله به‌دست‌آمده (معادله ۵)، اثر ولتاژ با ضریب - ۶.۵۶ بر کاهش میزان فنل کل دلالت دارد. این موضوع ممکن است به دلیل تأثیر پلاسمای سرد بر تخریب ترکیبات فنلی در شیر باشد. در مقابل، زمان قرارگیری (B) با ضریب ۱۵.۴۹ به افزایش میزان فنل کل کمک می‌کند. این افزایش ممکن است ناشی از آزاد شدن ترکیبات فنلی بیشتر در طول زمان تحت تأثیر پلاسمای سرد باشد، که باعث افزایش مقدار کل فنل در شیر می‌شود [۲۰].

مدل آماری به‌کاررفته با شاخص‌های قابل قبول ارزیابی شده است (معادله ۵). مقدار R^2 برابر با ۰/۹۸ و R^2 تعدیل‌شده برابر با ۰/۹۷ نشان می‌دهد که مدل با داده‌های تجربی به‌خوبی منطبق است. همچنین، مقدار R^2 پیش‌بینی‌شده برابر با ۰/۹۴ و دقت مدل برابر با ۲۵/۷۳، بیانگر قدرت پیش‌بینی بالای مدل برای تغییرات فنل کل تحت تأثیر پلاسمای سرد

است. مطالعات پیشین نیز تأیید می‌کنند که استفاده از ولتاژ بالا در تکنیک‌های پلاسمای سرد می‌تواند موجب کاهش مقدار فنل کل شود [۲۰]. به طوری که تحقیقات پیشین نشان دادند که ولتاژ بالا ممکن است باعث تجزیه و تخریب ترکیبات فنلی شود. شدت ولتاژ پلاسمای سرد می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی بر کاهش میزان ترکیبات فنلی در شیر تأثیر بگذارد. ترکیبات فنلی به دلیل ساختار شیمیایی خاص خود، به اکسیداسیون و تخریب در حضور گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) حساس هستند. پلاسمای سرد با تولید این گونه‌های فعال اکسیژن در ولتاژهای بالا می‌تواند واکنش‌های اکسیداسیونی را تشدید کند، که این امر به تخریب ساختار ترکیبات فنلی منجر می‌شود. همچنین، افزایش شدت ولتاژ باعث تولید انرژی بیشتری در سیستم پلاسمای سرد می‌شود، که می‌تواند زنجیره‌های فنلی را بشکند و کاهش میزان قابل‌توجهی از این ترکیبات را در شیر ایجاد کند [۲۰]. در نتیجه، هرچه شدت ولتاژ پلاسمای سرد بیشتر باشد، احتمال کاهش ترکیبات فنلی نیز بیشتر خواهد بود، زیرا واکنش‌های شیمیایی بیشتری رخ می‌دهد که بر پایداری این ترکیبات اثر منفی می‌گذارد. یانگ و همکاران (۲۰۲۴)، به این نتیجه رسیدند که افزایش مدت زمان تیمار با پلاسمای سرد با ولتاژ معین، به دلیل آزاد شدن ترکیبات فنلی بیشتر از ماتریکس‌های غذایی، می‌تواند به افزایش مقدار فنل کل منجر شود [۲۱].

$$\text{Total Polyphenol Content (TPC)} = \frac{42/22-6/56A+15/49B}{\text{معادله (۵)}}$$

۴-۳-۵- فعالیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH)

نتایج حاصل از بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی شیر گوسفند تیمار شده با پلاسمای سرد، که از طریق درصد رنگ‌بری رادیکال DPPH اندازه‌گیری شده، نشان می‌دهد (شکل ۱-e) که هر دو عامل ولتاژ و زمان تیمار اثر معناداری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند. تحلیل ANOVA (جدول ۲) بیانگر این است که ولتاژ با مقدار p-value کمتر از ۰/۰۰۰۱ تأثیر قابل توجهی بر افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارد. همچنین، زمان

قرارگیری با p-value برابر با ۰/۰۰۴ نیز اثر معناداری بر این فعالیت دارد.

بر اساس معادله به دست آمده (معادله ۵)، ولتاژ با ضریب ۴/۹۶ بیشترین تأثیر را بر افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی دارد. این نشان می‌دهد که افزایش ولتاژ پلاسمای سرد منجر به افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی شیر برای خنثی سازی رادیکال‌های آزاد DPPH می‌شود. این نتیجه ممکن است به دلیل فعال سازی ترکیبات آنتی اکسیدانی و افزایش توانایی آن‌ها برای مقابله با رادیکال‌های آزاد باشد. در مقابل، زمان قرارگیری (B) با ضریب ۰/۱۲ نیز به طور معناداری بر افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی تأثیرگذار است، اما اثر آن به مراتب کمتر از ولتاژ است. مطالعات پیشین نیز تأیید می‌کنند که پلاسمای سرد می‌تواند ظرفیت آنتی اکسیدانی مواد غذایی را افزایش دهد [۳]. لی و همکاران (۲۰۲۰)، گزارش کردند که استفاده از پلاسمای سرد منجر به افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی در شیر شده است [۲۲] که با نتایج تحقیق حاضر هم خوانی دارد. همچنین، هیش و همکاران (۲۰۲۴)، بیان کردند که افزایش ولتاژ پلاسمای سرد باعث افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی به دلیل تحریک و فعال سازی ترکیبات آنتی اکسیدانی می‌شود [۲۳]. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که افزایش ولتاژ پلاسمای سرد به طور معناداری باعث افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی شیر گوسفند می‌شود و زمان قرارگیری نیز اثر قابل توجهی دارد. در تبیین این یافته می‌توان گفت افزایش ولتاژ پلاسمای سرد و تأثیر آن بر افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی شیر را می‌توان به تغییرات شیمیایی و تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) نسبت داد. در ولتاژهای بالاتر، پلاسمای سرد انرژی بیشتری تولید می‌کند و باعث تولید مقادیر بیشتری از گونه‌های فعال اکسیژن و نیتروژن می‌شود که این گونه‌ها می‌توانند با ترکیبات موجود در شیر واکنش داده و ساختار آنتی اکسیدانی آن را تقویت کنند. همچنین، ولتاژ بالا می‌تواند موجب آزاد سازی ترکیبات فنلی و سایر آنتی اکسیدان‌های طبیعی موجود در شیر شود که پیش‌تر به صورت متصل یا غیرفعال بوده‌اند. به علاوه، پلاسمای سرد

ممکن است بر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی موجود در شیر تأثیر بگذارد و فعالیت آن‌ها را افزایش دهد، که این امر به تقویت ظرفیت آنتی اکسیدانی کمک می‌کند. این یافته با نتایج مرتبط با کاهش ترکیبات فنلی نیز هم‌راستا است؛ زیرا افزایش واکنش پذیری این ترکیبات در حضور پلاسمای سرد، هم به تخریب برخی ترکیبات حساس منجر می‌شود و هم فعالیت آن‌ها در خنثی سازی رادیکال‌های آزاد را تقویت می‌کند [۲۰].

$$\text{DPPH radical scavenging activity (معادله ۶)} \\ = 21/03 + 4/96A + 0/122B$$

۶-۳- شمارش میکروبی

بررسی ویژگی‌های میکروبی شیر گوسفند تیمار شده با پلاسمای سرد نشان می‌دهد که هر دو عامل ولتاژ و زمان قرارگیری تأثیر معناداری بر کاهش شمار کل باکتری‌ها دارند (شکل ۱-f). نتایج تحلیل ANOVA (جدول ۲) بیانگر این است که ولتاژ با p-value کمتر از ۰/۰۰۰۱ و زمان قرارگیری با p-value برابر با ۰/۰۱۲ بر ویژگی‌های میکروبی شیر گوسفند تأثیرگذار هستند.

بر اساس معادله به دست آمده (معادله ۷)، ولتاژ با ضریب ۱/۱۵ تأثیر مثبت و معناداری بر کاهش تعداد باکتری‌ها دارد. به عبارت دیگر، افزایش ولتاژ پلاسمای سرد باعث کاهش شمار کل باکتری‌ها می‌شود که این موضوع می‌تواند به دلیل تغییرات فیزیکی و شیمیایی در ساختار باکتری‌ها [۲۴] و عدم توانایی آن‌ها در ادامه رشد و تکثیر باشد [۱]. در عوض، زمان قرارگیری (B) با ضریب ۰/۱۳۵- اثر منفی بر شمار باکتری‌ها دارد، به این معنا که با افزایش زمان قرارگیری، کاهش کمتری در تعداد باکتری‌ها مشاهده می‌شود.

مدل آماری با مقادیر قابل توجه R^2 و R^2 تعدیل شده ارزیابی شده است. مقدار R^2 برابر با ۰/۹۹ و R^2 تعدیل شده برابر با ۰/۹۸ به خوبی نشان‌دهنده تطابق مدل با داده‌های تجربی است. همچنین، مقدار R^2 پیش‌بینی شده برابر با ۰/۹۶ و دقت

معادله (۷) = Total bacterial count = 3/21+1/15A-0/135B

۷-۳- تغییرات رنگ شیر

در این مطالعه، تأثیر پلاسمای سرد بر سه شاخص اصلی رنگ شیر گوسفند شامل قرمزی، روشنایی، و زردی به طور جامع بررسی شد (جدول ۳). شاخص قرمزی (a^*) نشان داد که هر دو عامل ولتاژ و زمان قرارگیری اثر معناداری دارند ($p < 0.0001$). با افزایش ولتاژ، شاخص قرمزی کاهش یافت، که نشان دهنده کم شدن میزان قرمزی شیر است. این کاهش احتمالاً به تغییرات در ساختار مولکولی رنگدانه‌های موجود در شیر تحت تأثیر پلاسمای سرد مرتبط است [۲۵، ۲۶]. زمان قرارگیری نیز به طور منفی ولی کمتر از ولتاژ بر شاخص قرمزی تأثیر داشت. نتایج مشابه در مطالعات کوتینیو و همکاران (۲۰۱۸) و نیک مرام و همکاران (۲۰۲۲) نیز مشاهده شده است که تأیید کردند پلاسمای سرد باعث کاهش قرمزی رنگ محصولات لبنی می‌شود [۶].

در شاخص روشنایی (L^*)، افزایش ولتاژ و زمان قرارگیری به طور معناداری موجب افزایش روشنایی شیر شد ($p < 0.0001$). این افزایش نشان می‌دهد که پلاسمای سرد باعث بهبود ویژگی‌های نوری شیر و ظاهر آن می‌شود. ولتاژ تأثیر بیشتری نسبت به زمان قرارگیری داشت و نتایج این تحقیق با مطالعات وانگ و همکاران (۲۰۲۲) و اوسر و همکاران (۲۰۲۱) که به تأثیر مثبت پلاسمای سرد بر افزایش روشنایی محصولات لبنی اشاره کردند [۲۷]، همخوانی دارد.

در نهایت، شاخص زردی (b^*) نیز نشان داد که هر دو عامل ولتاژ و زمان قرارگیری تأثیر معناداری بر افزایش زردی شیر دارند ($p < 0.0001$). با افزایش ولتاژ، شدت زردی رنگ شیر بیشتر شد [۲۸، ۲۹]. در مقایسه با روشنایی، ولتاژ تأثیر بیشتری بر زردی داشت. نتایج به دست آمده در این مطالعه با تحقیقات اونور و همکاران (۲۰۱۹) و نیک نام و همکاران (۲۰۲۲) که تأثیر مثبت پلاسمای سرد بر تغییرات رنگ

مدل برابر با ۲۸/۶۴، قدرت پیش‌بینی مدل را تأیید می‌کند. نتایج این مطالعه با تحقیقات قبلی [۱] همخوانی دارد و نشان داده شده است که درمان با پلاسمای سرد می‌تواند شمار باکتری‌ها را در محصولات لبنی به طور معناداری کاهش دهد، که یافته‌های این تحقیق را تقویت می‌کند. همچنین وانگ و همکاران (۲۰۲۲)، در مطالعه‌ای دیگر به این نتیجه رسیدند که افزایش ولتاژ در پلاسمای سرد باعث افزایش خواص ضدباکتریایی در محصولات غذایی می‌شود [۲]. این نتایج نشان می‌دهد که ولتاژ پلاسمای سرد به طور معناداری می‌تواند شمار باکتری‌ها را کاهش دهد و زمان قرارگیری نیز به عنوان یک عامل مؤثر در این فرآیند شناخته می‌شود. ولتاژ بالای پلاسمای سرد از طریق ایجاد اثرات فیزیکی و شیمیایی مستقیم بر دیواره سلولی باکتری‌ها، به کاهش قابل توجه شمار آن‌ها منجر می‌شود. از نظر فیزیکی، میدان الکتریکی قوی ناشی از ولتاژ بالا می‌تواند باعث ایجاد شکاف یا تخریب دیواره و غشای سلولی باکتری‌ها شود، که این امر موجب نشت محتویات سلولی و مرگ باکتری‌ها می‌شود. از سوی دیگر، تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و نیتروژن (RNS) در اثر پلاسمای سرد منجر به اکسیداسیون لیپیدها، پروتئین‌ها و DNA باکتری‌ها می‌شود، که این فرآیندها آسیب جبران‌ناپذیری به ساختارهای حیاتی آن‌ها وارد می‌کند. همچنین، زمان طولانی‌تر تماس شیر با پلاسمای سرد باعث افزایش مدت زمان اثرگذاری این گونه‌های فعال می‌شود و احتمال وقوع واکنش‌های تخریبی بیشتری را فراهم می‌کند. به علاوه، پلاسمای سرد می‌تواند بر مکانیسم‌های دفاعی باکتری‌ها تأثیر بگذارد و مقاومت آن‌ها را کاهش دهد [۲]. این یافته‌ها نشان می‌دهند که استفاده از پلاسمای سرد، با تنظیم ولتاژ و مدت زمان تماس، می‌تواند به عنوان یک تکنیک مؤثر برای کاهش بار میکروبی شیر و بهبود خواص ضدباکتریایی آن به کار رود و در نتیجه کیفیت و ایمنی آن را افزایش دهد.

متمایل به زرد هستند. همچنین، واکنش‌های اکسیداسیونی می‌تواند بر ساختار و پایداری کاروتنوئیدها و سایر رنگدانه‌های طبیعی موجود در شیر تأثیر بگذارند و باعث افزایش رنگ زرد شوند. علاوه بر این، تأثیر پلاسمای سرد بر ساختار پروتئین‌های شیر، به‌ویژه کازئین، می‌تواند منجر به تغییرات رنگی ناشی از تجمع یا تغییر ساختار رنگدانه‌های مرتبط با پروتئین‌ها شود [۲۸، ۲۹].

محصولات لبنی را گزارش کرده بودند [۳۰]، همسو است. افزایش شاخص زردی در شیر می‌تواند به دلیل تغییر در ترکیبات پروتئینی و لیپیدی در اثر واکنش‌های اکسیداسیونی ناشی از پلاسمای سرد باشد. پلاسمای سرد، با تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و نیتروژن (RNS)، می‌تواند منجر به اکسیداسیون چربی‌ها و تشکیل محصولات جانبی مانند آلدئیدها و کتون‌ها شود، که این ترکیبات دارای رنگ

Tabel 3. Regression coefficients of Color properties of milk

Source	L*	A*	B*
Model	**808.21	**259.37	**98.23
A	**668.24	**236.00	**88.24
B	**139.97	**23.36	**9.98
Std. Dev.	2.56	0.80	0.54
Mean	74.58	2.00	10.94
C.V. %	3.43	39.80	4.98
R-Squared	0.9537	0.9856	0.9822
Adj R-Squared	0.9382	0.9808	0.9762
Pred R-Squared	0.9130	0.9710	0.9563
دقت مدل	20.834	35.918	32.581
Residual	39.25	3.79	1.78
Cor Total	847.46	263.16	100.01

**p≤0.01, A-DBD-type plasma (Currnet), B-Exposure time

کیفی شیر فراهم می‌شود. همچنین، نتایج نشان داد که درمان با پلاسمای سرد باعث افزایش میزان پروتئین (تا ۳۸۶ g/100 mL) و چربی (تا ۴.۵۳ g/100 mL) در شیر می‌شود که این موارد می‌تواند به عنوان یک روش مؤثر برای بهبود کیفیت محصولات لبنی در صنعت مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، نتایج آزمون‌های میکروبی نشان‌دهنده کاهش معنادار در تعداد کل باکتری‌ها بود، که می‌تواند به بهبود ایمنی و ماندگاری شیر کمک کند. به‌طور کلی، یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهند که استفاده از پلاسمای سرد با تنظیم بهینه ولتاژ و زمان درمان می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی نوآورانه برای بهبود کیفیت و افزایش ارزش تغذیه‌ای شیر در صنعت لبنیات

۴- نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه دو فاکتور ولتاژ و زمان درمان با پلاسمای سرد بر ویژگی‌های کیفی شیر است. این دو عامل به‌عنوان متغیرهای مستقل تأثیر معناداری بر متغیرهای وابسته از جمله pH، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، شاخص‌های رنگی (L، a، b)، چربی و پروتئین داشتند. به‌طور خاص، افزایش ولتاژ (با افزایش به ۲ کیلوولت) و زمان قرارگیری (با افزایش به ۴ دقیقه) منجر به افزایش سطح pH و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (به ترتیب با p-value برابر ۰.۰۰۰۱) شد. این یافته‌ها تأییدکننده این نکته هستند که با افزایش ولتاژ و زمان، شرایط بهتری برای بهبود ویژگی‌های

مورد استفاده قرار گیرد. این نتایج می‌توانند پایه‌گذار تحقیقات بیشتری در زمینه استفاده از تکنولوژی پلاسمای سرد در سایر محصولات غذایی باشند.

۵-منابع

- [1] Coutinho, N.M., et al., *Cold plasma processing of milk and dairy products*. Trends in Food Science & Technology, 2018. **74**: p. 56-68.
- [2] Wang, S., et al., *Processing sheep milk by cold plasma technology: Impacts on the microbial inactivation, physicochemical characteristics, and protein structure*. Lwt, 2022. **153**: p. 112573.
- [3] Fernandes, F. and S. Rodrigues, *Cold plasma technology for sustainable food production: Meeting the United Nations Sustainable Development Goals*. Sustainable Food Technology, 2024.
- [4] Sharma, S. and R.K. Singh, *Effect of atmospheric cold plasma treatment on acid gelation properties of skim milk: Rheology and textural studies*. Food Research International, 2023. **172**: p. 113212.
- [5] Nikmaram, N., et al., *Degradation products of aflatoxin M1 (AFM1) formed by high voltage atmospheric cold plasma (HVACP) treatment*. Toxicon, 2023. **230**: p. 107160.
- [6] Nikmaram, N. and K.M. Keener, *The effects of cold plasma technology on physical, nutritional, and sensory properties of milk and milk products*. Lwt, 2022. **154**: p. 112729.
- [7] Walker, T.M., et al., *The 2021 WHO catalogue of Mycobacterium tuberculosis complex mutations associated with drug resistance: a genotypic analysis*. The Lancet Microbe, 2022. **3**(4): p. e265-e273.
- [8] Wilsey, M.K., et al., *Selective Hydroxylation of Carbon Fiber Paper for Long-Lasting Hydrophilicity by a Green Chemistry Process*. Advanced Materials Interfaces, 2023. **10**(2): p. 2201684.
- [9] Kostić, A.Ž., et al., *Polyphenol bioaccessibility and antioxidant properties of in vitro digested spray-dried thermally-treated skimmed goat milk enriched with pollen*. Food Chemistry, 2021. **351**: p. 129310.
- [10] Meng, X., et al., *Antioxidant activity and hepatoprotective effect of 10 medicinal herbs on CCl4-induced liver injury in mice*. World journal of gastroenterology, 2020. **26**(37): p. 5629.
- [11] Kheto, A., et al., *A review on advancements in emerging processing of whey protein: Enhancing functional and nutritional properties for functional food applications*. Food Safety and Health, 2024.
- [12] Rahmadhia, S.N., A.A. Sidqi, and Y.A. Saputra, *Physical properties of tapioca starch-based film indicators with anthocyanin extract from purple sweet potato (Ipomea batatas L.) and response to pH Changes*. Sains Malaysiana, 2023. **52**(6): p. 1685-1697.
- [13] Dash, S. and R. Jaganmohan, *Process Optimization of Plasma Bubbling Set Up for Cow Milk Decontamination and Quality Evaluation*. bioRxiv, 2022: p. 2022.12. 28.522063.
- [14] Abbas Syed, Q., et al., *Structural and functional properties of milk proteins as affected by heating, high pressure, Gamma and ultraviolet irradiation: A review*. International Journal of Food Properties, 2021. **24**(1): p. 871-884.
- [15] Zhang, B., et al., *Impacts of Cold Plasma Technology on Sensory, Nutritional and Safety Quality of Food: A Review*. Foods 2022, **11**, 2818. 2022, s Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published....
- [16] Varilla, C., M. Marcone, and G.A. Annor, *Potential of cold plasma technology in ensuring the safety of foods and agricultural produce: a review*. Foods, 2020. **9**(10): p. 1435.
- [17] Zhang, B., et al., *Impacts of cold plasma technology on sensory, nutritional and safety quality of food: A review*. Foods, 2022. **11**(18): p. 2818.
- [18] Sruthi, N., et al., *Impacts of cold plasma treatment on physicochemical, functional, bioactive, textural, and sensory attributes of food: A comprehensive review*. Food Chemistry, 2022. **368**: p. 130809.
- [19] Pankaj, S.K., Z. Wan, and K.M. Keener, *Effects of cold plasma on food quality: A review*. Foods, 2018. **7**(1): p. 4.
- [20] Tomei, G., et al., *Cold plasma for green advanced reduction/oxidation processes (AROPs) of organic pollutants in water*. Chemistry—A European Journal, 2023. **29**(65): p. e202302090.
- [21] Yang, X., et al., *Effect of Chlorogenic Acid and Cold Plasma Synergistic Treatment on Eating Quality, Antioxidant Properties and Safety Qualities of Roasted Meat*. Antioxidant Properties and Safety Qualities of Roasted Meat, 2024.
- [22] Li, Z., et al., *Cold Atmospheric Pressure Plasma Treatment of Spirulina Platensis Slurry: Microorganism Inactivation, Nutritional Composition, Surface*

Morphology, Color, Bio-Accessibility, and Lipid Peroxidation Analysis. Nutritional Composition, Surface Morphology, Color, Bio-Accessibility, and Lipid Peroxidation Analysis, 2020.

[23] Hsieh, K.-C., et al., *Reducing of lipoxygenase and trypsin inhibitor in soy milk for improving nutritional quality through atmospheric cold plasma pretreated soybeans*. Food and Bioproducts Processing, 2024.

[24] Sani, I.K., S. Pirsa, and Ş. Tağı, *Preparation of chitosan/zinc oxide/Melissa officinalis essential oil nano-composite film and evaluation of physical, mechanical and antimicrobial properties by response surface method*. Polymer Testing, 2019. **79**: p. 106004.

[25] Hassani, D., I.K. Sani, and S. Pirsa, *Nanocomposite film of potato starch and gum Arabic containing boron oxide nanoparticles and anise hyssop (Agastache foeniculum) essential Oil: investigation of physicochemical and antimicrobial properties*. Journal of Polymers and the Environment, 2024. **32**(4): p. 197-۲۱۹۸۳.

[26] Pirsa, S., I. Karimi Sani, and S. Khodayvandi, *Design and fabrication of starch-nano clay composite films loaded with methyl orange and bromocresol green for determination of spoilage in milk package*. Polymers for Advanced Technologies, 2018. **۲۹**(۱۱): p. 2750-2758.

[27] Ucar, Y., et al., *Application of cold plasma technology in the food industry and its combination with other emerging technologies*. Trends in Food Science & Technology, 2021. **114**: p. 355-371.

[28] Nalbandi, H., S.S. Seiedlou Heris, and P. Ahmadi Gheshlagh, *Determination of Optimum Performance Characteristics of Combined Infrared-Convectional Dryer in Drying of Banana Slices*. Agricultural Mechanization, 2021. **6**(1): p. 11-21.

[29] Amiri, S., et al., *Optimizing the formulation of aloe vera-based vegetable diet drink*. Iranian journal of food science and industry, 2024. **21**(۱۵۲).

[30] Annor, G.A., *Cold plasma effects on the nutritional, textural and sensory characteristics of fruits and vegetables, meat, and dairy products*. Effect of Emerging Processing Methods on the Food Quality: Advantages and Challenges, 2019: p. 163-171.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Studying the effect of cold plasma process on physical, chemical and antioxidant properties of sheep milk

Samira Alijanibaei^{*1}, Marzieh Bolandi², Rozbeh Abbaszadeh³, Majid Keyvani Bostanabad⁴

- 1- Ph.D. student of food science and technology, Department of Food Science and Technology, Damghan Branch, Islamic Azad University Damghan, Iran
- 2- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, , Damghan Branch, Islamic Azad University Damghan, Iran
- 3- Assistant Professor, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Tehran, Iran
- 4- Graduate of the Food Industry Department of Food Science and Technology, , Damghan Branch, Islamic Azad University Damghan, Iran,

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2025/3/4

Accepted: 2025/5/26

Keywords:

Cold plasma,
Sheep's milk,
Antioxidant activity,
Microbiological tests

DOI: 10.22034/FSCT.22.163.288.

*Corresponding Author E-

samira_alijani_b@yahoo.com

ABSTRACT

This research investigated the impact of cold plasma treatment on the characteristics of raw sheep's milk. In this study, the effect of cold plasma was considered at three voltage levels (0.5, 0.7, and 0.9 kV) and three treatment times (3, 5, and 7 minutes). The physicochemical properties of raw sheep's milk, including pH, antioxidant activity (DPPH radical scavenging activity), color indices (L, a, b), microbiological tests (total bacterial count), protein, and fat, were examined. Analysis of variance (ANOVA) showed that both voltage and treatment time significantly affected pH, with an average increase to 6.82 as voltage and time increased. Antioxidant activity was also influenced, increasing to 21.03% with increasing voltage and time. Color indices changed significantly. The lightness index (L) reached 74.58 due to voltage and treatment time, while the redness index (a) and yellowness index (b) changed to 2.15 and 10.94, respectively. Additionally, in microbiological tests, the total bacterial count decreased significantly, indicating a significant improvement in milk safety. Finally, the examination of protein and fat levels showed that with increasing voltage and treatment time, protein levels reached 3.86 g/100 mL and fat levels reached 4.53 g/100 mL. These results indicate that the use of cold plasma can be considered as an effective method for improving the quality and increasing the nutritional value of milk in the dairy industry.

Journal of food science and technology(Iran)

Properietor:	Food Science & Technology Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University Association of Food Science & Technology (Iran)
Excutive Manager:	Dr. E. Sharifi Al Agha
Editors-in-Chief:	Dr. M. H. Azizi

Editorial Board: (Alphabetical order)

Azizi, M. H. Prof.
Abbasi. S. Associate Prof.
Ahmadi, H. Assistant Prof.
Hamidi Esfahani, Z. Associate Prof.
Hossaini, M. Assistant Prof.
Sahari, M. A. Prof.
Mohammadamin, M. Assistant Prof.
Vosoughi, M. Prof.
Rashidinejad, A. Rashidinejad

Editorial Secretary:	Neda Azizi
Literature and Technical Editor (Persian):	M. A. Sahari
Literature and Technical Editor (English):	M. H. Azizi
Layout:	Neda Azizi
Lithography & Print:	Center for Academic Publication

Address:	Food Science & Technology Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University P.O.Box: 14115-336, Tehran, I. R. Iran. Web site: www.fsct.ir Tel:+98-21-48292475 Fax: +98-21-44180539
-----------------	---

**Instructions for Contributors to the
Journal of food science and technology(Iran)**

General

IJFST publishes the results of research in the various aspects of Science applying to the different areas of Food Science and Technology from all over the world. Four copies of the manuscript, not already sent for publication should be forwarded to the Editorial Office, Journal of Food Science and Technology, College of Agriculture, Tarbiat Modarres University, P.O.Box.14115-336, Tehran, Iran.

PREPARATION OF THE MANUSCRIPTS

Manuscripts must be typed, double-spaced, line numbered, with margins on good grade A4 paper. The heading of each manuscript should include the title, author's name(s) and complete address(es).

The manuscript should usually be divided into the following sections: Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion and finally Reference. An abstract not exceeding 300 words should cite the reasons for doing work; objectives and topics covered brief description of methods used, result and conclusions.

Introduction should be short and include a brief statement of the problem that specifies the work, the finding of others and an explanation of the general approach and objectives, Methods should be based on experimental and survey data and should give sufficient details. Tables, figures and other illustrations in the results section should provide a clear understanding of the representative data obtained from the experiments.

Discussion section should interpret the data presented in the results section, giving particular attention to the problems presented in the introduction. Acknowledgement(s) should precede the references.

In references section, the author(s) is (are) encouraged to cite only the published, significant and up-to-date reference. References should be numbered sequentially in the order that they are cited in the text. The numbers should be enclosed in square brackets e.g. Glenn et al. [1]. References are collected in numerical order at the end of the manuscript under the heading "References"

JOURNAL ARTICLES

[1] Glenn, G.M., Younce, F.L. and Pitts, M.J.1991. Fundamental physical properties characterizing the hardness of wheat endosperm. *Journal of Cereal Science* 13: 179-194.

[2]Clark, A.H. 1987. The application of network theory to food systems. In "Food structure and Behavior", (J. M. V. Blanshard and P. Eillford, eds). Academic Press, London, pp: 13-34.

The manuscripts should also include a condensed running title (not exceeding 50 characters including spaces), a list of three to five keywords and a Persian abstract for non-Iranian authors the abstract will be converted into Persian by the journal's editor.

MANUSCRIPTS ON DISK

Office tools (Microsoft Word) should be used to prepare the final revised materials. The final revised manuscript saved on a 3 1/2 floppy disk along with its hard copy is required for final submission.

UNITS OF MEASUREMENT

The SI system is adopted as standard. As for abbreviations. If any non-standards are to be used, they should be defined in the text.

TABLES

Tables should be numbered in Arabic, each submitted on a separate sheet with an appropriate legend at top. First mention of tables in text must be in sequential order. Indicate first mention of each table in the margin of manuscript.

ILLUSTRATIONS

Figures are of two kinds: line drawings and photographs. Line drawings must be drawn using intense black on white: photographs must be of good contrast and sharp focus throughout. In addition to the usual line-drawn graphs, treat complicated formulas, flow diagrams, metabolic schemes and large or complex tables as figures. First mention of figures in text must be in sequential order. Indicate first mention of each figure in the margin of text. Use [] to indicate the number of formulas.

Figures are photographically reproduced, nearly always at a reduced size from the material provided by the authors. Plan for maximum reduction wherever possible, figures will be reduced to fit one journal column(69mm). All letters, numbers and symbols, thus, must be large enough in original to be at least 1.5mm high after reduction.

PREPARATION FOR PUBLICATION

Page author proofs will be sent to the authors for checking before publication. Alterations other than the correction of printers error will be allowed only at the editor's discretion. Manuscripts after being corrected must be returned to the editorial office within 15 days. Otherwise the editor reserves the right to correct the proofs himself and to send the material for publication.

Web site: www.fsct.ir

Contents

1- Investigating the effect of foliar application.....	1
2- Simiulation of moisture loss and oil absorbation during.....	16
3- Physicochemical and functional properties of	31
4- Comparison of bioactive compounds extracted.....	50
5- Formulation of Health Beneficial Synbiotic.....	65
6- Investigating the effect of textured fiber supplement.....	78
7- Evaluation of antibacterial and antioxidant.....	90
8- Challenges of production, nutritional quality.....	104
9- The antimicrobial effect of edible alginate-gelatin.....	121
10- Investigating the inhibitory effect of poulk extract.....	138
11- Investigation of the physical properties of starch.....	151
12- Evaluation of the effect of Daphne odora essential.....	173
13- Effect of magnetized water on oat growth and drying.....	190
14- Preparation of Structured Low-Saturated Water.....	202
15- Investigation of physicochemical properties.....	216
16- Identification of chemical compounds, antioxidant.....	231
17- Investigating the Possibility of Increasing.....	242
18- Effect of Diatary supplementation of L-carnitine.....	257
19- Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects.....	270
20- Studying the effect of cold plasma process on physical.....	288