

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 اصولا 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، ترجیحا 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.fsct.ir
آدرس: تهران، پل گیشا، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی، صندوق پستی ۳۳۶-۱۴۱۱۵ تلفن: ۸۲۹۲۴۷۵-۰۴۱۸۰۵۳۹، دورنگار: ۸۲۹۲۳۰۰-۰۴۱۸۲۹۲۲۰۰ پست الکترونیک: fsct@modares.ac.ir یا food86@gmail.com

فهرست مقالات

- ۱- بررسی تاثیر افزودن پودر هسته خرماي مضافتي و سبوس ۱
- ۲- توليد کيک اسفنجي کم کالري با استفاده از آنزيم ترانس گلو تاميناز ۲۴
- ۳- بررسی تأثير پيش تیمارها و سطوح مختلف جایگزینی ۴۲
- ۴- اثر جایگزینی دی اکسید گوگرد با نانو ۵۶
- ۵- ارزیابی خواص عملکردی و آنتی اکسیدانی پیتیدهای ۶۹
- ۶- آنالیز انتقال حرارت و جرم طی فرآیند سرخ کردن ۸۶
- ۷- ارزیابی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی و حسی ۱۰۴
- ۸- پيش بينی رطوبت و دانسیته در میگو طی سرخ کردن ۱۲۱
- ۹- بررسی زنده مانی لاکتوباسیلوس / اسیدوفیلوس ۱۳۷
- ۱۰- ارزیابی خصوصیات تکنیکی-عملکردی، ضدقارچی ۱۵۱
- ۱۱- تهیه کوفته و گوشت چرخ کرده از ماهی سیم سد ارس ۱۶۵
- ۱۲- بررسی توليد شیر کورکومین رژیمی حاوی فیبر ۱۸۲
- ۱۳- بهینه سازی فرمولاسیون بیسکوئیت فاقد گلوتن ۱۹۸
- ۱۴- بررسی فعالیت اکسیدانی و بهینه سازی توليد ۲۱۴
- ۱۵- بهینه یابی فرمولاسیون کيک اسفنجي فاقد گلوتن ۲۲۹
- ۱۶- بررسی کارایی روش اسمزی و استفاده از پيش تیمار فراصوت ۲۴۴
- ۱۷- بررسی امکان توليد امولسیون روغن گردو پایدار شده ۲۶۰
- ۱۸- ارزیابی فعالیت ضد میکروبی عصاره آبی شوید ۲۷۵
- ۱۹- تأثير غنی سازی پودر شکلات داغ با پودر زرشک ۲۸۶
- ۲۰- بررسی ویژگی های بیوشیمیایی و خاصیت ضدقارچی ۲۹۷



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی تاثیر افزودن پودر هسته خرماي مضافتي و سبوس گندم بر ويژگي هاي فيزيكوشيميايي، مكانيكي و حسي نان بروتچن

حيدر جمعه كاظم الكعبي^۱، زهرا امام جمعه^{۲*}

^۱ دانشجوي دوره دكتري تخصصي رشته علوم و مهندسي صنايع غذايي پرديس بين المللي ارس دانشگاه تهران، تهران، ايران.

^۲ آمايشگاه پديده هاي انتقال، گروه علوم و صنايع غذايي، دانشگده كشاورزي و منابع طبيعي، دانشگاه تهران، كرج، ايران.

چكيده

اطلاعات مقاله

در اين مطالعه، تأثير افزودن پودر هسته خرماي مضافتي و سبوس گندم به عنوان منابع فيبر را بر پارامترهاي كيفي نان بروتچن و خمير مورد بررسي قرار گرفت و مقادير ويژگي هاي فيزيكي و شيميايي (حجم، حجم مخصوص، وزن، رطوبت، خاكستر، پروتين، فيبر رژيمي، فعاليت آبي، اندازه ذرات، درصد بياتي، فالينگ نامبر، گلوتن، شاخص گلوتن، ته نشيني زلني، ته نشيني تاخيري و بررسي رنگ پوسته و بخش مركزي نان)، ويژگي هاي فارينوگراف و اكستنسوگراف خميرهاي تهيه شده، ويژگي هاي مكانيكي (پروفایل بافت نان) و ويژگي هاي حسي (ظاهر، رنگ، عطر و طعم، بافت) از نان توليد شده به همراه پودر هسته خرماي مضافتي (۰، ۵ و ۱۰ درصد) و سبوس گندم (۰، ۲/۵ و ۵ درصد) در دو زمان استراحت ۹۰ و ۱۸۰ دقيقه در طي مدت ۷ روز نگهداري مورد بررسي قرار گرفت. نتايج نشان داد كه ميزان جذب آب، زمان توسعه، پايداري، مقاومت در برابر كشتش و حداكثر مقاومت خمير با افزايش مقادير پودر هسته خرماي مضافتي و سبوس گندم افزايش يافت. همچنين در درجه نرم شدن، انبساط پذيري، سطوح انرژي، مقادير L^* و a^* رنگ پوسته و بخش داخلي نان با افزودن پودر هسته خرما كاهش يافت ($p > 0.05$). تغيير در درجه نرم شدن و مقادير پايداري از نظر آماري معني دار بود ($p > 0.05$). افزودني دو ماده ياد شده باعث ايجاد ساختار سفت تري در نمونه هاي نان شد و بياتي نان را كاهش داد. مشاهده شد زمان استراحت ۱۸۰ دقيقه نسبت به ۹۰ نتايج بهتري در بافت و ويژگي هاي فيزيكي نان داشت ($p > 0.05$). پذيرش حسي توسط توصيفگران اگرچه كاهش يافت ($p > 0.05$) اما در درجه خوب قرار گرفت. نمونه DKP5%-B5%-FT3 بهترين عملکرد را در مجموع آزمون هاي مورد اشاره داشت. نتيجۀ اين مطالعه نشان داد كه حضور سبوس گندم و پودر هسته خرماي مضافتي ناني با كيفتي مناسب ارائه و به افزايش فيبر در رژيم غذايي كمك مي كند.

تاريخ هاي مقاله :

تاريخ دريافت: ۱۴۰۳/۶/۲۵

تاريخ پذيرش: ۱۴۰۳/۸/۲۳

كلمات كليدي:

نان بروتچن،

پودر هسته خرما مضافتي،

سبوس گندم،

فيبر رژيمي،

خواص فيزيكوشيميايي.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.1.

* مسئول مكاتبات:

emamj@ut.ac.ir

۱-مقدمه

در سطح جهانی، غلات و محصولات بر پایه نشاسته به عنوان منابع انرژی رژیم غذایی روزانه بر سایر مواد غذایی برتری دارند. نان یکی از مواد غذایی اساسی انسان است که قدمت آن به دوران نوسنگی برمی گردد و از پختن در تنور و یا فرهای گوناگون تهیه می شود. اولین نان در حدود ۱۰۰۰۰ سال قبل از میلاد پخت شد که ممکن است با آزمایش عمدی با آب و آرد دانه گندم تولید شده باشد [1]. از آنجایی که نان مرتبط ترین منبع کربوهیدرات های موجود در رژیم غذایی است، جهت بهبود کیفیت نان از بیش از ۵۰۰۰ سال پیش از مخمرهای نان که پرکاربردترین آن ها گونه مخمر ساکارومایسز سروزیه است استفاده شده است. حضور نمک، روغن، شیر، دانه های روغنی، ادویه هایی مانند زردچوبه به تدریج در نواحی مدیترانه گسترش یافت. تامین انرژی مورد نیاز بدن اولین هدف خوردن نان است اما امروزه و پس از گسترش دانش تغذیه در قرن بیستم میلادی اهدافی دیگر نظیر دریافت ویتامین های گوناگون مانند گروه ویتامین ب، دریافت ریز مغذی ها مانند اسید فولیک و دیگر موارد و نیز افزایش میزان فیبر دریافتی موجب تغییر فرمولاسیون نان شده است [۲].

فیبر خوراکی در حال حاضر به عنوان عنصری حیاتی در محصولات غذایی در نظر گرفته می شود. محبوبیت فیبر خوراکی در محصولات غذایی ناشی از افزایش علاقه به توسعه غذاهای سالم است و محصولات غذایی محبوب، به ویژه نان، در حال حاضر به عنوان محصولات مقبول برای فیبر خوراکی مورد استفاده قرار می گیرند. فیبرهای خوراکی می توانند به دسته های زیر تعلق داشته باشند: (۱) پلیمرهای کربوهیدرات خوراکی که به طور طبیعی در مواد غذایی مصرف می شوند. (۲) پلیمرهای کربوهیدراتی که از مواد خام غذایی به وسیله ابزارهای فیزیکی، آنزیمی یا شیمیایی به

دست آمده و نشان داده شده است که اثر فیزیولوژیکی آنها برای سلامتی مفید است، همانطور که توسط شواهد علمی پذیرفته شده عمومی به مقامات ذیصلاح نشان داده شده است. و (۳) پلیمرهای کربوهیدرات مصنوعی که نشان داده شده است که دارای اثر فیزیولوژیکی برای سلامتی هستند، همانطور که توسط شواهد علمی پذیرفته شده به مقامات ذیصلاح نشان داده شده است [۳].

فیبر رژیمی^۱ نوعی دوم فیبر خوراکی است که مخلوطی از پلیمرهای کربوهیدرات گیاهی است که از پلی ساکاریدها و الیگوساکاریدها و همچنین همی سلولز، سلولز، نشاسته مقاوم، مواد پکتین، اینولین و صمغ و غیره تشکیل شده است [۲]. علاوه بر عدم هضم، جذب و هیدرولیز، فیبر رژیمی همچنین در افزایش حجم مدفوع، تحریک تخمیر در روده کوچک، و کاهش سطح کلسترول قبل از غذا و سطوح گلوکز خون پس از غذا در بدن ارگانیسم نقش دارد [۴]. از طرفی کاربرد فیبر رژیمی به دلیل ویژگی های تکنولوژیکی آن در تهیه نان امکان پذیر است. به عنوان مثال، ظرفیت نگهداری آب فیبر رژیمی از بیات شدن نان جلوگیری می کند که می تواند ماندگاری محصول را افزایش دهد. همچنین در خواص آنتی باکتریال بودن فیبر رژیمی تحقیقاتی توانسته اند نتایج را اثبات کنند [۵]. دیگر اثرات مفید از افزایش مصرف فیبر غذایی بر سلامت انسان و عملکرد بدن وجود دارد [۶].

از سوی دیگر حضور فیبرهای رژیمی بر شاخص گلیسمی^۲ تاثیر مثبت دارد. در تحقیقات پیشین به خوبی مشخص شده است که نشاسته نان سفید به سرعت هضم و جذب می شود و پاسخ های گلوکز و انسولین بالایی را برمی انگیزد [۷] و

1- Dietary fiber

2 -Glycaemic index

این ویژگی باعث می شود نان غذایی با شاخص گلیسمی بالا (< 70) باشد [۸].

میوه خرما^۳ محصولی مهم از کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک جهان و ایران بوده است. بیشتر نخلستان‌های ایران در مناطق جنوبی مانند خوزستان، بوشهر، کرمان و هرمزگان قرار دارند. کشت خرما همواره نقش مهمی در زندگی اقتصادی و اجتماعی مردم این مناطق داشته است. میوه خرما به عنوان یک غذای اصلی شناخته شده است و از پریکارپ گوشتی و دانه یا هسته با بافت سفت و شکل بیضی تشکیل شده است. میزان تولید خرما در سال ۲۰۲۳ میلادی معادل بیش از ۱۳۰۰۰۰ تن (معادل ۱۵٪ حجم تولید شده در جهان) بوده است. از میان ارقام پر محصول و پر طرفدار نوع مضافتی یکی از محبوب ترین و متداولترین گونه‌های خرما در ایران است که نزدیک به ۴۰٪ وزن خرما در ایران را شامل می‌شود [۹]. امروزه مصرف و همچنین صادرات خرما بدون هسته در حال افزایش است و مقادیر زیادی هسته خرما تولید می‌شود که به طور معمول دور ریخته می‌شوند یا به عنوان مواد تشکیل دهنده کود گیاهی و یا در بهترین حالت پودر آن به عنوان خوراک دام استفاده می‌شوند. بین ۱۰ تا ۱۴ درصد وزن خرما مضافتی را هسته آن تشکیل می‌دهد. امروزه و در تحقیقات گوناگون از هسته خرما به عنوان محصولات جانبی در صنایع غذایی استفاده می‌شود. ۱۰ معمولاً رطوبت این نوع هسته خرما حدود ۱۰٪، پروتئین آن حدود ۷٪، انواع روغن موجود در آن حدود ۱۰٪، فیبر بین ۱۰ الی ۲۵ درصد، کربوهیدرات حدود ۵۰٪، خاکستر بین ۰/۵ تا ۲ درصد و ترکیبات پلی فنولی در حدود ۵۰ mg/g متغیر است. فیبر هسته خرما معمولاً از نوع محلول بوده و فیبر رژیمی ($78-80\text{g}/100\text{g}$) را دارا می‌باشد. دیگر جز مهم هسته خرما روغن می‌باشد. روغن هسته خرما حاوی اسیدهای چرب

اشباع و غیراشباع است که به ترتیب اسیدهای چرب لوریک و اولئیک اصلی هستند. توکوفرول ها، توکوترینول ها، فیتواسترول ها و ترکیبات فنلی نیز در مقادیر قابل توجهی وجود دارند. این مواد شیمیایی گیاهی ارزش افزوده‌ای به روغن هسته خرما می بخشد که می‌تواند برای بسیاری از کاربردها مانند فرمولاسیون محصولات غذایی، آرایشی و بهداشتی و دارویی استفاده شود [۱۰].

ترکیبات آنتی اکسیدانی موجود در هسته خرما در تحقیقات پیشین نشان داده شده است. فیبر غذایی و آنتی اکسیدان ها می توانند به طور مشترک در روده بزرگ متابولیزه شوند و توسط میکروبیوتای باکتریایی برای ارائه مزایای سلامتی برای انسان استفاده شوند. علاوه بر بهبود سلامت روده، این ترکیبات می تواند اکسیداسیون لیپیدها را مهار کرده و از بیماری قلبی عروقی در شرایط آزمایشگاهی جلوگیری کند [۱۱]. همچنین نشان داده شده است که این ترکیبات سرطان کولورکتال و تومورزایی روده را در مدل موش مهار جدا از ارائه مزایای سلامت محور برای انسان، ترکیبات آنتی اکسیدانی همچنین برای بهبود ماندگاری محصول در سیستم غذایی گنجانده شده است، مانند افزایش ماندگاری ماست و سس سالاد، حفظ در برابر فساد نان و جلوگیری از اکسیداسیون لیپید در ماهی [۱۲-۱۴].

امروزه محصولات نان با آردهای تصفیه شده تهیه می شوند که به دلیل حذف سبوس و جوانه گندم، فاقد مواد مغذی مهم مانند فیبر رژیمی، ویتامین ها، مواد معدنی و آنتی اکسیدان ها هستند [۱۵]. بنابراین نان های تهیه شده از آرد سفید گندم نمی توانند نیازهای روزافزون تغذیه ای و سالم مصرف کنندگان را برآورده کنند. اخیراً روند رو به رشدی برای ترکیب محصول جانبی سبزیجات یا میوه در نان برای بهبود

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲ مواد

۱-۱-۲ تهیه پودر هسته خرما

در این تحقیق از هسته‌های خرما از رقم مضافتي استفاده شد. نمونه‌های پنج کیلوگرمی به‌طور تصادفی از دسته‌های خرماي کاملاً رسیده در پایان فصل، بدون هیچ ترجیحي برای اندازه، رنگ، ظاهر یا سفتی جمع‌آوری شد. هسته‌ها ابتدا از خرما جدا و در آب خیسانده، شسته شده تا گوشت میوه خرما از بین رفت و سپس با جریان هوا در دمای اتاق خشک شد و ابتدا با استفاده از آسیاب چکشی به پودر درشت تبدیل و توسط آسیاب آزمایشگاهی (IKA M 20 Universal Mill; IKA werke GmbH Co. KG, Staufen, Germany) آسیاب شد. سپس جهت تهیه پودر ریز با استفاده از الک‌های آزمایشگاهی (با مش ۴۰، ساینز ۱۵۰ میکرون، شرکت آلمان، ایران) جداسازی انجام شد. پودر حاصل در دمای اتاق برای تهیه نان ذخیره شد.

۲-۱-۲ دیگر مواد اولیه

سبوس گندم (شرکت سواهی، تهران، ایران)، آرد گندم (کارخانه آرد مرشدی، تهران، ایران)، نمک طعام (شرکت نمک هدیه، سمنان، ایران) شکر (شرکت نیشکر هف تپه، خوزستان، ایران)، مخمر ساکارومایسز سروزیه (شرکت نیشکر هف تپه، خوزستان، ایران)، روغن (روغن لادن، ایران) و کلیه مواد شیمیایی آزمایشگاهی از شرکت سیگمای آلمان خریداری شد.

۳-۱-۲ تهیه نان بروتچن حاوی آرد هسته خرما و سبوس گندم

ارزش‌های تغذیه‌ای و مزایای سلامتی وجود دارد [۱۶]. تولید نان با فیبر غذایی یا پلی فنل‌های آنتی اکسیدانی طی دو دهه گذشته غنی‌تر شده‌اند [۱۷].

سبوس گندم^۴ لایه رویی یا پوسته گندم است که شامل پریکارپ، تستا و لایه‌های هیالین و آلورون می‌باشد. از نظر وزنی، کاریوپسیس گندم از پوسته سبوس خارجی ۱۴ تا ۱۶ درصد دانه گندم را تشکیل می‌دهد [۱۸]. سبوس دانه گندم غنی از فیبر، مواد معدنی، ویتامین B6، تیامین، فولات و ویتامین E و برخی مواد شیمیایی گیاهی، به ویژه آنتی اکسیدان‌ها مانند ترکیبات فنلی هستند. از سبوس در تولید آردهای قهوه‌ای و سبوس‌دار استفاده می‌شود، از این رو برخی از اجزای مغذی با ارزش را حفظ می‌کند که با حذف بیشتر این بخش‌ها در تصفیه آرد سفید، کیفیت نان سفید کاهش می‌یابد [۱۹]. اثرات فیزیولوژیکی سبوس گندم را می‌توان به اثرات تغذیه‌ای (از مواد مغذی موجود)، اثرات مکانیکی (عمدتاً بر روی دستگاه گوارش، به دلیل محتوای فیبر) و اثرات آنتی اکسیدانی (ناشی از مواد مغذی گیاهی موجود مانند اسید فنولیک و آلکیل رزورسینول‌ها) تقسیم کرد [۲۰].

در این پژوهش خواص فیزیکی و شیمیایی، مکانیکی، حسی و میکروبی نان غنی شده بروتچن با پودر هسته خرما و سبوس گندم با توجه به خواص خمیر و نان از نظر خصوصیات رئولوژیکی (به عنوان مثال، زمان توسعه خمیر، پایداری خمیر، مقاومت در برابر کشش، کشسانی و موارد دیگر نان)، تعاملات پودر هسته خرما، سبوس و اجزای نان با یکدیگر و تاثیر آن بر ویژگی‌های مکانیکی (مانند سختی، حجم نان، رنگ پوسته و درون نان، بافت و خواص حسی) و ویژگی‌های میکروبی (اثر حضور پودر هسته خرما بر رشد کپک و مخمر) را بررسی می‌کنیم.

خمیر نان حاوی آرد (۱۰۰ قسمت)، شکر (۲/۴ قسمت)، نمک (۱ قسمت)، مخمر (۰/۸ قسمت) و آب مقطر/دیونیزه (۵۰ قسمت) بود. پودر هسته خرما در سه سطح ۰/۵٪ و ۱۰٪ وزنی/وزنی ماده خشک موجود در فرمولاسیون و سبوس گندم نیز در سه سطح ۰/۵٪، ۲/۵٪ و ۵٪ وزنی/وزنی ماده خشک به فرمولاسیون افزوده شد. مواد را در دستگاه خمیر گیر دارای همزن (Kitchen Aid Kenwood, Great Britain) با سرعت کم به مدت ۳۰ دقیقه و در سه مرحله با هم مخلوط شد تا خمیر یکدستی به دست آمد. خمیر در دو زمان ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سلسیوس استراحت کرده و تخمیر شد. سپس خمیر را به ۴ قسمت مساوی تقسیم کرده و در دمای اتاق به مدت ۲۰ دقیقه استراحت دوم داده شد. گلوله‌ها پس از آماده سازی فر در دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس و رطوبت ۱۵٪ به مدت ۲۰ دقیقه پخته شدند. نان ها بر روی طوری فلزی در دمای اتاق خنک شده، در کیسه های پلی اتیلن قرار گرفتند و تا زمان استفاده نگهداری شدند.

۲-۲ آزمون‌ها

۲-۲-۱ آزمون‌های پودر هسته خرما

در تجزیه و تحلیل شیمیایی و فیزیکی پودر هسته خرما، رطوبت (۱۶A-۴۴)، پروتئین به روش کلدال (۱۳-۴۶)، خاکستر (۷-۰۸)، چربی (۱۰-۳۰)، گلو تن مرطوب (۱۱-۳۸) و فیبر خام (۱۰/۰۱-۳۲) بر اساس روش های استاندارد AACC (۲۰۰۰) تعیین شد [۲۱].

۲-۲-۲ بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نان بروتچن حاوی پودر هسته خرما و سبوس

وزن نمونه‌ها پس از تولید و سرد شدن کامل در دمای اتاق به روش یوکسل و همکاران (۲۰۲۳) با اندکی تغییر انجام شد. ابتدا نمونه‌ها بر روی ترازوی آزمایشگاهی دیجیتال ۴ صفر (شرکت Sartorius، کشور آلمان) در سه تکرار وزن شد.

سپس حجم ویژه نمونه‌ها به روش مونتریو و همکاران (۲۰۲۱) با اندکی تغییر اندازه گیری شد [۲۲]. نمونه ها در ابعاد بالاتر از $3/5 \text{ cm}^3/\text{g}$ برش داده شد. برخی آنالیزها مانند فالینگ نامبر (۵۶-۸۱) بر اساس روش AACC (۲۰۰۰) انجام شد [۲۰]. تجزیه و تحلیل رطوبت در نان بر اساس AACC و به روش ۱۹-۴۴، تجزیه و تحلیل خاکستر خام بر اساس روش ۰۸-۰۱ و چربی (۱۰-۳۰) انجام شد. تعیین میزان گلو تن مرطوب و شاخص گلو تن بر اساس روش ۱۲-۳۸ با استفاده از دستگاه های Glutomatic-2200 و (Pertent Instruments AB, Huddinge, Sweden) مقدار فالینگ نامبر با استفاده از روش ۵۶-۸۱b اندازه گیری شد. آزمایش رسوب گذاری زلنی بر اساس روش یوکسل و همکاران (۲۰۲۳) انجام شد. تعیین مقادیر ته نشینی تاخیری، متفاوت از آزمون ته نشینی زلنی، با اندازه گیری پس از افزودن برم فنل بلو و باقی ماندن به مدت ۲ ساعت تعیین شد [۲۱]. همچنین بیاتی نان پس از ۷ روز نگهداری از فرمول ۱ تعیین شد:

$$BS_d = \frac{H_{7d} - H_{1d}}{H_{1d}} \times 100 \quad (1)$$

که H_{1d} نتیجه سنجش سفتی در روز اول، H_{7d} نتیجه سنجش سفتی در روز هفتم، BS_d برابر با درصد بیاتی است [۲۳].

در آزمون رنگ سنجی بخش پوسته و داخلی نان جداگانه با دستگاه هانتربل (HUNTERLAB-D25-9000، ایالات متحده آمریکا) انجام شد. شاخص L^* [۰ (سیاه) - ۱۰۰ (سفید)]، شاخص a^* [مقادیر (+) قرمز - مقادیر (-) سبز] و شاخص b^* [مقادیر (+) زرد - مقادیر (-) آبی]. اندازه ذرات به کمک میکرومتر دیجیتال (شرکت Mitutoyo، کشور ژاپن) به روش لاپچیکوا و همکاران (۲۰۱۹) با کمی تغییر اندازه گیری شد. به صورتی که ابتدا ۱ قطعه 1×1 میلی متر مربع از مرکز هر نمونه بریده و جداسازی شد. پس از کالیبره کردن دستگاه، نمونه را در بخش مخصوص قرار داده و با پیچ

مخصوص تا جای ممکن سفت می کنیم و عدد نشان داده شده بر روی نشانگر دیجیتال اندازه ذرات است. این آزمون در سه تکرار انجام شد [۲۴].

آزمون فعالیت آبی توسط دستگاه a_w meter (شرکت Novasina، کشور آلمان) به روش ژانو و همکاران (۲۰۲۱) با اندکی تغییر انجام شد. در این روش قطعه 5×5 میلی متر مربع از بخش مرکزی نان برش داده شد و پس از روشن شدن دستگاه و انتخاب برنامه مربوطه در بخش مخصوص قرار داده و درب دستگاه را بستیم. پس از ثابت شدن عدد نشان داده شده بر روی نمایشگر دیجیتال، از آن به عنوان عدد فعالیت آبی نمونه استفاده می کنیم [۲۵].

۲-۲-۳ بررسی پارامترهای فارینوگراف و اکستنسوگراف

ظرفیت نگهداری آب (بر حسب درصد)، زمان رسیدن خمیر^۶ (بر حسب دقیقه)، پایداری^۷ (بر حسب دقیقه) و درجه نرم شدن نان^۸ (۱۲ دقیقه پس از حداکثر مقدار روی منحنی) در نمونه‌ها بر اساس روش AACC (۲۱-۵۴) توسط دستگاه فارینوگراف انجام شد (دستگاه Brabender، کشور آلمان). مقاومت خمیر در برابر کشش^۹، حداکثر مقاومت خمیر^{۱۰}، کشش پذیری^{۱۱} و مقادیر انرژی^{۱۲} با استفاده از همان دستگاه و همان روش اندازه گیری شد. در هر دو آنالیز بر اساس ۳۰۰ گرم آرد بودند [۲۰].

۲-۲-۴ بررسی خصوصیات مکانیکی نان

تجزیه و تحلیل پروفایل بافت نان^{۱۳} در دمای اتاق با استفاده از دستگاه HOUNSFIELD/H5KS (کشور انگلستان) انجام شد. نمونه برداری و اندازه گیری با برش و برداشتن ثلث بالایی نان و از بخش میانی نان انجام شد. پروب اندازه گیری در وسط برش‌های نان قرار گرفت و از ناحیه نزدیک به پوسته اجتناب کرد. ضخامت هر تکه نان حدود ۱۰۰ میلی متر بود. تنظیمات اعمال شده پروب استوانه ای اکریل قطری ۳۵ میلی متر، کرنش ۵۰ درصد، سرعت ۵ میلی متر بر ثانیه و زمان انتظار ۵ ثانیه بین دو اندازه گیری بود. سفتی^{۱۴}، انسجام^{۱۵} و خاصیت فنری بودن^{۱۶}، تاب آوری^{۱۷}، جویدن^{۱۸} و خاصیت چسبندگی^{۱۹} پارامترهای اصلی بافت نمونه بودند. این آزمون در روزهای اول، سوم و هفتم نگهداری نمونه‌ها انجام شد [۲۶].

۲-۲-۵ آزمون حسی

گروه ارزیابی حسی به روش هدونیک شامل ۱۵ نفر (۱۰ زن و ۵ مرد، بین ۲۵ تا ۴۶ سال که در این زمینه آموزش ندیده‌اند) نمونه‌های نان را مورد ارزیابی قرار دادند. ارزیابان یک برش کامل از نمونه را بدون هیچ گونه شناخت و به صورت کور دریافت کردند و از آنها خواسته شد تا شدت ۴ ویژگی اصلی حسی را ارزیابی کنند [۲۷]. برای ویژگی ظاهری رنگ پوسته و بخش درونی و نیز تخلخل نان، برای طعم شیرینی و شور نان، برای عطر و مزه میزان پذیرش پودر هسته خرما و سبوس و نیز برای بافت میزان چسبندگی،

13 -Texture Profile Analysis (TPA)

14 -Hardness

15 -Cohesiveness

16 -Springiness

17 -Resilience

18 -Chewiness

19 -Gumminess

6- Dough Development Time

7- Stability

8- Degree of Softening

9- Resistance to Extension

10 -Dough's Maximum Resistance

11 -Extensibility

12 -Energy

لاستیکی بودن و لطافت نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.. نمونه‌ها با کدهای ۳ رقمی روی صفحات پلاستیکی سفید زیر نور سفید در دمای اتاق سرو شدند.

۳-۲ تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های دریافتی با نرم افزار IBM SPSS Statistics (۲۵/۰/۲/۲، ایالات متحده آمریکا) مورد تجزیه و تحلیل شد. تفاوت معنی داری بین گروه‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) با سطح اطمینان ۹۵ درصد تعیین شد. پس از نرمال بودن و آزمون همگنی انحراف معیار از آزمون Tukey HSD استفاده شد. تجزیه و تحلیل تشخیص خطی (LDA) برای بررسی تفکیک پذیری هر نوع نان انجام شد. داده‌های آزمون حسی با استفاده از ANOVA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در صورت وجود تفاوت معنادار، آزمون توکی با سطح ۵ درصد معناداری به کار گرفته شد. کلیه آزمون‌ها در سه تکرار صورت پذیرفتند.

۳-۳ نتایج و بحث

۳-۱ ویژگی‌های پودر هسته خرما

ویژگی‌های میزان ماده خشک، رطوبت، خاکستر، پروتئین، کربوهیدرات کل، محتوای فیبر، چربی و ویژگی‌های چربی پودر هسته خرما مضافتی در جدول ۱ نشان داده می‌شود. میزان رطوبت آن بسیار کم و در حدود ۲٪ بود که نشان از عدم امکان ایجاد بستری مناسب جهت آلودگی میکروبی و یا امکان ایجاد فساد شیمیایی دارد. مقدار پروتئین موجود در پودر هسته خرما ۸/۹٪ بود که در مقایسه با تحقیق مرابت و همکاران (۲۰۱۵) که از سه رقم دیگر آزمون گرفته بودند نزدیک به ۴٪ بیشتر بود. ارزیابی فیبر موجود در هسته خرما مضافتی نشان از حضور ۲۸ درصدی داشت [۹]. سلیمانی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کرده بودند که در میان دو رقم مضافتی جیرفت و بم اختلاف معنی داری در مقدار پروتئین بود. در هسته خرما بم این مقدار بیش از ۲۸٪ بود در حالی

که در هسته خرما جیرفت کمتر از ۲۶٪ را نشان داد. در دیگر ارقام ساویا و همکاران (۱۹۸۴) میزان فیبر رژیمی در هسته خرما روزیز و سیفری را حدود ۲۲ درصد و دوشنونی و همکاران (۱۹۹۲) در خرما زاهدی و مجول در حدود ۱۶٪ گزارش کردند. این عامل می‌تواند علاوه بر وارته خرما به مراحل رسیدگی، عرض جغرافیایی و شرایط آب و هوایی باشد. حضور بالای فیبر رژیمی در پودر هسته خرما که در بیماران دیابتی، بیماران دستگاه گوارش به ویژه گروهی که از مشکلات کولون رنج می‌برند می‌تواند کمک شایانی به پیشگیری از مشکلات بعدی یا پیشرفت بیماری آنها بکند. میزان فیبر رژیمی پودر هسته خرما از هسته خرما مضافتی بیشتر است که آن را به عنوان یکی از ارکان فرمولاسیون مواد غذایی رژیمی تبدیل می‌کند [۲۸-۳۰]. بررسی میزان چربی پودر هسته خرما مضافتی ۷/۰۹٪ بود که در ویژگی‌های مهم آن عدد پراکسید ۰/۲ که مشابه نتایج سلیمانی و همکاران (۱۳۹۵) بود [۳۰]. اما در فعالیت آنتی اکسیدانی ۲۳۹۷۴۵/۹ میلی مولار آسکوربیک اسید در صد گرم پودر هسته خرما را نشان داد. این رقم خرما در نتایج سلیمانی و همکاران (۱۳۹۵) ۱۹۴۴۸۸/۶ و ۲۴۸۱۶۶/۷ میلی مولار آسکوربیک اسید در صد گرم پودر هسته خرما مضافتی بم و جیرفت بود. هرچند نوع خرما مضافتی مورد استفاده ما نیز بم است اما داده‌ها تفاوت معنی داری دارد که نشان از بالاتر بودن ترکیبات پلی فنلی و فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی دارد [۳۰]. اما مقدار ۱۸۴۷۶/۹ میلی ایکی والان گرم پراکسید در ۱۰۰۰ گرم روغن از ترکیبات فنلی در مقایسه با ۱۹۴۴۸۸/۶ میلی ایکی والان گرم پراکسید در ۱۰۰۰ گرم روغن نشان از کمتر بودن ترکیبات فنلی دارد. لذا احتمالاً در ترکیبات پلی فنلی تفاوت معنی داری را داشته ایم [۳۱].

۳-۲ نتایج بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نان

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نان بروتچن حاوی پودر هسته خرما و سبوس در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس

نتایج حجم نان با افزایش نسبت پودر هسته خرما افزایش معنی دار یافت ($p > 0.05$). به طوری که در نمونه شاهد با تخمیر ۹۰ دقیقه این مقدار ۴۱۱/۲۱ سی سی به ۴۸۵/۵۷ سی سی افزایش یافت. این موضوع به تاثیر حضور پودر هسته خرما در تیمارهای DKP10%-B0% و DKP5%-B5% در هر دو زمان استراحت ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه بر تخمیر نان و افزایش کارایی مخمر ساکارومایسز سروزیه مربوط است که در تحقیقات اونوار و همکاران (۲۰۱۳) نیز نتایج مشابه کسب شد [۳۲]. در مورد وزن خمیر نیز به علت جرم حجمی بالا و قدرت جذب آب بیشتر سبوس گندم و پودر هسته خرما شاهد افزایش وزن خمیر از ۱۲۹/۵۴ گرم در نمونه شاهد به ۱۳۷/۸۹ گرم در نمونه DKP10%-B5% در زمانهای تخمیر ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه و رشد ۶ درصدی هستیم. میزان رطوبت نان پخته شده در پس از خنک شدن با افزایش هر دو متغیر افزایش معنی داری را نشان نداد و با افزایش سطوح پودر هسته خرما و سبوس تنها ۱٪ افزایش نشان داد. از آنجایی که زمان استراحت خمیر بر رطوبت اثری ندارد تنها در زمان ۹۰ استراحت آزمون رطوبت سنجی انجام شد. رطوبت نان در هنگام نگهداری هنگامی که کمتر از ۱۵٪ باشد امکان فساد شیمیایی مانند اکسید شدن چربی و رشد کپک و باکتری‌ها را به حداقل می‌رساند [۳۳]. افزایش خاکستر با رشد نسبت سبوس و پودر هسته خرما به میزان فیبر نمونه‌ها باز می‌گردد. زمان تخمیر در این مورد تاثیر معنی داری نداشت و نمونه DKP10%-B5% بیشترین میزان خاکستر را نشان داد. البته این افزایش نباید به ۵٪ کل نان برسد چرا که موجب ایجاد بافت بسیار سفت و کاهش انعطاف پذیری نان می‌شود. از طرفی با تغییر نسبت آرد و پودر هسته خرما و سبوس، میزان پروتئین کاهش می‌یابد که به علت کم بودن میزان پروتئین در هر دو متغیر است. با افزایش پودر هسته خرما از صفر به ۱۰٪ در نمونه DKP10%-B0% ماده خشک نان تاثیر بیشتری بر افزایش درصد فیبر کل را شاهد هستیم (افزایش حدود ۲٪)،

اما با افزایش سبوس از سطح صفر به ۵٪ ماده خشک نان در نمونه DKP0%-B5% این افزایش تنها ۰/۵٪ افزایش را نشان داد ($p > 0.05$) [۲۷]. با توجه به حضور ۲۸٪ فیبر در پودر هسته خرما و تنها ۸٪ در سبوس گندم، این افزایش مطابقت دارد. میزان فعالیت آبی یا تغییر سطوح متغیرهای مورد اشاره تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($p < 0.05$). یوکسل و همکاران در افزودن پودر هسته خرما به فرمولاسیون آرد خود شرایطی مشابه را مشاهده کردند. مدت زمان تخمیر نیز بر این مورد تاثیر معنی داری نداشت و تقریباً ثابت بود. اندازه ذرات در نان پخته شده با افزایش ۱۰۰ میکرومتری مواجه شد و تفاوت معنی داری با نمونه شاهد داشت. این تغییر به سبوس گندم باز می‌گردد. کورتی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند افزایش اندازه ذرات حاصل از سبوس گندم موجب افزایش رطوبت نان نیز می‌شود. اما با توجه به افزایش اندک سبوس (۵٪ کل ماده خشک) رطوبت به میزان اندکی افزایش یافت [۲۷]. افزایش سطح پودر هسته خرما که دارای چربی بیشتری نسبت به آرد گندم موجب کاهش درجه بیاتی پس از ۷ روز شد. به طوری که میزان بیاتی از ۸۲/۵٪ در نمونه DKP0%-B0% با ۹۰ دقیقه زمان استراحت به ۸۵/۵٪ در نمونه DKP10%-B0% افزایش یافت. یکی از علل آن می‌تواند به عدم توازن میزان پودر هسته خرما و آب موجب در خمیر و کاهش میزان آب به مقدار کمتر از ۸۵٪ ماده خشک باشد [۲۴]. سبوس گندم نیز ابتدا موجب افزایش بیاتی نان به ۹۲/۴۱٪ در نمونه DKP0%-B2.5% شد اما در نمونه DKP0%-B5% با ۵٪ سبوس به ۷۲/۸۰٪ رسید که افزایش اولیه به همان علت یاد شده بود. این امر نشان داد که افزایش سطح سبوس می‌تواند موجب جلوگیری از بیاتی نان داشته باشد اما طبق نتایج کورتی و همکاران (۲۰۱۳) افزایش سبوس بیش از ۵٪ در نان‌های حجیم موجب تغییر بافت و بیاتی بیشتر نان می‌شود [۲۷]. افزایش سطوح پودر هسته خرما و سبوس گندم موجب

واکنشی باشد که به دلیل واکنش میلارد که در هنگام پخت روی سطح نان رخ می دهد ایجاد می شود. شاخص b^* در کل با کاهش مواجه شد که نشان دهنده تمایل رنگ بخش های پوسته و درونی نان به سمت زردی و قهوه ای شدن به دلیل واکنش میلارد مورد اشاره است [۲۱، ۳۴].

فالینگ نامبر، گلوتن، شاخص گلوتن، ته نشینی زلنی و آزمایش ته نشینی تاخیری را نمی توان در آرد با افزودن پودر هسته خرما به دست آورد. پودر هسته خرما از نظر ترکیب با آرد حاصل از گندم یا سایر غلات متفاوت است. بنابراین، با توجه به محتوای گلوتن متفاوت و پتانسیل تشکیل شبکه گلوتن در آردهای افزوده شده با پودر هسته خرما، نمی توان از آزمایشات مورد اشاره به نتایج مطلوب دست یافت. اما با حضور سبوس گندم شاخص گلوتن افزایش معنی داری نشان داد ($p > 0.05$). ته نشینی زلنی و تاخیری نیز افزایش معنی داری یافت ($p > 0.05$) [۲۱، ۳۴].

۳-۳ نتایج بررسی پارامترهای فارینوگراف و اکستنسوگراف

تجزیه و تحلیل فارینوگرافی اطلاعات مهمی را برای ارزیابی ساختار گلوتن و قدرت آرد، و همچنین خواص پردازش و کیفیت خمیر ارائه می دهد. نتایج آزمایش فارینوگرافی برای ارزیابی عواملی مانند مقاومت خمیر، قابلیت انبساط، ظرفیت انبساط، ظرفیت نگهداری آب و کارایی کلی مورد استفاده قرار گرفت. برخی از پارامترها (جذب آب، زمان توسعه، پایداری و درجه نرم شدن) تجزیه و تحلیل فارینوگراف در جدول ۴ نشان داده شده است. زمان پایداری با قدرت آرد و دیگر مواد جامد در ارتباط است. زمان های پایداری طولانی معمولاً برای تولید انواع نان مناسب تر است و اغلب به زمان های اختلاط طولانی تری نیاز دارند. مشاهده می شود که با افزایش مقدار پودر هسته خرما و سبوس گندم در مخلوط آرد، مقدار زمان توسعه و پایداری خمیر ($p > 0.05$) افزایش می یابد. مدت زمان استراحت وقتی دوب رابر شد این

کاهش درجه بیاتی نان از ۶۲/۹۹٪ به حدود ۶۰٪ شد. مدت زمان تخمیر نیز بر این امر تاثیر معنی داری گذاشت. کاهش این درصد در حضور هر دو متغیر پودر هسته خرما و سبوس گندم در مدت زمان تخمیر ۱۸۰ دقیقه نتایج بهتری نسبت به ۹۰ دقیقه زمان استراحت و تخمیر را نیز نشان داد (از حدود ۶۰٪ به حدود ۵۵٪ کاهش نشان داد). افزایش زمان تخمیر موجب ایجاد فضای تخلخل اولیه بیشتر و نیز پیوندهای هیدروژنی بیشتری در بافت خمیر نان می شود. این امر کاهش بیاتی نان را که در اثر بهبود ویژگی سفتی نان در زمانهای اولیه و انتهای نگهداری است را به دنبال دارد [۲۳].

ویژگی های رنگ ماده خام مورد استفاده در محصول نهایی منعکس می شود و یکی از مهم ترین عوامل موثر بر انتخاب مصرف کننده، ویژگی بصری محصول است. وجود رنگدانه هایی مانند کاروتن ها در آرد موجب ایجاد رنگ نارنجی تیره مایل به قهوه ای روشن در نان پخته شده می شود. همین امر موجب تیره شدن پوسته نمونه نان شاهد شد (جدول ۳). از طرفی وجود رنگدانه های فلاوونوئیدی و فنولی تغییر رنگ از نارنجی تیره به قهوه ای تیره را موجب می شود [۳۲]. در بررسی رنگ پوسته و بخش درونی نمونه ها مشاهده شد که تفاوت معنی داری بین نمونه شاهد و نمونه های دارای پودر هسته خرما و سبوس گندم وجود دارد ($p > 0.05$) و مشخص شد که مقدار روشنایی (L^*) پوسته و بخش داخلی نان به موازات افزایش میزان پودر هسته خرما و سبوس گندم کاهش می یابد. بیشترین پارامتر رنگ مورد استفاده و گزارش شده برای تجزیه و تحلیل رنگ پوسته نان در مختصات L^* است، به دلیل ارتباط آن با درخشندگی پوسته [۳۲]. از سوی دیگر، مقدار a^* که در قسمت پوسته با افزایش نسبت پودر هسته خرما افزایش یافت ($p > 0.05$)، اما در حضور سبوس گندم این افزایش بیشتر بود. در بخش درونی نیز این روند حاکم بود که با نتایج یوکسل و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت داشت (جدول ۳). دلیل این وضعیت ممکن است به دلیل

بالا و درجه نرم شدن کم نشان می دهد [۴۲]. یافته های به دست آمده در این مطالعه نیز مؤید اطلاعات ارائه شده در مطالعات قبلی است.

اثرات متفاوت افزایش پودر هسته خرما و سبوس گندم مورد مطالعه در تمایز مقاومت خمیر در برابر کشش بیشتر آشکار شد. با افزایش مقدار پودر هسته خرما، افزایش مقاومت در برابر کشش و مقادیر حداکثر مقاومت و کاهش در مقادیر انرژی و کشش مشاهده شد (جدول ۴). اما مشخص شد که این تغییر از نظر آماری معنی دار نبود ($p < 0.05$). زمان تخمیر بر تمام موارد بی اثر بود. حضور بیش از حد فیبر (بالای ۲۲٪) در پودر هسته خرما باعث کاهش کشش پذیری و ارزش انرژی خمیر شد (جدول ۴). لذا افزایش درصد این پودر باعث افزایش مقاومت به کشش شد و در همین راستا انرژی مورد نیاز نیز کاهش یافت [۲۹].

۳-۴ بررسی خصوصیات مکانیکی نان

نتایج اندازه گیری های پارامترهای پروفایل بافت نان در طول آزمایش ماندگاری طی روزهای اول، سوم و هفتم در جدول ۵ ارائه شده است. به طور کلی، می توان مشاهده کرد که نمونه DKP10%-B5%-FT3 به طور قابل توجهی ($p > 0.05$) سختی بالاتر اما انسجام کمتری در طول کل مطالعه داشت. DKP0%-B0%-FT1.5 بدون پودر هسته خرما و سبوس گندم با ۹۰ دقیقه زمان استراحت در روز ۱ به طور قابل توجهی نرم تر بود، اما تفاوت معنی داری با DKP0%-B0%-FT3 در ۱۸۰ دقیقه زمان استراحت در روز بعد داشت به طوری که نرم ترین نان موجود در روز نخست نمونه شاهد با ۱۸۰ دقیقه تخمیر بود. DKP0%-B5%-FT3 در پایان دوره نرم ترین نان دارای پودر هسته خرما بود اما در پایان روز هفتم تخمیر ۹۰ دقیقه ای نان های با سفتی بیشتری را دارا بودند.

افزایش بسیار بیشتر شد که بر اساس نتایج فررا و همکاران (۲۰۲۰) نشان از تاثیر زمان استراحت بر پایداری خمیر دارد به طوری که بیش از ۱۲۰ دقیقه موجب ایجاد ساختار بسیار منظم توسط مخمر ساکاروکیسز سروزیه می شود [۳۵]. هرچند در هیچ تیماری این زمان به ۱۶ دقیقه نرسید که به اندازه ذرات پودر هسته خرما و سبوس گندم مربوط است [۳۶]. همچنین همبستگی معنی داری بین زمان پایداری و حجم نان مشاهده شد ($P < 0.05$). از سوی دیگر شاخص نرم شوندگی نمونه ها با افزودن سبوس گندم و پودر هسته کاهش یافت که موجب افزایش ماندگاری نان می شود [۳۷]. در حضور سبوس گندم مقدار نرم شدن کاهش کمتری یافت اما با حضور پودر هسته خرما این کاهش افزایش یافت. زمان تخمیر ۱۸۰ دقیقه و حضور حداکثری دو متغیر موجب شد تا کمترین میزان نرم شوندگی ثبت شود. اقبال و همکاران (۲۰۱۵) بیان کرد که زمان توسعه خمیر تحت تاثیر غلظت و کمیت پروتئین گندم است. مدت زمان طولانی توسعه خمیر یک خاصیت مطلوب برای نان است [۳۸]. نتایج به دست آمده نشان می دهد که افزودن پودر هسته خرما، سبوس و افزایش زمان تخمیر به ۱۸۰ دقیقه تاثیر مثبتی بر زمان توسعه خمیر دارد. ظرفیت نگهداری آب و پایداری بالا ویژگی مورد نیاز نانوائان است زیرا فراوری خمیر را تسهیل می کند [۳۹]. همچنین آیدوگان و همکاران (۲۰۱۲) روابط معنی داری بین ظرفیت نگهداری آب بالاتر از ۶۰٪ و خواص رئولوژیکی و مکانیکی یافتند [۴۰]. به طوری که هرچه این شاخص افزایش یابد، مدت زمان ماندگاری افزایش، بیاتی کاهش و سفتی نان نیز در حد بهینه خود می ماند [۴۱]. افزایش نسبت هر دو متغیر تاثیر معنی داری بر ظرفیت نگهداری آب نداشت ولی افزایش زمان تخمیر توانست افزایش معنی داری را در این شاخص داشته باشد. علاوه بر این، با افزایش نسبت PKP، پایداری نیز افزایش می یابد که نشان می دهد رئولوژی خمیر تاثیر مثبتی دارد. آرد با کیفیت بالا را با ظرفیت نگهداری آب

انسجام زیاد منجر به عدم تجزیه در حین جویدن می شود، در صورت انسجام کم نان خرد می شود. مور و همکاران (۲۰۰۴) کاهش انسجام ($p < 0/01$) در نمونه های نان بدون گلو تن را پس از دو روز ذخیره سازی را تجربه کرد [۴۳، ۴۴]. در این مطالعه، تمام نمونه های نان پروتچن دارای پودر هسته خرما و سبوس در دو زمان استراحت ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه در طول آزمایش ذخیره سازی ۷ روزه در مقایسه با نمونه نان تیمار مبتنی بر گندم، انسجام کمتری داشتند. در مورد نمونه های زمان استراحت ۱۸۰ دقیقه همراه با سبوس گندم و پودر هسته خرما، DKP10%-B5%-FT3 دارای کمترین میزان انسجام است. در مقایسه با تیمارهای DKP10%-B2.5%-FT3 (مقدار سبوس گندم نصف نمونه قبل) و DKP10%-B0%-FT1.5 (فاقد سبوس گندم) میزان انسجام کاهش معنی داری یافته است. هرچند در کل همانطور که اشاره شد افزودن پودر هسته خرما و سبوس گندم به دلیل اندازه ذرات بالا موجب کاهش انسجام از ۰/۳۱ در نمونه شاهد به ۰/۲۱ در نمونه آخر شد [۴۵].

در نان، خاصیت فنی بودن با تازگی همراه است و محصولات با ارزش پایین با شکنندگی و ایجاد خرده نان مرتبط هستند. بنابراین، داشتن ارزش فنی بالا در طول عمر مفید مورد نظر است. در این مطالعه، نمونه DKP10%-B5%-FT1.5 به طور قابل توجهی ($p > 0/05$) فنی کمتری را در طول آزمایش ذخیره سازی ۷ روزه در مقایسه با سایر نمونه های نان نشان داد. سطح فنی روز به روز کاهش یافت، اما در روز هفتم، همه نمونه ها بجز نمونه DKP10%-B5%-FT1.5 (۸۴٪) توانستند بالای ۸۵٪ را ثبت کنند. در مقایسه با تحقیق تو ث و همکاران (۲۰۲۲) که در بهترین حالت توانستند به ۸۰٪ دست یابند نتایج نشان از بافت مناسب نان بعد از ۷ روز دارد (جدول ۵).

ویژگی ارتجاعی شروع کشش نمونه را مشخص می کند و از نسبت سطح زیر منحنی نیمه دوم چرخه اول به نیمه اول چرخه محاسبه می شود [۲۷]. کاهش فنی بودن و خاصیت ارتجاعی منعکس کننده تغییر بافت و ایجاد خرده نان است [۴۶]. نان های پروتچن شاهد (DKP0%-B0%-FT1.5 و DKP0%-B0%-FT3) بیشترین خاصیت ارتجاعی را در روزهای اول تا هفتم (۴۰ و ۴۱ در روز نخست، ۳۱ و ۳۷ در روز هفتم) داشتند. در مقایسه با سایر تیمارها، نمونه های دارای سبوس گندم و پودر هسته خرما در بیشترین مقادیر خود دارای کمترین خاصیت ارتجاعی (۱۷ در روز هفتم) بودند. تفاوت زمان استراحت موجب ایجاد تفاوت معنی دار در تمام نمونه ها نشد به طوری که در مورد دو تیمار اشاره هر دو یک عدد را نشان دادند اما در مقادیر کمتر مانند این تفاوت معنی دار ($p > 0/05$) بود.

در مورد خاصیت جویدن و چسبندگی نمونه های فاقد پودر هسته خرما و سبوس گندم نتایج بهتری را ارائه کردند. در خاصیت جویدن با توجه به کاهش انسجام، نیروی کمتری با افزایش پودر هسته خرما و سبوس گندم نیاز بود و مقادیر این آزمون در طول زمان یک هفته ای و نیز با افزایش مقادیر دو متغیر کاهش معنی داری داشت. از سوی دیگر چسبندگی محصول به دلیل سفتی بیشتر نمونه های پودر هسته خرما و سبوس گندم افزایش معنی داری در طول یک هفته داشت.

۳-۵ آزمون حسی

میانگین رتبه بندی بررسی کننده ها برای ۱۵ توصیفگر حسی ۱۸ نمونه نان در جدول ۶ ارائه شده است. تمام نمونه ها با نمونه های شاهد تفاوت معنی داری را نشان داد. در مجموع کمترین امتیاز برای نمونه DKP10%-B5%-FT1.5 با بیشترین سطح پودر هسته خرما و سبوس گندم در ۹۰ دقیق زمان استراحت بود و بعد از آن DKP10%-B5%-FT3 با ۴/۲ بود. اما هیچ تیماری در مجموع امتیازات از سطح خوب

(۴) پایین تر نیامد. تغییر ویژگی های ظاهری مانند رنگ پوسته و درون نان و نیز تخلخل موجود در نمونه ها با افزایش سطوح پودر هسته خرما و سبوس گندم موجب کاهش امتیاز توصیفگران شد اما در سطح خوب (۴) ماند. ویژگی طعم اما با کاهش در سطح مناسب (۳) برای شوری و خوب (۴) برای شیرینی موجب شد کمترین امتیاز به $-B5\%-DKP10\%$ FT3 تعلق داشته باشد. با افزایش سطوح متغیرها میزان اقبال از عطر و احساس نمونه ها کاهش یافت. در مورد بافت نیز همین روند مشاهده شد.

۴- نتیجه گیری

پودر هسته خرما در جهان هنوز به عنوان ضایعات و یا در بهترین حالت به عنوان غذای دام استفاده می شود در حالی که دارای درصد فیبر بالا و امکان بهره گیری از آن در بخش های مختلف صنعت غذا هست. نان بروتچن یک نان حجیم است که مانند همه نان های حجیم دیگر با تغییر فرمولاسیون آن امکان کاهش کیفیت ظاهری، بافت و تغییر در عطر و طعم وجود دارد. اما حضور پودر هسته خرماي مضافتي و سبوس گندم با توجه به درصدهای استفاده شده در تحقیق نشان دادند که ویژگی های فیزووشیمیایی، مکانیکی و حسی نان و همچنین ویژگی های خمیر بجز چند مورد اگرچه افت داشت اما کیفیت نان همچنان حفظ شد. در تیمار $-B5\%-DKP1\%$

۵- منابع

FT3 خواص فیزیکی نان نشان از عدم افت شدید در مقدار پروتئین، افزایش خاکستر، رطوبت و نیز اندازه ذرات نبود. اگرچه مقدار اندازه ذرات افزایش داشت که حاصل حضور پودر هسته خرما و سبوس گندم بود، اما مورد قبول آزمون گران آزمون حسی بود و نیز نشان داد که در آزمون پروفایل بافت نان تاثیر منفی زیادی نگذاشته و بافت نان تا حدودی حفظ شد. یکی از مهمترین ویژگی های افزودن دو متغیر ذکر شده به نان بروتچن کاهش بیاتی طی ۷ روز نگهداری بود که نشان از افزایش ماندگاری و افزایش ارزش تجاری محصول در تیمار $-B5\%-DKP5\%$ FT3 را دارد. در بررسی خمیر نان نیز شاهد افزایش مواردی مانند زمان توسعه و پایداری در نمونه $-B5\%-DKP5\%$ FT3 بودیم که خود کمک به بهبود بافت و ساختار نان می کند. در بررسی ویژگی های فیزیکی مشخص شد که با گذشت ۷ روز در مقایسه با نمونه شاهد، زمان تخمیز ۱۸۰ دقیقه نتایج بهتری را ارائه می دهد. پذیرش حسی در مورد رنگ و طعم محصول نیز نسبت به شاهد تغییر داشت اما در درصدهای بالاتر سبوس گندم و پودر خرماي مضافتي خوب بود. در کل با توجه به تمام نتایج نمونه $-B5\%-DKP5\%$ FT3 نتایج مناسبی را داشت و می تواند به عنوان یک محصول صنعتی به بازار عرضه گردد.

- [5] Angioloni, A. and C. Collar, *Physicochemical and nutritional properties of reduced-caloric density high-fibre breads*. LWT-Food Science and Technology, 2011. **44**(3): p. 747-758.
- [6] Dreher, M.L., *Dietary fiber overview*, in *Handbook of dietary fiber*. 2001, CRC Press. p. 1-16.
- [7] Juntunen, K.S., et al., *Postprandial glucose, insulin, and incretin responses to grain products in healthy subjects*. The American journal of clinical nutrition, 2002. **75**(2): p. 254-262.
- [8] Scazzina, F., S. Siebenhandl-Ehn, and N. Pellegrini, *The effect of dietary fibre on reducing*

- [1] Mondal, A. and A. Datta, *Bread baking—A review*. Journal of food engineering, 2008. **86**(4): p. 465-474.
- [2] Fuentes-Zaragoza, E., et al., *Resistant starch as functional ingredient: A review*. Food Research International, 2010. **43**(4): p. 931-942.
- [3] Phillips, G.O. and S.W. Cui, *An introduction: Evolution and finalisation of the regulatory definition of dietary fibre*. 2011, Elsevier. p. 139-143.
- [4] Gómez, M., et al., *Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes*. LWT-Food Science and Technology, 2010. **43**(1): p. 33-38.

- [20] Committee, A.A.o.C.C.A.M., *Approved methods of the American association of cereal chemists*. Vol. 1. 2000: American Association of Cereal Chemists.
- [21] YÜKSEL, Y. and M.K. DEMİR, *Investigation of the effect of using palm kernel powder in bread flour on quality parameters of flour*. International Journal of Secondary Metabolite, 2023. ۱۰(۴): p. 545-554.
- [22] Monteiro, J.S., et al., *A systematic review on gluten-free bread formulations using specific volume as a quality indicator*. Foods, 2021. 10(3): p. 614.
- [23] Różyło, R., et al., *Physical properties of gluten-free bread caused by water addition*. Int. Agrophys, 2015. 29(3): p. 353-364.
- [24] Lapčiková, B., et al., *Impact of particle size on wheat dough and bread characteristics*. Food chemistry, 2019. 297: p. 124938.
- [25] Zhao, B., et al., *Quality evaluation of steam reheated frozen steamed bread*. LWT, 2021. 150: p. 112074.
- [26] Hejri-Zarifi, S., et al., *Dough performance, quality and shelf life of flat bread supplemented with fractions of germinated date seed*. Journal of Food Science and Technology, 2014. 51: p. 3776-3784.
- [27] Curti, E., et al., *Effect of the addition of bran fractions on bread properties*. Journal of Cereal Science, 2013. 57(3): p. 325-332.
- [28] Devshony, S., E. Eteshola, and A. Shani, *Characteristics and some potential applications of date palm (Phoenix dactylifera L.) seeds and seed oil*. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1992. 69(6): p. 595-597.
- [29] Sawaya, W., J. Khalil, and W. Safi, *Chemical composition and nutritional quality of date seeds*. Journal of Food Science, 1984. 49(2): p. 617-619.
- [30] SOLAIMANI, D.N., T.A. GOLSHAN, and A.S. YASINI, *Investigating antioxidant activity, polyphenols content, pigments and total crude fiber of date pits of Mazafati and Kalutah varieties in Kerman province*. 2016.
- [31] Platat, C., et al., *Identification of date seeds varieties patterns to optimize nutritional benefits of date seeds*. J. Nutr. Food Sci. S, 2014. 8(2): p. 1-8.
- [32] Ünüvar, A., *Menengiç (Pistacia terebinthus L.) ve bazı ekmek katkı maddelerinin the glycaemic index of bread*. British Journal of Nutrition, 2013. 109(7): p. 1163-1174.
- [9] Mrabet, A., et al., *Date seeds: A promising source of oil with functional properties*. Foods, 2020. 9(6): p. 787.
- [10] Hayder, J, AL -Kaabi . *Physical and Nutritional Properties of Iraqi Dayri Dates*. Journal of Food Science and Technology (Iran), 2022. 129(19):p. 67-76.
- [11] Saura-Calixto, F., *Dietary fiber as a carrier of dietary antioxidants: an essential physiological function*. Journal of agricultural and food chemistry, 2011. 59(1): p. 43-49.
- [12] Sánchez-Alonso, I., et al., *Antioxidant protection of white grape pomace on restructured fish products during frozen storage*. LWT-Food science and Technology, 2008. 41(1): p. 42-50.
- [13] Sánchez-Alonso, I., et al., *Effect of grape antioxidant dietary fibre on the prevention of lipid oxidation in minced fish: Evaluation by different methodologies*, in *Seafood research from fish to dish*. 2006, Wageningen Academic. p. 95-104.
- [14] Sánchez-Tena, S., et al., *Grape antioxidant dietary fiber inhibits intestinal polyposis in Apc Min/+ mice: Relation to cell cycle and immune response*. Carcinogenesis, 2013. 34(8): p. 1881-1888.
- [15] Tebben, L., Y. Shen, and Y. Li, *Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality*. Trends in Food Science & Technology, 2018. 81: p. 10-24.
- [16] Majzoobi, M., et al., *Effect of tomato pomace powder on the physicochemical properties of flat bread (Barbari bread)*. Journal of Food Processing and Preservation, 2011. 35(2): p. 247-256.
- [17] Sivam, A.S., et al., *Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: A review*. Journal of food science, 2010. 75(8): p. R163-R174.
- [18] Stevenson, L., et al., *Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective*. International journal of food sciences and nutrition, 2012. 63(8): p. 1001-1013.
- [19] Hemdane, S., et al., *Wheat (Triticum aestivum L.) bran in bread making: A critical review*. Comprehensive reviews in food science and food safety, 2016. 15(1): p. 28-42.

- [40] Aydogan, S., et al., *Ekmeklik buğday unlarında alveograf, farinograf ve miksografta ölçülen reolojik özellikler arasındaki ilişkinin belirlenmesi*. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2012. 7(1): p. 74-82.
- [41] GÖÇMEN, S.A.M.Ş.A. and A.S.H.S. TANER, *Relationships between farinograph parameters and bread volume, physicochemical traits in bread wheat flours*. J. Bahri Dagdas Crop Res., 3 (1), 2015: p. 14-18.
- [42] Biel, W., et al., *Comparison of yield, chemical composition and farinograph properties of common and ancient wheat grains*. European Food Research and Technology, 2021. 247(6): p. 1525-1538.
- [43] Moore, M.M., et al., *Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads*. Cereal Chemistry , ٢٠٠٤. ٨١(٥): p. 567-575.
- [44] Onyango, C., et al., *Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch*. LWT-Food Science and Technology, 2011. 44(3): p. 681-686.
- [45] Matos, M.E. and C.M. Rosell, *Relationship between instrumental parameters and sensory characteristics in gluten-free breads*. European Food Research and Technology, 2012. 235(1): p. 107-117.
- [46] Onyango, C., et al., *Rheological and baking characteristics of batter and bread prepared from pregelatinised cassava starch and sorghum and modified using microbial transglutaminase*. Journal of Food Engineering, 2010. 97(4): p. 465-470.
- hamur reolojik özellikleri ve ekmek kalitesi üzerine etkileri*. 2013 ,Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [33] Bhatt, C.M. and J. Nagaraju, *Studies on electrical properties of wheat bread as a function of moisture content during storage*. Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety, 2010. 4: p. 61-66.
- [34] Castro, W., et al ,*Application of image analysis to optimization of the bread-making process based on the acceptability of the crust color*. Journal of Cereal Science, 2017. 74: p. 194-199.
- [35] Ferreira, E., et al., *Comparison of different bread types: Chemical and physical parameters*. Food Chemistry, 2020. 310: p. 125954.
- [36] El-Porai, E., et al., *Effect of different milling processes on Egyptian wheat flour properties and pan bread quality*. Annals of Agricultural Sciences, 2013. 58(1): p. 51-59.
- [37] Luo, D., et al., *Effect of inulin with different degree of polymerization on plain wheat dough rheology and the quality of steamed bread*. Journal of Cereal Science, 2017. 75: p. 205-212.
- [38] Iqbal, Z., et al., *Physico-chemical, functional and rheological properties of wheat varieties*. Journal of Agricultural Research (03681157), 2015. 53.(٢)
- [39] Sahin, M., et al., *Evaluation of grain yield, some quality traits and farinograph parameters in bread wheat genotypes grown in irrigated and rainfed*. Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences, 2019. 7(3): p. 119-123.

Table 1. Date Seed Powder characteristics ^{‡a}

PHENOLIC CONTANT ^{**} _a	DPPH ^{**}	PEROXI DE [*]	OIL (%)	FIBER (%)	CHO (%)	Protein Contant (%)	Ash (%)	Moisture Contant	DRY MATTER (%)
18476.9±0.34 _f	239745.9±0.18 ^c	0.2±0.44 ^g	7.09±0.14 ^b	28±0.13 ^b	80±0.1 ^a	8.9±0.33 ^f	1.2±0.3 _c	2.1±0.29 ^d	90.01±0.29 _d

* Milliequivalent grams of peroxide per 1000 grams of oil

** Millimolar ascorbic acid per 100 grams

*** mg of gallic acid per 100 grams of dry matter

[‡] Means within each column with the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

^a Data are means ± SD.

Table 2. Physicochemical properties of Brotchen bread fortified by date seed powder and wheat bran**

Sample Name ^a	Volume (cc)	Specific volume (CC/g)	Weight (g)	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Total Dietary Fiber (TDF) (%)
DKP0%-B0%-FT1.5	411.21 ± 0.19 ^c	3.27 ± 0.1 ^b	129.54 ± 0.01 ^a	9.76 ± 0.54 ^d	0.44 ± 0.14 ^b	10.97 ± 0.27 ^d	2.79 ± 0.3 ^f
DKP5%-B0%-FT1.5	435.41 ± 0.21 ^c	3.45 ± 0.02 ^a	131.21 ± 0.04 ^a	9.79 ± 0.69 ^f	0.51 ± 0.24 ^c	10.25 ± 0.33 ^c	3.01 ± 0.24 ^c
DKP10%-B0%-FT1.5	485.57 ± 0.1 ^b	3.74 ± 0.12 ^c	133.78 ± 0.1 ^b	9.81 ± 0.47 ^c	0.59 ± 0.13 ^b	10.16 ± 0.14 ^c	3.51 ± 0.19 ^d
DKP0%-B0%-FT3	415.35 ± 0.14 ^a	3.30 ± 0.09 ^b	-	-	-	-	-
DKP5%-B0%-FT3	439.78 ± 0.07 ^a	3.48 ± 0.1 ^b	-	-	-	-	-
DKP10%-B0%-FT3	501.89 ± 0.1 ^b	3.78 ± 0.12 ^b	-	-	-	-	-
DKP0%-B2.5%-FT1.5	415.22 ± 0.17 ^c	3.21 ± 0.2 ^f	131.75 ± 0.19 ^d	9.58 ± 0.74 ^e	0.61 ± 0.07 ^a	11.06 ± 0.26 ^d	3.49 ± 0.13 ^b
DKP5%-B2.5%-FT1.5	440.87 ± 0.14 ^b	3.35 ± 0.14 ^c	132.02 ± 0.24 ^f	9.88 ± 0.51 ^e	0.66 ± 0.15 ^b	10.40 ± 0.47 ^f	3.11 ± 0.06 ^a
DKP10%-B2.5%-FT1.5	489.37 ± 0.27 ^c	3.59 ± 0.2 ^f	135.99 ± 0.21 ^e	9.94 ± 0.41 ^b	0.71 ± 0.29 ^d	10.16 ± 0.57 ^e	3.60 ± 0.07 ^a
DKP0%-B2.5%-FT3	421.01 ± 0.15 ^b	3.28 ± .17 ^e	-	-	-	-	-
DKP5%-B2.5%-FT3	454.75 ± 0.29 ^c	3.38 ± 0.15 ^c	-	-	-	-	-
DKP10%-B2.5%-FT3	492.22 ± 0.3 ^f	3.63 ± 0.21 ^e	-	-	-	-	-
DKP0%-B5%-FT1.5	414.63 ± 0.08 ^a	3.19 ± 0.13 ^c	131.28 ± 0.14 ^c	9.68 ± 0.81 ⁱ	0.73 ± 0.29 ^d	11.7 ± 0.33 ^c	3.64 ± 0.16 ^c
DKP5%-B5%-FT1.5	461.28 ± 0.14 ^b	3.35 ± 0.15 ^d	134.39 ± 0.12 ^c	10.09 ± 0.78 ^h	0.79 ± 0.09 ^a	10.59 ± 0.08 ^a	3.84 ± 0.06 ^a
DKP10%-B5%-FT1.5	492.54 ± 0.24 ^d	3.48 ± 0.16 ^d	137.89 ± 0.2 ^c	10.24 ± 0.37 ^a	0.87 ± 0.33 ^e	10.21 ± 0.11 ^b	4.07 ± 0.14 ^b
DKP0%-B5%-FT3	440.77 ± 0.39 ^g	3.24 ± 0.16 ^d	-	-	-	-	-
DKP5%-B5%-FT3	472.29 ± 0.14 ^b	3.45 ± 0.24 ^g	-	-	-	-	-
DKP10%-B5%-FT3	509.55 ± 0.13 ^b	3.53 ± 0.2 ^f	-	-	-	-	-

^a Brutchen bread with date kernel powder (DKP, 0, 5 & 10%), wheat bran (B, 0, 2.5 & 5%) in two times of fermentation (FT 1.5 & 3h)[‡] Means within each column with the same letters are not significantly different (P < 0.05).

* Data are means ± SD.

Table 2. (continued) Physicochemical properties of Brotchen bread fortified by date seed powder and wheat bran**

Sample Name	aw	Particle Size (μm)	Degree of Staling Bread-BSd(%)	Falling number (s)	Gluten (%)	Gluten index (%)
DKP0%-B0%-FT1.5	0.968 ± 0.41^i	529.54 ± 0.01^a	82.5 ± 1.2^b	350.11 ± 0.1^b	27.67 ± 0.04^a	99.12 ± 0.08^a
DKP5%-B0%-FT1.5	0.963 ± 0.37^b	631.21 ± 0.02^b	60.4 ± 1.5^c	0	0	0
DKP10%-B0%-FT1.5	0.951 ± 0.51^k	633.78 ± 0.02^b	85.5 ± 1.64^d	0	0	0
DKP0%-B0%-FT3	0.965 ± 0.29^f	-	75.16 ± 2.34^e	0	0	0
DKP5%-B0%-FT3	0.954 ± 0.21^d	-	72.69 ± 1.1^a	0	0	0
DKP10%-B0%-FT3	0.948 ± 0.21^d	-	60.09 ± 3.54^k	0	0	0
DKP0%-B2.5%-FT1.5	0.971 ± 0.11^a	643.75 ± 0.01^a	92.41 ± 2.41^f	345.1 ± 0.12^c	23.5 ± 0.12^a	0
DKP5%-B2.5%-FT1.5	0.971 ± 0.36^b	644.02 ± 0.02^b	62.99 ± 2.39^f	0	0	0
DKP10%-B2.5%-FT1.5	0.967 ± 0.14^b	644.99 ± 0.02^a	54.88 ± 3.31^j	0	0	0
DKP0%-B2.5%-FT3	0.977 ± 0.12^a	-	79.68 ± 1.13^a	0	0	0
DKP5%-B2.5%-FT3	0.972 ± 0.16^c	-	60.63 ± 2.75^g	0	0	0
DKP10%-B2.5%-FT3	0.966 ± 0.17^c	-	47.85 ± 3.67^i	0	0	0
DKP0%-B5%-FT1.5	0.979 ± 0.46^j	644.28 ± 0.01^a	80.72 ± 3.21^i	342.65 ± 0.07^a	20.64 ± 0.08^b	0
DKP5%-B5%-FT1.5	0.974 ± 0.35^b	644.39 ± 0.02^b	68.78 ± 3.14^b	0	0	0
DKP10%-B5%-FT1.5	0.967 ± 0.22^d	643.89 ± 0.3^c	60.4 ± 1.24^b	0	0	0
DKP0%-B5%-FT3	0.978 ± 0.37^b	-	66.35 ± 2.33^c	0	0	0
DKP5%-B5%-FT3	0.975 ± 0.31^c	-	65.45 ± 2.37^c	0	0	0
DKP10%-B5%-FT3	0.970 ± 0.33^g	-	55.57 ± 1.09^a	0	0	0

^a Brotchen bread with date kernel powder (DKP, 0, 5 & 10%), wheat bran (B, 0, 2.5 & 5%) in two times of fermentation (FT 1.5 & 3h)[‡] Means within each column with the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).^{*} Data are means $\pm$ SD.

Table 2. (continued) Physicochemical properties of Brotchen bread fortified by date seed powder and wheat bran**

Sample Name ^a	Sedimentation (cc)	Delayed sedimentation (cc)
DKP0%-B0%-FT1.5	40.05 ± 0.1 ^b	50.05 ± 0.41 ^c
DKP5%-B0%-FT1.5	0	0
DKP10%-B0%-FT1.5	0	0
DKP0%-B0%-FT3	0	0
DKP5%-B0%-FT3	0	0
DKP10%-B0%-FT3	0	0
DKP0%-B2.5%-FT1.5	45.78 ± 0.14 ^c	54.78 ± 0.37 ^b
DKP5%-B2.5%-FT1.5	0	0
DKP10%-B2.5%-FT1.5	0	0
DKP0%-B2.5%-FT3	0	0
DKP5%-B2.5%-FT3	0	0
DKP10%-B2.5%-FT3	0	0
DKP0%-B5%-FT1.5	51.28 ± 0.09 ^a	61.28 ± 0.29 ^a
DKP5%-B5%-FT1.5	0	0
DKP10%-B5%-FT1.5	0	0
DKP0%-B5%-FT3	0	0
DKP5%-B5%-FT3	0	0
DKP10%-B5%-FT3	0	0

^a Brotchen bread with date kernel powder (DKP, 0, 5 & 10%), wheat bran (B, 0, 2.5 & 5%) in two times of fermentation (FT 1.5 & 3h)

[‡] Means within each column with the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

* Data are means ± SD.

ble 3. CIE analysis parameters of Brutchen bread fortified by date seed powder and wheat bran**

		Samples ^a																	
		DKP0%- B0%- FT1.5	DKP5%- B0%- FT1.5	DKP10%- B0%- FT1.5	DKP0%- B0%- FT3	DKP5%- B0%- FT3	DKP10%- B0%- FT3	DKP0%- B2.5%- FT1.5	DKP5%- B2.5%- FT1.5	DKP10%- B2.5%- FT1.5	DKP0%- B2.5%- FT3	DKP5%- B2.5%- FT3	DKP10%- B2.5%- FT3	DKP0%- B5%- FT1.5	DKP5%- B5%- FT1.5	DKP10%- B5%- FT1.5	DKP0%- B5%- FT3	DKP5%- B5%- FT3	DKP10%- B5%- FT3
Crust	L*	72.54 ±0.21 ^c	59.67 ±0.08 ^b	50.18 ±0.11 ^a	73.07 ±0.1 ^a	59.69 ±0.16 ^b	50.24 ±0.26 ^d	65.23 ±0.11 ^d	54.9 ±0.23 ^d	45.45 ±0.27 ^c	65.27 ±0.1 ^a	54.89 ±0.16 ^c	45.71 ±0.25 ^d	63.21 ±0.2 ^b	51.62 ±0.19 ^a	41.77 ±0.16 ^b	64.18 ±0.37 ^d	51.78 ±0.16 ^d	41.45 ±0.2 ^b
	a*	9.23 ±0.14 ^c	11.14±0 .09 ^c	15.18 ±0.18 ^b	9.45 ±0.21 ^f	11.08 ±0.13 ^a	15.45 ± 0.16 ^a	11.14 ±0.09 ^b	10.53 ±0.28 ^c	9.35 ±0.22 ^b	12.25 ±0.33 ^c	11.41 ±0.17 ^d	9.99 ±0.19 ^a	13.1 ±0.3 ^d	10.18 ±0.23 ^b	9.15 ±0.39 ^f	14.54 ±0.16 ^a	12.47 ±0.14 ^d	11.68±0 .24 ^d
	b*	29.8 ±0.2 ^d	26.5 ±0.8 ^b	22.41 ±0.24 ^c	30.63 ±0.15 ^e	27.73 ±0.41 ^c	24.98 ±0.25 ^c	28.41 ±0.13 ^c	22.88 ±0.39 ^f	19.76 ±36 ^e	29.55 ±0.14 ^b	25.13 ±0.22 ^c	23.91 ±0.24 ^c	27.65 ±0.22 ^c	21.16 ±0.37 ^d	18.58 ±0.27 ^c	28.41 ±0.33 ^c	23.95 ±0.19 ^c	20.93 ±0.25 ^c
Cru mb	L*	73.54 ±0.11 ^a	62.45 ±0.13 ^c	56.14 ±0.26 ^d	75.45 ±0.14 ^d	65.65 ±0.33 ^c	58.11 ±0.27 ^c	69.41 ±0.08 ^a	61.57 ±0.18 ^b	53.88 ±0.16 ^a	70.99 ±0.29 ^d	64.16 ±0.14 ^b	59.97 ±0.2 ^b	66.58 ±0.14 ^a	60.1 ±0.39 ^c	50.17 ±0.14 ^a	68.14 ±0.21 ^b	61.18 ±0.1 ^a	51.29 ±0.22 ^c
	a*	-0.88 ±0.11 ^a	2.54 ±0.1 ^d	4.54 ±0.35 ^c	-1.41 ±0.11 ^b	3.57 ±0.37 ^d	5.91 ±0.23 ^b	0.14 ±0.1 ^c	3.97 ±0.23 ^c	6.01 ±0.28 ^d	0.54 ±0.26 ^c	4.58 ±0.31 ^f	6.87 ±0.34 ^c	1.09 ±0.22 ^c	5 ±0.44 ^f	7.1 ±0.33 ^c	1.94 ±0.4 ^c	5.87 ±0.13 ^b	8.88 ±0.16 ^a
	b*	14.14 ±0.12 ^b	12.51 ±0.07 ^a	10.87 ±0.11 ^a	14.69 ±0.13 ^c	13.02±0 .42 ^c	11.47 ±0.3 ^f	14.97 ±0.11 ^d	13.56 ±0.16 ^a	12.41 ±0.44 ^f	15.31 ±0.44 ^f	14.06 ±0.13 ^a	13.08 ±0.34 ^c	14.68 ±0.31 ^c	12.99 ±0.36 ^c	10.78 ±31 ^d	14.84 ±0.33 ^c	13.14 ±0.14 ^d	11.12 0.3 ^f

^a Brutchen bread with date kernel powder (DKP, 0, 5 & 10%), wheat bran (B, 0, 2.5 & 5%) in two times of fermentation (FT 1.5 & 3h)[‡] Means within each column with the same letters are not significantly different (P < 0.05).^{*} Data are means ± SD.

Table 4. Farinograph and Extensograph analysis parameters of Brotchen bread fortified by date seed powder and wheat bran**

Sample Name ^a	Farinograph Values					Extensograph Values				
	Dough Development time (DDT) (min.)	Stability (min.)	Degree of Softening (DOS) (BU)	Water absorption (%)	Arrival Time (AT) (min)	gelatination temperature (GT)(°C)	Energy (cm2)	Resistance to Extension (BU)	Extensibility (mm)	Maximum Resistance (BU)
DKP0%-B0%-FT1.5	1.8±0.43 ⁱ	9.67±0.24 ^g	52.12±0.41 ^j	60.05±0.29 ^c	1.4±0.31	92.05±0.08 ^f	100.21±0.12 ^b	767.4±0.25 ^c	102.42±0.24 ^d	845±0.28 ^f
DKP5%-B0%-FT1.5	1.9±0.19 ^a	13.01±0.15 ^d	42.87±0.35 ^f	61.01±0.3 ^f	1.1±0.35 ^h	91.08±0.09 ^g	89.5±0.19 ^d	799.14±0.21 ^a	90.41±0.25 ^c	865.77±0.16 ^b
DKP10%-B0%-FT1.5	2±0.34 ^e	13.51±0.16 ^d	39.95±0.29 ^d	61.18±0.24 ^a	1.1±0.31 ^f	91.02±0.04 ^b	82.41±0.09 ^a	801.2±0.41 ^g	88.91±0.29 ^g	885.34±0.34 ⁱ
DKP0%-B0%-FT3	1.9±0.24 ^b	9.89±0.19 ^e	52.14±0.28 ^d	61.21±0.25 ^a	1.3±0.3 ^c	92.01±0.05 ^c	-	-	-	-
DKP5%-B0%-FT3	2.07±0.18 ^a	14.57±0.1 ^a	43.01±0.29 ^c	62.78±0.27 ^c	0.9±0.29 ^d	91±0.02 ^a	-	-	-	-
DKP10%-B0%-FT3	2.11±0.41	14.98±0.11 ^a	39.94±0.43 ^k	62.97±0.26 ^b	0.8±0.29 ^d	90.8±0.06 ^d	-	-	-	-
DKP0%-B2.5%-FT1.5	2.05±0.35 ^f	9.55±0.16 ^d	41.62±0.49 ^j	60.78±0.29 ^c	1.5±0.36 ^h	91.78±0.07 ^c	94.63±0.15 ^c	789.56±0.35 ^f	95.41±0.23 ^c	859±0.33 ^h
DKP5%-B2.5%-FT1.5	2.15±0.39 ^h	14.1±0.13 ^b	39.51±0.36 ^g	61.29±0.28 ^d	1±.034 ^g	90.2±0.06 ^d	81.39±.15 ^c	809.91±0.34 ^c	89.88±0.15 ^a	877.45±0.15 ^s
DKP10%-B2.5%-FT1.5	2.3±0.37 ^g	14.15±0.24 ^g	37±0.33 ^e	61.34±0.26 ^b	0.87±0.19 ^b	90.1±0.1 ^h	80.01±0.11 ^b	854.87±0.24 ^b	84.35±0.25 ^c	890.14±0.29 ^g
DKP0%-B2.5%-FT3	2.1±0.33 ^c	9.71±0.26 ⁱ	41.67±0.37 ^h	60.97±.034 ^g	1.3±0.16 ^a	91±0.11 ⁱ	-	-	-	-
DKP5%-B2.5%-FT3	2.19±0.27 ^c	14.28±0.22 ^f	39.5±0.38 ⁱ	62.05±0.34 ^g	0.9±0.34 ^g	90.5±0.09 ^g	-	-	-	-
DKP10%-B2.5%-FT3	2.41±0.22 ^b	14.76±0.26 ⁱ	37.54±0.39	62.49±0.36 ^h	0.8±0.33 ^g	90.4±0.04 ^b	-	-	-	-
DKP0%-B5%-FT1.5	2.64±0.26 ^c	9.44±0.25 ^h	39.71±0.34 ^c	61.28±0.34 ^g	1.6±0.28 ^d	90.9±0.05 ^c	90.43±0.23 ^c	796.45±0.23 ^b	89.58±0.16 ^b	867±0.25 ^c
DKP5%-B5%-FT1.5	2.85±0.29 ^d	14.84±0.26 ⁱ	34.51±0.33 ^c	61.31±0.33 ^g	0.9±0.35 ^h	90±0.01 ^h	80.75±0.15 ^c	863.71±0.29 ^d	74.54±0.15 ^a	881.31±0.26 ^d
DKP10%-B5%-FT1.5	3.07±0.31 ^c	15.07±0.29 ^j	31.81±0.26 ^b	61.35±0.38 ⁱ	0.8±0.36 ^h	89.8±0.1 ^h	79.24±0.19 ^d	910.54±0.34 ^c	67.34±0.28 ^f	897±0.27 ^c
DKP0%-B5%-FT3	2.73±0.23 ^b	9.5±0.25 ^h	39.8±0.26 ^b	62.09±0.34 ^g	1.3±0.22 ^c	89.9±0.08 ^f	-	-	-	-
DKP5%-B5%-FT3	3.12±0.33 ^c	15±0.22 ^f	34.51±0.22 ^a	63.75±0.29 ^c	0.7±0.31 ^f	89.80.05 ^c	-	-	-	-
DKP10%-B5%-FT3	3.28±0.26 ^c	15.25±0.34 ^k	31.87±0.29	64.99±0.26 ^b	0.6±0.41 ⁱ	89.8±0.05 ^c	-	-	-	-

^a Brotchen bread with date kernel powder (DKP, 0, 5 & 10%), wheat bran (B, 0, 2.5 & 5%) in two times of fermentation (FT 1.5 & 3h)[‡] Means within each column with the same letters are not significantly different (P < 0.05).

* Data are means ± SD.

Table 5. TPA analysis parameters of Brotchen bread fortified by date seed powder and wheat bran**

Sample Name ^a	Hardness (N)			Cohesiveness (-)			Springiness (%)			Resilience (-)			Chewiness (J)			Gumminess (N)		
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7
DKP0%-B0%-FT1.5	5.41 ± 0.1 ^a	7.94 ± 0.4 ^d	9.25 ± 0.1 ^a	0.84 ± 0.2 ^b	0.52 ± 0.1 ^b	0.31 ± 0.1 ^a	92 ± 0.1 ^a	91 ± 0.2 ^b	90 ± 0.1 ^a	40 ± 0.1 ^a	37 ± 0.4 ^d	31 ± 0.2 ^b	0.75 ± 0.1 ^a	0.84 ± 0.2 ^b	0.94 ± 0.4 ^d	1.25 ± 0.1 ^a	3.51 ± 0.1 ^a	5.1 ± 0.4 ^d
DKP5%-B0%-FT1.5	5.91 ± 0.01 ^a	8.9 ± 0.1 ^a	9.48 ± 0.2 ^b	0.77 ± 0.1 ^a	0.45 ± 0.2 ^c	0.22 ± 0.2 ^b	91 ± 0.2 ^b	90 ± 0.3 ^c	90 ± 0.2 ^b	35 ± 0.1 ^a	30 ± 0.1 ^a	24 ± 0.1 ^a	0.1 ± 0.1 ^a	0.13 ± 0.1 ^a	0.12 ± 0.1 ^a	2.01 ± 0.2 ^b	3.99 ± 0.1 ^a	6.97 ± 0.1 ^a
DKP10%-B0%-FT1.5	7.01 ± 0.4 ^d	9.11 ± 0.1 ^a	9.55 ± 0.5 ^c	0.7 ± 0.3 ^c	0.42 ± 0.09 ^a	0.22 ± 0.1 ^a	91 ± 0.4 ^d	88 ± 0.3 ^c	87 ± 0.1 ^a	34 ± 0.2 ^b	29 ± 0.2 ^b	24 ± 0.3 ^c	0.11 ± 0.1 ^a	0.14 ± 0.1 ^a	0.15 ± 0.2 ^b	2.1 ± 0.2 ^b	4.59 ± 0.1 ^a	7.8 ± 0.2 ^b
DKP0%-B0%-FT3	4.98 ± 0.5 ^c	6.24 ± 0.2 ^b	9.47 ± 0.6 ^f	0.9 ± 0.1 ^a	0.69 ± 0.1 ^b	0.33 ± 0.3 ^c	94 ± 0.3 ^c	93 ± 0.1 ^a	90 ± 0.3 ^c	41 ± 0.7 ^g	37 ± 0.3 ^c	34 ± 0.1 ^a	0.79 ± 0.01 ^a	0.82 ± 0.3 ^c	0.9 ± 0.5 ^c	1.01 ± 0.1 ^a	2.97 ± 0.2 ^b	3.81 ± 0.1 ^a
DKP5%-B0%-FT3	5.53 ± 0.2 ^b	6.77 ± 0.3 ^c	9.55 ± 0.4 ^d	0.8 ± 0.1 ^a	0.6 ± 0.2 ^c	0.23 ± 0.3 ^c	92 ± 0.1 ^a	90 ± 0.6 ^f	90 ± 0.4 ^d	39 ± 0.1 ^a	35 ± 0.2 ^b	29 ± 0.2 ^b	0.91 ± 0.2 ^b	0.12 ± 0.1 ^a	0.1 ± 0.4 ^d	1.54 ± 0.3 ^c	3.7 ± 0.1 ^a	50.3 ± 0.1 ^a
DKP10%-B0%-FT3	6.59 ± 0.3 ^c	6.87 ± 0.2 ^b	10.55 ± 0.6 ^f	0.74 ± 0.2 ^b	0.51 ± 0.1 ^b	0.22 ± 0.2 ^b	93 ± 0.2 ^b	91 ± 0.5 ^c	90 ± 0.1 ^a	35 ± 0.6 ^f	30 ± 0.2 ^b	26 ± 0.1 ^a	0.11 ± 0.3 ^c	0.12 ± 0.3 ^c	0.14 ± 0.6 ^f	1.9 ± 0.2 ^b	4.1 ± 0.4 ^d	6.7 ± 0.2 ^b
DKP0%-B2.5%-FT1.5	5.14 ± 0.2 ^b	8.99 ± 0.2 ^b	9.89 ± 0.1 ^a	0.79 ± 0.4 ^d	0.49 ± 0.2 ^c	0.21 ± 0.3 ^c	90 ± 0.1 ^a	88 ± 0.7 ^g	87 ± 0.3 ^c	39 ± 0.5 ^c	34 ± 0.4 ^d	30 ± 0.3 ^c	0.08 ± 0.1 ^a	0.88 ± 0.4 ^d	0.95 ± 0.1 ^a	1.57 ± 0.4 ^d	4.11 ± 0.3 ^c	7.5 ± 0.3 ^c
DKP5%-B2.5%-FT1.5	6.08 ± 0.2 ^b	9.14 ± 0.1 ^a	9.91 ± 0.3 ^c	0.71 ± 0.3 ^c	0.4 ± 0.1 ^b	0.21 ± 0.2 ^b	90 ± 0.2 ^b	89 ± 0.4 ^d	87 ± 0.2 ^b	34 ± 0.3 ^c	29 ± 0.1 ^a	22 ± 0.4 ^d	0.11 ± 0.3 ^a	0.14 ± 0.5 ^c	0.17 ± 0.2 ^b	2.27 ± 0.1 ^a	5 ± 0.1 ^a	8.1 ± 0.3 ^c
DKP10%-B2.5%-FT1.5	6.45 ± 0.3 ^c	9.01 ± 0.4 ^d	9.99 ± 0.2 ^b	0.64 ± 0.1 ^a	0.37 ± 0.3 ^d	0.18 ± 0.1 ^a	89 ± 0.1 ^a	88 ± 0.5 ^c	86 ± 0.4 ^d	32 ± 0.1 ^a	24 ± 0.3 ^c	19 ± 0.1 ^a	0.12 ± 0.5 ^c	0.15 ± 0.5 ^c	0.18 ± 0.1 ^a	2.35 ± 0.5 ^c	5.4 ± 0.2 ^b	11.36 ± 0.5 ^e
DKP0%-B2.5%-FT3	5.07 ± 0.01 ^a	6.88 ± 0.3 ^c	9.11 ± 0.1 ^a	0.8 ± 0.4 ^c	0.54 ± 0.2 ^b	0.22 ± 0.2 ^b	91 ± 0.1 ^a	89 ± 0.2 ^b	89 ± 0.1 ^a	40 ± 0.4 ^d	37 ± 0.1 ^a	35 ± 0.1 ^a	0.8 ± 0.4 ^d	0.84 ± 0.1 ^a	0.88 ± 0.1 ^a	1.4 ± 0.6 ^f	3.45 ± 0.1 ^a	7.5 ± 0.4 ^d
DKP5%-B2.5%-FT3	5.97 ± 0.04 ^d	7.11 ± 0.3 ^c	9.59 ± 0.1 ^a	0.75 ± 0.2 ^b	0.41 ± 0.1 ^a	0.24 ± 0.1 ^a	90 ± 0.1 ^a	90 ± 0.1 ^a	89 ± 0.1 ^a	36 ± 0.4 ^d	30 ± 0.2 ^b	27 ± 0.3 ^c	0.95 ± 0.2 ^b	0.11 ± 0.3 ^c	0.15 ± 0.2 ^b	2.01 ± 0.1 ^a	4.7 ± 0.1 ^a	7.9 ± 0.1 ^a
DKP10%-B2.5%-FT3	6.77 ± 0.01 ^a	7.41 ± 0.4 ^d	10.01 ± 0.3 ^c	0.7 ± 0.2 ^b	0.4 ± 0.3 ^d	0.3 ± 0.3 ^c	89 ± 0.1 ^a	89 ± 0.3 ^c	87 ± 0.2 ^b	34 ± 0.1 ^a	27 ± 0.1 ^a	23 ± 0.3 ^c	0.1 ± 0.1 ^a	0.14 ± 0.4 ^d	0.18 ± 0.2 ^b	2.2 ± 0.2 ^b	5.5 ± 0.1 ^a	11.1 ± 0.5 ^c
DKP0%-B5%-FT1.5	5.5 ± 0.3 ^c	7.41 ± 0.3 ^c	9.94 ± 0.2 ^b	0.73 ± 0.3 ^c	0.51 ± 0.1 ^b	0.34 ± 0.1 ^a	89 ± 0.2 ^b	88 ± 0.4 ^d	87 ± 0.2 ^b	36 ± 0.1 ^a	31 ± 0.4 ^d	25 ± 0.1 ^a	0.1 ± 0.2 ^b	0.14 ± 0.1 ^a	0.17 ± 0.4 ^d	1.6 ± 0.3 ^c	5.7 ± 0.2 ^b	8 ± 0.6 ^f
DKP5%-B5%-FT1.5	5.99 ± 0.1 ^a	8.25 ± 0.3 ^c	10.11 ± 0.1 ^a	0.62 ± 0.3 ^c	0.35 ± 0.3 ^d	0.25 ± 0.2 ^b	88 ± 0.1 ^a	86 ± 0.1 ^a	86 ± 0.3 ^c	33 ± 0.2 ^b	25 ± 0.2 ^b	20 ± 0.4 ^d	0.14 ± 0.1 ^a	0.17 ± 0.1 ^a	0.19 ± 0.3 ^c	2.31 ± 0.1 ^a	5.5 ± 0.1 ^a	9.7 ± 0.2 ^b
DKP10%-B5%-FT1.5	6.49 ± 0.2 ^b	8.54 ± 0.1 ^a	10.41 ± 0.4 ^d	0.51 ± 0.1 ^a	0.3 ± 0.1 ^a	0.14 ± 0.1 ^a	87 ± 0.2 ^b	85 ± 0.1 ^a	84 ± 0.3 ^c	31 ± 0.5 ^c	24 ± 0.3 ^c	17 ± 0.1 ^a	0.14 ± 0.1 ^a	0.18 ± 0.3 ^c	0.21 ± 0.1 ^a	2.35 ± 0.1 ^a	5.7 ± 0.1 ^a	12.4 ± 0.3 ^c
DKP0%-B5%-FT3	5.35 ± 0.1 ^a	7.64 ± 0.3 ^c	8.9 ± 0.5 ^c	0.76 ± 0.4 ^d	0.55 ± 0.2 ^c	0.41 ± 0.3 ^c	90 ± 0.4 ^d	89 ± 0.2 ^b	89 ± 0.1 ^a	38 ± 0.5 ^c	34 ± 0.2 ^b	29 ± 0.5 ^c	0.1 ± 0.3 ^c	0.14 ± 0.2 ^b	0.17 ± 0.2 ^b	1.5 ± 0.4 ^d	5.4 ± 0.2 ^b	7.9 ± 0.2 ^b
DKP5%-B5%-FT3	5.5 ± 0.1 ^a	8.11 ± 0.2 ^b	9.1 ± 0.3 ^c	0.71 ± 0.5 ^c	0.44 ± 0.1 ^b	0.22 ± 0.1 ^a	88 ± 0.5 ^c	87 ± 0.4 ^d	87 ± 0.2 ^b	35 ± 0.05 ^c	29 ± 0.4 ^d	21 ± 0.3 ^c	0.13 ± 0.4 ^d	0.15 ± 0.4 ^d	0.17 ± 0.4 ^d	2.3 ± 0.3 ^c	5.5 ± 0.1 ^a	9.5 ± 0.4 ^d
DKP10%-B5%-FT3	6.01 ± 0.1 ^a	8.81 ± 0.1 ^a	9.35 ± 0.1 ^a	0.69 ± 0.1 ^a	0.41 ± 0.1 ^b	0.21 ± 0.1 ^a	87 ± 0.3 ^c	86 ± 0.1 ^a	85 ± 0.1 ^a	32 ± 0.1 ^a	24 ± 0.1 ^a	17 ± 0.1 ^a	0.13 ± 0.2 ^b	0.15 ± 0.2 ^b	0.21 ± 0.3 ^c	2.3 ± 0.1 ^a	5.5 ± 0.2 ^b	11.7 ± 0.1 ^a

^a Brotchen bread with date kernel powder (DKP, 0, 5 & 10%), wheat bran (B, 0, 2.5 & 5%) in two times of fermentation (FT 1.5 & 3h)[‡] Means within each column with the same letters are not significantly different (P < 0.05).^{*} Data are means ± SD.

Table 6. Sensory evaluation of Brotchen bread fortified by date seed powder and wheat bran[‡]

Sensory descriptor	Samples ^a																	
	DKP0 %- B0%- FT1.5	DKP5 %- B0%- FT1.5	DKP10 %- B0%- FT1.5	DKP0 %- B0%- FT3	DKP5 %- B0%- FT3	DKP10 %- B0%- FT3	DKP0 %- B2.5%- FT1.5	DKP5 %- B2.5%- FT1.5	DKP10 %- B2.5%- FT1.5	DKP0 %- B2.5%- FT3	DKP5 %- B2.5%- FT3	DKP10 %- B2.5%- FT3	DKP0 %- B5%- FT1.5	DKP5 %- B5%- FT1.5	DKP10 %- B5%- FT1.5	DKP0 %- B5%- FT3	DKP5 %- B5%- FT3	DKP10 %- B5%- FT3
Appearance																		
Porosity	4.8	4.8 ^b	4.6 ^b	4.8 ^b	4.6 ^b	4.4 ^b	4.8 ^c	4.6 ^c	4.8 ^c	4.8 ^d	4.8 ^c	4.8 ^c	4.4 ^a	4.6 ^d	4.4 ^c	4.6 ^b	4.4 ^c	4.6 ^f
Crumb color	5 ^b	4.8 ^b	4.8 ^c	5 ^c	4.8 ^c	4.8 ^c	4.6 ^b	4.6 ^c	4.8 ^c	4.6 ^b	4.8 ^c	4.8 ^c	4.8 ^d	4.6 ^d	4.6 ^f	4.8 ^d	4.8	4.8 ^g
Crust color	5 ^b	4.8 ^b	4.6 ^b	5 ^c	5 ^d	4.8 ^c	4.6 ^b	4.4 ^b	4.6 ^d	4.6 ^b	4.6 ^b	4.6 ^d	4.4 ^a	4.4 ^c	4.6 ^f	4.6 ^b	4 ^c	4.4 ^c
Taste																		
Sweet	5 ^b	4.6 ^a	4.4 ^a	4.4 ^a	4 ^a	4.4 ^b	4 ^a	3.6 ^a	3.8 ^a	4.6 ^b	4.4 ^a	4 ^a	4.6 ^b	4 ^b	3.6 ^a	4.6 ^b	3.4 ^a	3.4 ^a
Salty	5 ^b	4.8 ^b	4.4 ^a	4.4 ^a	4.6 ^b	4.6 ^c	4.8 ^c	4.4 ^b	4.6 ^d	4.8 ^d	4.6 ^b	4.6 ^d	5 ^c	4.8 ^d	4.8 ^g	5 ^c	4.4 ^c	4.4 ^c
Flavor & Smell (by gustation)																		
DPK	5 ^b	5 ^c	4.4 ^a	5 ^c	5 ^d	4 ^a	5 ^d	4.6 ^c	4.6 ^d	5 ^c	4.8 ^c	4.8 ^c	5 ^c	4.6 ^c	4.6 ^f	5 ^c	4.8 ^f	4.6 ^f
BRAN	5 ^b	5 ^c	4.8 ^c	4.8 ^b	5 ^d	4.6 ^d	4.8 ^c	4.6 ^c	4.6 ^d	5 ^c	4.8 ^c	4.6 ^d	4.4 ^a	4 ^b	3.8 ^c	4.4 ^a	3.8 ^b	3.4 ^a
Texture (by gustation)																		
Adhesive	4.8 ^a	4.8 ^b	4.8 ^c	5 ^c	5 ^d	5 ^f	4.8 ^c	4.6 ^c	4.6 ^d	4.6 ^b	4.4 ^a	4.4 ^a	4.6 ^b	4 ^b	4 ^d	4.8 ^d	4.8 ^f	4.6 ^f
Rubbery	4.8 ^a	4.6 ^a	4.6 ^b	4.8 ^b	4.6 ^b	4.6 ^d	4.8 ^c	4.4 ^b	4 ^b	4.8 ^d	4.6 ^a	4.6 ^d	4.6 ^b	3.8 ^a	3.4 ^b	4.6 ^b	4 ^c	4 ^c
Soft	5 ^b	4.8 ^c	4.6 ^b	5 ^c	4.6 ^b	4.6 ^d	4.8 ^d	4.6 ^c	4.6 ^d	4.8 ^d	4.6 ^a	4.4 ^b	4.6 ^b	4 ^b	3.4 ^b	4.6 ^b	4 ^c	3.8 ^b
Overall	4.94 ^{a,b}	4.8 ^c	4.6 ^b	4.82 ^{b,c}	4.72 ^{b,c}	4.58 ^{c,d}	4.7 ^c	4.44 ^{b,c}	4.5 ^c	4.76 ^{c,d}	4.64 ^{b,c}	4.56 ^{c,d}	4.64 ^{b,c}	4.28 ^{b,c}	4.12 ^{d,e}	4.7 ^c	4.24 ^d	4.2 ^d

^a Brutchen bread with date kernel powder (DKP, 0, 5 & 10%), wheat bran (B, 0, 2.5 & 5%) in two times of fermentation (FT, 1.5 & 3h)[‡] Means with the same letters in the same row do not statistically differ ($p > 0.05$) by Tukey's test



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigating the effect of adding date seed powder and wheat bran on the physicochemical, mechanical and sensory characteristics of Brotchen bread

Hayder Jumahh Kadhim Al-Kaabi¹, Zahra Emam-Djomeh^{2*}

1-(Ph.D) student in Food science and technology at Aras International Campus, University of Tehran

2 -Transfer Phenomena Laboratory (TPL), Department of Food Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2024/5/19 Accepted:2024/11/13 Keywords: Brotchen Bread, Palm Seed Powder, Wheat Bran, Dietary Fiber, Physicochemical Characteristics. DOI: 10.22034/FSCT.22.161.1. *Corresponding Author E- emamj@ut.ac.ir	This study investigated the effect of adding Mozafati date seed powder and wheat bran on the quality parameters of Brotchen bread and dough. For this purpose, the values of physical and chemical characteristics (volume, specific volume, weight, moisture, ash, protein, dietary fiber, water activity, particle size, percentage of biota, Falling number, gluten, gluten index, zelenic sedimentation, delayed sedimentation) and examining the color of the crust and the central part of the bread), farinograph and extensograph characteristics of the prepared doughs, mechanical characteristics (texture profile analysis) and sensory characteristics (appearance, color, flavor, texture) of the bread produced with additional date kernel powder (0, 5, and 10 %) and wheat bran (0, 2.5, and 5%) were investigated in two resting periods of 90 and 180 minutes during 7 days of storage. The results showed that the amount of water absorption, development time, stability, tensile strength and maximum dough strength increased with the increase in the amount of added date kernel powder and wheat bran. It also decreased in softening degree, extensibility and energy levels. The values of L* and a* color of the crust and the Crumb part of the bread decreased with the addition of PKP ($p<0.05$). The change in softening degree and stability values was statistically significant ($p<0.05$). The addition of the two mentioned substances caused a firmer structure in the bread samples and reduced the staleness of the bread. It was observed that resting time of 180 minutes compared to 90 minutes had better results in texture and physical characteristics of bread ($p<0.05$). Although the sensory acceptance by the descriptors decreased ($p<0.05$), it was placed in a good grade. The result of this study showed that the presence of wheat bran and date kernel powder provides good quality bread and helps to increase fiber in the diet.



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

تولید کیک اسفنجی کم کالری با استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و بررسی برخی خصوصیات گرماسنجی، گرماوزن سنجی و رئولوژیکی آن صدیقه یزدان پناه^{۱*}، محسن عباسی^۲

۱-دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۲۰

کلمات کلیدی:

خصوصیات بافتی،

جایگزین چربی،

کم کالری

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.24.

* مسئول مکاتبات:

yazdanpanah2004@gmail.com

ترانس گلوتامیناز میکروبی یک آنزیم از گروه ترانسفرازها بوده، که به صورت گسترده به منظور اصلاح ویژگی های عملکردی پروتئین ها در مواد غذایی مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. پیوندهای کووالانسی ایجاد شده توسط این آنزیم اثرات منحصر به فردی روی ظرفیت تشکیل ژل، پایداری حرارتی و ظرفیت نگهداری آب در پروتئین ها دارد. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر مقادیر مختلف آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی به عنوان جایگزین چربی بر ویژگی های گرماسنجی، گرماوزن سنجی و رئولوژیکی کیک اسفنجی کم کالری بوده است. برای این منظور هفت تیمار مختلف با ۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته ۱۰ پی پی ام و ۲۰ پی پی ام آنزیم ترانس گلوتامیناز تولید شد. براساس نتایج حاصل حداکثر میزان پروتئین (۸.۴۳٪)، دانسیته ظاهری (۰.۷۷ گرم بر سانتی متر مکعب)، دانسیته جسمی (۱/۱۹ گرم بر سانتی متر مکعب)، سختی (۴۰۳۳ گرم)، چسبندگی (۰/۶۱ مگاژول)، پیوستگی (۰/۷۳)، صمغیت (۲۹۴۳ گرم)، آنالپی دوم و قابلیت جویدن (۲۰۴/۶۲ مگاژول) در تیمار با ۲۰ پی پی ام آنزیم و ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته مشاهده شد. کمترین آب آزاد در تیمار حاوی ۱۰ پی پی ام آنزیم با ۲۵ درصد چربی و کاهش یافته مشاهده شد. تیمار با ۱۰ پی پی ام آنزیم و ۵۰ درصد چربی کاهش یافته بهترین طعم، بو و رنگ را از نظر ارزیاب ها داشته است. مقدار پروتئین به دلیل حضور آنزیم ترانس گلوتامیناز در نمونه ها افزایش داشت و خصوصیات بافتی آن بهبود یافت. ولی کاهش ۱۰۰ درصد مقدار چربی تاثیر منفی بر خصوصیات حسی محصول تولید شده داشت. بنابراین حذف کامل چربی، برای تولید این محصول پیشنهاد نمی شود ولی با استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز، می توان چربی را تا حد قابل توجهی کاهش داد.

۱- مقدمه

نگرانی‌های متعددی در ارتباط با چربی رژیم غذایی به عنوان منبع اضافی کالری، اسیدهای چرب اشباع‌شده و کلسترول و نیز ارتباط چربی با بروز بیماری‌های قلبی و عروقی و سرطان و چاقی وجود دارد. چربی بیشترین کالری (۹ کیلوکالری بر گرم) را در مقایسه با پروتئین و کربوهیدرات (۴ کیلوکالری بر گرم) فراهم می‌نماید. دریافت اضافی چربی از مهم‌ترین عوامل ابتلا به اضافه وزن و چاقی است که خود زمینه‌ساز بیماری‌های قلبی عروقی، افزایش فشار خون و دیابت است. طبق توصیه سازمان‌های بین‌المللی کل چربی ورودی باید کمتر از ۳۰ درصد انرژی روزانه باشد، و چربی‌های اشباع کمتر از ۱۰ درصد، چربی‌های یک اشباعی و چند اشباعی حداقل $\frac{2}{3}$ انرژی روزانه باشد [۱]. یکی از روش‌های کاهش مصرف چربی استفاده از فرآورده‌های کم‌چربی است. با این وجود مصرف‌کنندگان، خواستار محصولات کم‌چرب با کیفیت مشابه با محصولات پرچرب می‌باشند [۲]. پروتئین‌ها ترکیبات مناسبی برای شبیه‌سازی خصوصیات چربی در مواد غذایی هستند [۳]. آنزیم ترانس گلوتامیناز که به نام EC 2.3.3.13 نیز شناخته می‌شود، جز آنزیم‌های ترانسفراز بوده که به طور گسترده‌ای در طبیعت وجود دارد. آنزیم ترانس-گلوتامیناز پروتئینی است، با وزن مولکولی ۳۷۳۶۸ دالتون که حاوی ۳۳۱ اسید آمینه است. این آنزیم می‌تواند بین اسید آمینه گلوتامین از یک پروتئین و لایزین از پروتئین دیگر ایجاد اتصال کند. جالب توجه است که این آنزیم هیچ‌گونه اثر نامطلوبی بر دسترسی زیستی لایزین نداشته و ارزش تغذیه‌ای پروتئین حاصل را نیز تغییر نمی‌دهد [۴]. در این راستا مطالعاتی صورت گرفته که به برخی از آنها اشاره می‌شود. رزا و همکاران (۲۰۱۲) آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی را به بستنی‌هایی با محتوای چربی ۴، ۶ و ۸ درصد اضافه کردند و ویژگی‌های رئولوژی، ضریب افزایش حجم، رفتار ذوب‌شدن و بافت آنها مورد ارزیابی قرار دادند. بستنی‌های حاوی آنزیم

ترانس گلوتامیناز میکروبی در مقایسه با نمونه‌های بدون آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی، ضریب افزایش حجم بالاتری داشتند. همچنین آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی موجب افزایش شاخص رفتار جریان و ویژگی‌های سودوپلاستیک نسبت به نمونه فاقد آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی شد. بستنی‌های با محتوای چربی ۴ و ۶ درصد که حاوی آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی بودند نیز رفتاری مشابه با نمونه-های بستنی بدون آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با سطح چربی ۸ درصد داشتند [۵]. دیپرو و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده کردند که ترانس گلوتامیناز قادر است راندمان پنی‌سازی را از راه حفظ رطوبت در دلمه افزایش دهد [۶]. گایوچ و همکاران (۲۰۰۹) اثر ترانس گلوتامیناز را بر ویژگی‌های فیزیکی ماست تهیه‌شده از مخلوط شیر و آب پنیر ارزیابی کردند و نتیجه گرفتند که با تیمار آنزیمی قوام ماست افزایش می‌یابد و طبق نتایج بافتی و رئولوژیکی، آنزیم تغییرات فیزیکی ناشی از افزودن آب پنیر به ماست را جبران کرده است [۷]. رودریگز و همکاران (۲۰۱۲) از اینولین به عنوان جایگزین چربی در کیک اسفنجی استفاده کردند. در این تحقیق تأثیر استفاده از سطوح مختلف اینولین در فرمولاسیون کیک بر خواص فیزیکی شیمیایی و ریزساختاری آن بررسی شد [۸]. لی و همکاران (۲۰۰۵) نیز از آمیلودکسترین‌های بتا گلوکان یولاف اوتریم به عنوان جایگزین شورتینگ در کیک استفاده کردند. آنها مشاهده نمودند با افزایش میزان جایگزینی از ۲۰ تا ۶۰ درصد، مقدار چگالی ویژه خمیر افزایش، ویسکوزیته و تعداد حباب‌های هوا کاهش یافت که این تغییرات مطابق با تغییرات ایجاد شده در حجم کیک بود [۹]. گومز و همکاران (۲۰۰۶) عملکرد هیدروکلئیدهای مختلف نظیر آلزینات سدیم، کاراگینان، پکتین، هیدروکسی پروپیل متیل-سلولز، صمغ لوکاست، گوار و صمغ زانتان را بر کیفیت کیک

در این مطالعه به تولید کیک اسفنجی کم‌چرب با استفاده از آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی و بررسی ویژگی‌های گرماسنجی، گرماوزن‌سنجی و رئولوژیکی آن پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

آرد گندم سفید مخصوص تهیه کیک از کارخانه آرد ارس مهر تبریز، شکر آسیاب شده، روغن، وانیل، بیکنگ پودر، شیرخشک و تخم مرغ از فروشگاه‌های مواد غذایی تهیه شد. پودر آب پنیر از شرکت پگاه فارس و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی با فعالیت ۸۰ واحد بر گرم از شرکت بازرگانی سامان تهران خریداری شد. ویژگی‌های آردهای کیک مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ نشان داده شده است.

لایه‌ای زرد مورد مطالعه قرار دادند. طبق نتایج، به‌جز زمانی که پکتین مورد استفاده قرار گرفت، پذیرش کلی کیک‌های لایه‌ای، با افزودن هیدروکلئید بهبود یافت [۱۰]. عرب شیرازی و همکاران (۲۰۱۲) روند جایگزینی تخم‌مرغ با صمغ زانتان و هیدروکسی‌پروپیل‌متیل‌سلولز را در کیک اسفنجی مورد مطالعه قرار دادند. طبق نتایج، جایگزینی صمغ‌ها سبب بهبود جذب آب، زمان توسعه خمیر و زمان مقاومت خمیر گردید. علاوه بر آن، سطح زیر منحنی مقاومت به کشش و ضریب مقاومت خمیر در برابر کشش نمونه‌های حاوی صمغ‌ها در مقایسه با نمونه شاهد بیشتر شد. همچنین در تمامی تیمارها نسبت به شاهد، رطوبت افزایش اما پروتئین کاهش نشان داد. قابل توجه این که کیک‌های اسفنجی حاوی صمغ‌ها از کیفیت حسی مطلوب‌تری برخوردار بودند [۱۱]. تاکنون در زمینه استفاده از آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی در کیک اسفنجی کم‌چرب پژوهشی انجام نگرفته است، لذا

Table 1- Characteristics of flour used for cake preparation

Properties*	Amount
Moisture (percentage)	13.14 + 0.01
Protein (percentage)**	7.5 + 0.15
Moist gluten (percentage)	20.2 + 0.76
Gluten index	87 + 1.14
Ash (percentage)	0.508 + 0.02
Zolani number (cc)	14 + 0.13

* The results obtained were the result of three repetitions.

**Analysis results are reported based on 14% flour moisture.

دقیقه در فر با دمای ۱۹۰-۱۸۰ درجه سانتی‌گراد پخت گردید. پس از پخت کیک‌ها در دمای محیط به مدت ۳۰-۴۵ دقیقه خنک و سپس در بسته‌های پلی‌اتیلنی دانسیته سبک با درزبندی حرارتی بسته‌بندی و در دمای اتاق تا انجام آزمون-های بعدی نگهداری شد.

۲-۲- روش تولید کیک

تهیه خمیر با روش شکر-خمیر بر اساس دستورالعمل جدول ۲ انجام می‌گردد [۱۲]. پس از تهیه ۱۵۰۰ گرم خمیرکیک، ۴۰ گرم خمیر در قالب‌های گالوانیزه به ابعاد مشخص (۸×۵×۴ سانتی‌متر) ریخته شد و به مدت ۴۵-۶۰

Table 2- The steps of preparing cake dough using the sugar-dough method

Material	weight (gr)	Percentage	Steps to do
oil	17.50	266	Heating was done for 10 minutes until the light color of the cream was produced.
sugar	22	330	

egg	22	330	Eggs were added in 3 to 5 equal parts.
flour	28.40	425.60	All the powdered ingredients were sieved together and added to form a paste. It came out half straight
Baking powder	0.50	7.50	
milk powder	0.61	9.20	
vanilla	0.15	2.30	
whey powder	1.23	18.40	
water	7.61	11.40	After adding water, the dough became smooth.

Table 3- Amount of fat and transglutaminase enzyme used in different samples of sponge cake

Treatment	Transglutaminase enzyme treatment (ppm)	Reduced fat (%)
A (Control)	0	0
B	10	25
C	20	25
D	10	50
E	20	50
F	10	100
G	20	100

پس از رسیدن نمونه‌ها به وزن ثابت در دسیکاتور پلیت‌ها توزین شده و با استفاده از رابطه زیر میزان رطوبت محاسبه شد [۱۵].

$100 \times (\text{وزن نمونه} / \text{کاهش رطوبت بر حسب گرم}) = \text{درصد رطوبت}$

۲-۴-۲- اندازه‌گیری خاکستر

اساس کار اندازه‌گیری خاکستر بر اساس سوزاندن همه مواد آلی و باقیماندن ترکیبات معدنی آرد و توزین آن است. خاکستر کیک بر اساس روش AACC ۰۸-۰۱ اندازه‌گیری شد [۱۵]. ۳ تا ۵ گرم از نمونه با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم در کروزه که از قبل به وزن ثابت رسیده و توین شده بود وزن شد و کروزه در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶-۴ ساعت رسیدن به خاکستر با رنگ خاکستری روشن یا رسیدن به وزن ثابت قرار گرفت. سپس کروزه در دسیکاتور خنک-شده و توزین شد. درصد خاکستر از رابطه زیر محاسبه شد: $100 \times (\text{وزن نمونه} / \text{وزن باقیمانده}) = \text{درصد خاکستر}$

۲-۴-۳- اندازه‌گیری چربی

۲-۳- آزمون‌های خمیر کیک

۲-۳-۱- قوام خمیر

خمیر در قیفی با قطر داخلی دهانه گشاد ۱۰ سانتی‌متر و قطر داخلی دهانه باریک ۱/۶ سانتی‌متر ریخته شد. قیف بطور کامل با خمیر پر شده، سپس وزن خمیر خارج شده از قیف در مدت زمان ۱۵ ثانیه اندازه‌گیری و قوام خمیر بر حسب گرم بر ثانیه گزارش شد [۱۳]. اعداد بزرگتر ثبت شده نشان‌دهنده قوام کمتر خمیر است.

۲-۳-۲- وزن مخصوص

برای اندازه‌گیری وزن مخصوص خمیر با اندازه‌گیری نسبت وزن ۲۴۰ میلی‌لیتر خمیر به ۲۴۰ میلی‌لیتر آب محاسبه شد [۱۴].

۲-۴- آزمون‌های کیک

۲-۴-۱- اندازه‌گیری رطوبت

رطوبت کیک با استفاده از روش AACC ۴۴-۱۱ اندازه‌گیری شد. ۲ تا ۳ گرم از نمونه با دقت ۰/۰۱ گرم در پلیت-هایی که از قبل به وزن ثابت رسیده‌اند توزین و پلیت‌ها در آون ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ دقیقه قرار داده شد.

۲-۴-۸- اندازه‌گیری دانسیته جسمی

دانسیته جسمی کیک با استفاده از روش پیکنومتری اندازه‌گیری شد [۱۹].

۹-۴-۲- اندازه‌گیری تخلخل

تخلخل نمونه‌های کیک با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد [۱۹].

$$(1) \quad \text{دانسیته واقعی/دانسیته ظاهری} - 1 = \text{تخلخل}$$

۲-۴-۱۰- اندازه‌گیری تقارن و یکنواختی کیک

تقارن و یکنواختی کیک با استفاده از روش ۹۱-۱۰ AACC اندازه‌گیری شد [۱۵]. به این منظور خط‌کش شفاف مخصوص برای اندازه‌گیری تقارن و یکنواختی تهیه گردید. سپس یک مقطع طولی از کیک تهیه و بر روی الگو قرار داده شد. در نهایت ارتفاع کیک در نواحی C، B و D اندازه‌گیری و تقارن و یکنواختی کیک از طریق روابط زیر محاسبه شد. در مورد یکنواختی عدد بزرگتر نشان دهنده و یکنواختی کمتر است. C نقطه مرکزی، B و D هر کدام به فاصله ۲/۵ سانتی‌متر از نقطه مرکزی قرار دارند (شکل ۱).
تقارن = $2C - B - D$

$$B - D = \text{یکنواختی}$$

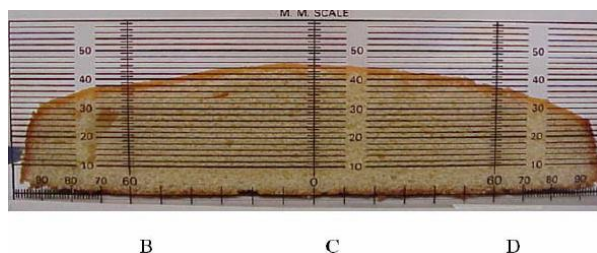


Figure 1- Transparent ruler used to measure cake symmetry and uniformity

۲-۴-۱۱- گرماسنجی (تجزیه حرارتی به روش DSC)

جهت اندازه‌گیری آنتالپی (ΔH) مقدار ۱۰ میلی‌گرم از نمونه در ظرف‌های استیل ضدزنگ کوچک قرار داده شد. ظروف بعد از درب‌بندی از ۲۵ تا ۱۰۰ درجه‌سانتی‌گراد در ۱۰ درجه

چربی کیک بر اساس استاندارد ملی ایران، شماره ۲۸۶۲ اندازه‌گیری شد [۱۶].

۲-۴-۴- اندازه‌گیری پروتئین

بر اساس بر اساس روش ۱۲-۴۶ AACC اندازه‌گیری شد [۱۷]. برای این منظور مقدار کل ازت اندازه‌گیری شده و از طریق فاکتور مربوط به پروتئین غلات (۵/۷) پروتئین محاسبه شد. ۱ گرم از نمونه نرم‌شده در ظرف مخصوص هضم توزین شده و ۲۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد برای هضم به آن افزوده شد. هضم کامل نمونه تا رسیدن به رنگ سبز شفاف ادامه یافت. پس از هضم کامل، تقطیر ازت انجام گرفت. برای اینکار ۳۰۰-۲۵۰ میلی‌لیتر آب و ۵۰ میلی‌لیتر NaOH به‌همراه پرل برای ممانعت از انفجار به محلول هضم شده افزوده شد. یک ارلن حاوی ۵۰ میلی‌لیتر اسید بوریک و چند قطره معرف متیل‌رد در انتهای دستگاه تقطیر به نحوی که قسمت انتهایی دستگاه تقطیر به شکل کامل در اسید غوطه‌ور باشد قرار داده شد و تقطیر تا رسیدن به حداقل حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر انجام گرفت. محلول حاصل با استفاده از اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تا رسیدن به رنگ صورتی تیترو و درصد پروتئین کل از رابطه زیر محاسبه شد.

(وزن نمونه/ضریب پروتئین×نرمالیت اسید سولفوریک×میلی‌لیتر اسید مصرفی)=درصد پروتئین

۲-۴-۵- اندازه‌گیری حجم کیک

حجم کیک با استفاده از روش جابجایی دانه کلزا اندازه‌گیری شد [۱۴].

۲-۴-۶- اندازه‌گیری حجم ویژه

حجم ویژه با محاسبه نسبت حجم به وزن کیک اندازه‌گیری شد [۱۸].

۲-۴-۷- اندازه‌گیری دانسیته ظاهری

دانسیته ظاهری کیک با اندازه‌گیری نسبت وزن به حجم کیک اندازه‌گیری شد [۱۹].

۳- بحث و نتایج

۳-۱- وزن مخصوص

جدول ۴ وزن مخصوص خمیر کیک نمونه‌های حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس گلوتامیناز و چربی کاهش یافته در مقایسه با تیمار شاهد را نشان می‌دهد. بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در میزان وزن مخصوص وجود دارد ($p \leq 0/05$). تیمار F با ۱۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین ($1/0 \pm 24/002$ گرم بر سانتی متر مکعب) میزان را برای وزن مخصوص کیک داشته است. هم چنین تیمار شاهد حداقل ($1/0 \pm 8/002$ گرم بر سانتی متر مکعب) میزان وزن مخصوص را داشته است. به نظر می‌رسد که با افزایش میزان آنزیم وضعیت الاستیک خمیرها بهبود می‌یابد و بر استحکام دیواره سلول‌های نگهدارنده گاز افزوده می‌شود، لذا قابلیت نگهداری گاز خمیر بیشتر می‌شود و حباب‌های گاز در خمیر از امکان به هم پیوستن و گسترش یافتن بیشتری برخوردار خواهند بود. لذا محصول پخته شده حجم بیشتری خواهد داشت و با افزایش حجم، وزن مخصوص کاهش پیدا می‌کند. بر اساس نتایج پژوهش سوران و همکاران (۲۰۰۳) با افزایش حجم کیک به طور قابل توجهی چگالی نسبی کاهش می‌یابد [۲۲].

۳-۲- قوام

جدول ۴ قوام خمیر کیک نمونه‌های حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس گلوتامیناز و چربی کاهش یافته در مقایسه با تیمار شاهد را نشان می‌دهد. بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در میزان قوام وجود دارد ($p \leq 0/05$). اعداد بزرگتر ثبت شده نشان‌دهنده قوام کمتر خمیر است. تیمار E با ۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و ۵۰ درصد چربی کاهش یافته در مقایسه با سایر تیمارها کمترین ($40/42 \pm 0/01$ گرم بر ثانیه) میزان را برای قوام خمیر کیک داشته است. همچنین تیمار B با ۱۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و ۲۵ درصد چربی

بر دقیقه حرارت داده شده و به مدت پنج دقیقه در ۱۰۰ درجه نگه داشته شدند. همچنین جهت تسریع رتروگرا داسیون آمیلوپکتین به مدت ۱۵ دقیقه نیز در ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند [۲۰].

۲-۴-۱۲- گرماسنجی (DSC) و گرما وزن سنجی (TGA)

۱۰ میلی گرم نمونه در محل نمونه دستگاه قرار داده می‌شود و دما از ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد با اختلاف دمایی ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد در پایان با استفاده از گراف‌های دستگاه آب آزاد و باند شده اندازه‌گیری می‌شود و آنتالپی با استفاده از تجزیه حرارتی به روش DSC اندازه‌گیری شد [۲۰].

۲-۴-۱۳- اندازه‌گیری بافت

خصوصیات بافتی کیک‌های غنی شده پس از یک روز از زمان تهیه، توسط دستگاه بافت‌سنج اندازه‌گیری شد. پروب استوانه ای با قطر ۶ میلی‌متر، با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و به عمق ۱۰ میلی‌متر جهت انجام آزمون نفوذ و بررسی خصوصیات بافتی کیک‌های تهیه شده انتخاب شد. سرعت رفت و برگشت پروب ۲ میلی‌متر بر ثانیه در نظر گرفته شد [۲۱].

۲-۴-۱۴- ارزیابی حسی

از ۱۵ ارزیاب آموزش دیده جهت بررسی خصوصیات (بو، طعم و رنگ) کیک‌های اسفنجی پس از یک روز از زمان تهیه، استفاده گردید. از روش هدونیک ۹ نقطه‌ای جهت بررسی حسی کیک‌ها استفاده شد.

۲-۵- آنالیز آماری

تمام آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و در ۳ تکرار صورت گرفت. تجزیه و تحلیل آماری نتایج شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح آماری ۵ درصد توسط نرم افزار SPSS انجام شد.

کاهش یافته حداکثر ($1/21 \pm 0/01$ گرم بر ثانیه) میزان قوام خمیر کیک را داشته است. نور محمدی و همکاران (۲۰۱۲) قوام خمیر کیک اسفنجی را برای نمونه‌هایی که فاقد آنزیم ترانس گلوتامیناز بوده است، $0/38$ گرم بر ثانیه گزارش کرده‌اند [۲۳]. بنابراین می‌توان گفت کاهش چربی به شدت باعث کاهش قوام خمیر کیک می‌شود [۲۴].

Table 4- The results of comparison of average relative density and consistency in sponge cake samples produced with dough containing microbial transglutaminase enzyme and reduced fat

Treatment	Specific gravity (gr/cm ³)	Consistency (gr/s)
A (Control)	0.002 ± 1.08	0.01 ± 3.03
B	0.001 ± 1.09	0.01 ± 1.21
C	0.007 ± 1.12	0.02 ± 37.62
D	0.004 ± 1.14	0.04 ± 11.25
E	0.05 ± 1.15	0.01 ± 40.42
F	0.002 ± 1.24	0.02 ± 25.39
G	0.02 ± 1.13	0.06 ± 31.32

All numbers are mean $\pm$ standard deviation, different letters indicate significance at $P \leq 0.05$ level. A: control, B: 10 ppm transglutaminase and 25% reduced fat, C: 20 ppm transglutaminase and 25% reduced fat, D: 10 ppm transglutaminase and 50% reduced fat, E: 20 ppm transglutaminase and 50% reduced fat, F: 10 ppm transglutaminase and 100% reduced fat, G: 20 ppm transglutaminase and 100% reduced fat.

۳-۳- پروتئین

فیزیکوشیمیایی و حسی کیک اسفنجی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزودن صمغ‌های زدو و کربوکسی‌متیل سلولز، باعث افزایش پروتئین نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد می‌گردد [۲۵].

۳-۴- چربی

جدول ۵ میزان چربی تیمارهای مختلف کیک اسفنجی را بر اساس درصدهای مختلف چربی کاهش یافته و آنزیم در سطح $p \leq 0/05$ نشان می‌دهد. بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در میزان چربی وجود دارد. تیمار B با 10 پی‌پی‌ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و 25 درصد چربی کاهش یافته حداکثر میزان ($43/0 \pm 81/01$ درصد) چربی نهایی را داشته است. سایر تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد دارای چربی کمتری بوده‌اند، تیمار F با 10 پی‌پی‌ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و 100 درصد چربی کاهش یافته کمترین میزان چربی نهایی ($12/0 \pm 69/08$ درصد) را داشته است. با افزایش میزان آنزیم درصد چربی کاهش بیشتری خواهد داشت. سگهال و

جدول ۵ میزان پروتئین تیمارهای مختلف کیک اسفنجی را بر اساس درصدهای مختلف چربی کاهش یافته و آنزیم در سطح $p \leq 0/05$ نشان می‌دهد. بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در میزان پروتئین وجود دارد. تیمار شاهد کمترین میزان پروتئین ($7/16 \pm 0/02$ درصد) را داشته است. تیمار G با 20 پی‌پی‌ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و 100 درصد چربی کاهش یافته و تیمار F با 10 پی‌پی‌ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و 100 درصد چربی کاهش یافته به ترتیب با $8/43 \pm 0/07$ و $8/0 \pm 34/02$ درصد دارای بیشترین مقدار پروتئین بوده‌اند. افزایش مقدار پروتئین در تیمارها، به دلیل استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز و ماهیت ساختاری آن می‌باشد که خود یک پروتئین می‌باشد. میزان نهایی پروتئین کیک در تمامی تیمارها زیاد بالا نبوده است، که این موجب کاهش زمان پخت و ایجاد بافت مطلوب نهایی شده است. نتیجه مشابهی توسط محمدی گرفمی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده است که تأثیر صمغ فارسی و کربوکسی‌متیل سلولز بر ویژگی‌های

همکاران (۲۰۱۱) میزان چربی در کلوچه ماهی تولید شده از کپور هندی را ۷ درصد گزارش کردند. در تحقیق حاضر نتیجه مشابهی به دلیل اضافه کردن آنزیم پروتئینی ترانس-گلوتامیناز گزارش شده است [۲۶].

۳-۵- رطوبت

جدول ۵ میزان رطوبت تیمارهای مختلف کیک اسفنجی را بر اساس درصدهای مختلف چربی کاهش یافته و آنزیم در سطح $p \leq 0.05$ نشان می دهد. بین تیمارها اختلاف معنی داری در میزان رطوبت وجود دارد. تیمار F با ۱۰ پی پی ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته در مقایسه با سایر تیمارها دارای بیشترین میزان (40.5 ± 0.5 / ۳۱ درصد) رطوبت نهایی بوده است. بعد از آن نیز تیمار G با ۲۰ پی پی ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته دارای حداکثر رطوبت بوده است، که علت این امر را می توان به سطح پایین چربی و عملکرد بهتر آنزیم ترانس گلوتامیناز نسبت داد. پوراسماعیل و همکاران () در مطالعه خود در زمینه افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز به نان، افزایش

میزان رطوبت را با افزایش سطح آنزیم در فرمولاسیون گزارش نمودند که با نتایج پژوهش ما مطابقت دارد [۲۷].

۳-۶- خاکستر

جدول ۵ میزان خاکستر تیمارهای مختلف کیک اسفنجی را بر اساس درصدهای مختلف چربی کاهش یافته و آنزیم در سطح $p \leq 0.05$ نشان می دهد. بین تیمارها اختلاف معنی داری در میزان خاکستر وجود دارد. تیمار F با ۱۰ پی پی ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته و تیمار G با ۲۰ پی پی ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته به ترتیب حداکثر (38.4 ± 0.4 و 27.0 ± 0.6 درصد) میزان خاکستر نهایی را داشته اند. همچنین تیمار B با ۱۰ پی پی ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و ۲۵ درصد چربی کاهش یافته دارای کمترین میزان (14.5 ± 0.4 درصد) خاکستر نهایی بوده است. نورمحمدی و همکاران (۲۰۱۲) درصدهای خاکستر کیک اسفنجی را ۰/۴۹ درصد گزارش کرده اند، که اندکی کمتر از درصد خاکستر در پژوهش حاضر است، این تفاوت را می توان به استفاده از نوع و درصد ترکیبات متفاوت در فرمولاسیون کیک نسبت داد [۲۳].

Table 5- The results of comparing the average amount of protein, fat, moisture and cake ash in sponge cake samples produced with dough containing microbial transglutaminase enzyme and reduced fat

Treatment	Protein (%)	fat (%)	Moisture (%)	Ash (%)
A (Control)	$0.02^c \pm 7.16$	34.35 ± 0.01^b	15.60 ± 0.30^c	$0.57 \pm 0.04^{c,d}$
B	$0.04^b \pm 7.60$	43.81 ± 0.01^a	19.29 ± 0.20^b	0.14 ± 0.04^d
C	$0.05^{b,c} \pm 7.58$	29.69 ± 0.02^c	18.47 ± 0.06^b	0.60 ± 0.03^c
D	$0.03^b \pm 7.76$	14.03 ± 0.02^d	21.43 ± 0.20^b	0.92 ± 0.05^c
E	$0.05^b \pm 7.75$	12.95 ± 0.01^d	23.08 ± 0.03^b	0.85 ± 0.07^c
F	$0.02^a \pm 8.34$	12.69 ± 0.08^d	31.40 ± 0.05^a	5.38 ± 0.04^a
G	$0.07^a \pm 8.43$	13.60 ± 0.15^d	28.01 ± 0.01^a	2.70 ± 0.06^b

All numbers are mean $\pm$ standard deviation, different letters indicate significance at $P \leq 0.05$ level. A: control, B: 10 ppm transglutaminase and 25% reduced fat, C: 20 ppm transglutaminase and 25% reduced fat, D: 10 ppm transglutaminase and 50% reduced fat, E: 20 ppm transglutaminase and 50% reduced fat, F: 10 ppm transglutaminase and 100% reduced fat, G: 20 ppm transglutaminase and 100% reduced fat.

به تیمار شاهد ($125/00 \pm 1/15$ سانتی متر مکعب) اندکی

۳-۷- حجم

کاهش داشته است، که این کاهش را می توان به ایجاد اتصالات عرضی در اثر حضور آنزیم ترانس گلوتامیناز نسبت داد. فقط در تیمار C با ۲۰ آنزیم ترانس گلوتامیناز و ۲۵ درصد چربی کاهش یافته، حجم کیک نهایی اندکی بیشتر از تیمار

جدول ۶ میزان حجم نمونه های کیک اسفنجی حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس گلوتامیناز و چربی کاهش یافته در مقایسه با تیمار شاهد را نشان می دهد. بین تیمارها اختلاف معنی داری در میزان حجم وجود دارد. در اکثر تیمارها میزان حجم نسبت

۹-۳- حجم ویژه

جدول ۶ میزان حجم ویژه نمونه‌های کیک اسفنجی حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و چربی کاهش‌یافته در مقایسه با تیمار شاهد را نشان می‌دهد. بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در میزان حجم ویژه وجود دارد ($p \leq 0.05$). حجم ویژه کیک در تمام تیمارها نسبت به شاهد کاهش داشته است. تیمار G با ۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش‌یافته دارای حداقل میزان (1.28 ± 0.03) سانتی‌متر مکعب بر گرم) حجم ویژه بوده است. مهربان شندی و همکاران (۲۰۱۳) طی پژوهشی از آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در فرمولاسیون کیک اسفنجی در سطوح مختلف استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که کاربرد این آنزیم باعث کاهش حجم مخصوص کیک می‌شود، نتایج پژوهش آنان با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد [۳۰].

۱۰-۳- تقارن

جدول ۶ میزان تقارن نمونه‌های کیک اسفنجی حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و چربی کاهش‌یافته در مقایسه با تیمار شاهد را نشان می‌دهد. بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در میزان تقارن وجود دارد ($p \leq 0.05$). تیمارهای B و C به ترتیب با ۱۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۲۵ درصد چربی کاهش‌یافته و ۱۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس‌گلوتامیناز با ۵۰ درصد چربی کاهش‌یافته دارای حداکثر میزان (1.15 ± 0.26) و (0.57 ± 0.24 میلی‌متر) تقارن نهایی بوده‌اند. افزایش نگهداری گاز به دلیل وجود پروتئین (آنزیم ترانس‌گلوتامیناز) است. همچنین پخش و پراکندگی ذرات ظریف روی پروتئین اثر می‌گذارد و باعث ژلاتیناسیون بیشتر نشاسته و در نتیجه موجب شکل‌پذیری بهتر در فر می‌شود. تقارن و یکنواختی بهتر این تیمارها می‌تواند به دلیل مقدار کمتر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و یک شبکه با مقاومت کمتر در برابر ورود حباب‌های هوا به داخل محصول باشد. این حباب‌ها می‌توانند به‌عنوان هسته‌های اولیه جهت توزیع گاز حاصل از مواد

شاهد بوده است. روندا و همکاران (۲۰۰۵) طی پژوهشی گزارش کردند که در زمان پخت به صورت عادی حجم کیک افزایش پیدا می‌کند، اما اگر در فرمولاسیون کیک از ترکیبات اتصال‌دهنده استفاده شده باشد، این مواد افزوده شده تا حدودی مانند آنزیم ترانس‌گلوتامیناز باعث کاهش حجم نهایی محصول می‌شوند. دلیل دیگر کاهش حجم احتمالی ناشی از کاهش قدرت نگهداری گاز در خمیر می‌باشد. با توجه به کاهش قابلیت ورود هوا به خمیر و میزان نگهداری حباب‌های هوا است. میان وزن مخصوص خمیر و حجم کیک رابطه معکوس برقرار است، به این صورت که هرچه وزن مخصوص خمیر کیک کمتر باشد، کیک حجم بیشتری و اگر وزن مخصوص خمیر کیک بیشتر باشد کیک حجم کمتری خواهد داشت [۲۸].

۸-۳- وزن

جدول ۶ میزان وزن نمونه‌های کیک اسفنجی حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و چربی کاهش‌یافته در مقایسه با تیمار شاهد را نشان می‌دهد. بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در میزان وزن وجود دارد ($p \leq 0.05$). وزن کیک فقط در تیمار F با ۱۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش‌یافته در مقایسه با تیمار شاهد اندکی کاهش داشته است. اما در سایر تیمارها این فاکتور در مقایسه با تیمار شاهد به صورت معنی‌داری افزایش داشته است ($p \leq 0.05$). آنزیم ترانس‌گلوتامیناز با توجه به ساختار پروتئینی به دلیل حفظ بیشتر رطوبت در نمونه‌ها وزن بیشتری ایجاد کرده است. نتیجه مشابهی توسط راسل و همکاران (۲۰۰۱) با بررسی هیدرکلوئیدهای مختلف گزارش شده است که تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار فیبر، با ایجاد پیوندهای هیدروژنی جذب آب را افزایش می‌دهند، که نتیجه آن افزایش وزن نمونه‌ها است [۲۹].

نتیجه مشابهی توسط پیغمبردوست (۱۳۸۸) گزارش شده است [۱۲].

شیمیایی پوک کننده عمل نمایند. توزیع یکنواخت حباب های هوا باعث بهبود تقارن و یکنواختی کیک می شود. روش مخلوط کردن شکر-خمیر نیز بر تقارن تاثیر مستقیم دارد.

Table 6- Comparison results of average volume, weight, specific volume, and cake symmetry in sponge cake samples produced with dough containing microbial transglutaminase enzyme and reduced fat

Treatment	Volume (cm ³)	Weight (gr)	Specific volume (cm ³ /gr)	Cake symmetry (mm)
A (Control)	125.00 ± 1.15 ^a	65.80±0.23 ^b	1.89 ± 0.01 ^a	18.00 ± 0.57 ^b
B	110.00 ± 2.30 ^b	66.80±0.28 ^a	1.64±0.04 ^b	1/15 ± 26/00 ^a
C	125.00 ± 0.57 ^a	67.20 ± 0.11 ^a	1.86±0.05 ^a	12.00 ± 1.15 ^c
D	100.00 ± 1.15 ^b	66.90 ± 0.11 ^a	1.49±0.01 ^b	24.00 ± 0.57 ^a
E	105.00 ± 1.73 ^b	66.90 ± 0.11 ^a	1.56±0.02 ^b	17.00 ± 0.57 ^b
F	95.00 ± 1.73 ^c	65.70±0.05 ^b	1.44±0.02 ^{b,c}	19.00±0.57 ^{a,b}
G	85.00 ± 2.30 ^c	66.00±0.11 ^a	1.28±0.03 ^c	10.00 ± 1.15 ^c

All numbers are mean ± standard deviation, different letters indicate significance at $P \leq 0.05$ level. A: control, B: 10 ppm transglutaminase and 25% reduced fat, C: 20 ppm transglutaminase and 25% reduced fat, D: 10 ppm transglutaminase and 50% reduced fat, E: 20 ppm transglutaminase and 50% reduced fat, F: 10 ppm transglutaminase and 100% reduced fat, G: 20 ppm transglutaminase and 100% reduced fat.

سانتی متر مکعب بوده است. دانسیته جسمی یک ماده غذایی به ترکیبات استفاده شده موجود در فرمولاسیون بستگی دارد، از آن جایی که در این پژوهش ترکیبات موجود در فرمولاسیون تفاوت زیادی نداشته اند؛ دانسیته جسمی نیز تغییرات زیادی نداشته است، که با نتایج پور صفر و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد [۳۲].

۳-۱۳- تخلخل

جدول ۷ میزان تخلخل نمونه های کیک اسفنجی حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس گلوتامیناز و چربی کاهش یافته در مقایسه با تیمار شاهد را نشان می دهد. در همه تیمارها درصد تخلخل کیک به صورت معنی داری نسبت به تیمار کنترل کاهش یافته است ($p \leq 0.05$). تیمار G با ۲۰ پی پی ام آنزیم ترانس-گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته دارای کمترین درصد تخلخل (34.94 ± 1.60 درصد) بوده است. پائین بودن میزان تخلخل نمونه های تیمار شده، به این دلیل است که شبکه ای مستحکم در این نمونه ها مانع ورود حباب های هوا در طی هم زدن می شود. زیبرو و همکاران (۲۰۱۲) از مقادیر مختلف آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرمولاسیون نان استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند، که این آنزیم تا حدودی می تواند باعث افزایش تخلخل نمونه ها شود. که با نتایج پژوهش

۳-۱۱- دانسیته ظاهری

جدول ۷ میزان دانسیته ظاهری نمونه های کیک اسفنجی حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس گلوتامیناز و چربی کاهش یافته در مقایسه با تیمار شاهد را نشان می دهد. در تمام تیمارها میزان دانسیته ظاهری کیک در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داشته است ($p \leq 0.05$). تیمار G با ۲۰ پی پی ام آنزیم ترانس-گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته حداکثر میزان (0.77 ± 0.01 گرم بر سانتی متر مکعب) دانسیته ظاهری را داشته است. بر اساس نتایج پژوهش دسروسرچ و همکاران (۲۰۰۴) دانسیته ظاهری با حجم کیک رابطه عکس داشته و با افزایش حجم کیک دانسیته ظاهری به صورت قابل توجهی کاهش پیدا می کند [۳۱]. بنابراین تیمار G که کمترین حجم را داشته است، دارای بیشترین دانسیته ظاهری بوده است.

۳-۱۲- دانسیته جسمی

جدول ۷ میزان دانسیته جسمی نمونه های کیک اسفنجی حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس گلوتامیناز و چربی کاهش یافته در مقایسه با تیمار شاهد را نشان می دهد. در اکثر تیمارها میانگین دانسیته جسمی کیک نسبت به تیمار شاهد اندکی کاهش یافته است، ولی اختلاف آن ها معنی دار نمی باشد ($p \leq 0.05$). میانگین دانسیته جسمی تیمار شاهد 1.20 ± 0.01 گرم بر

حاضر مطابقت ندارد، دلیل این عدم تطابق را می‌توان به تفاوت مواد اولیه و مقدار آنزیم مصرفی در فرمولاسیون نسبت داد [۳۳].

Table 7- Comparison results of the average amount of apparent density, Solid density and porosity in sponge cake samples in sponge cake samples produced with dough containing microbial transglutaminase enzyme and reduced fat

Treatment	Apparent density (gr/cm ³)	Solid density (gr/cm ³)	Porosity (%)
A (Control)	0.52 ± 0.003 ^c	1.20±0.001 ^a	56.23±0.33 ^a
B	0.60±0.01 ^b	1.19±0.001 ^a	48.97 ± 1.28 ^b
C	0.53 ± 0.001 ^c	1.20±0.005 ^a	55.18 ± 0.14 ^a
D	0.66±0.008 ^b	1.19±0.002 ^a	43.75±0.69 ^b
E	0.63 ± 0.009 ^b	1.19±0.003 ^a	46.66±0.82 ^b
F	0.69 ± 0.01 ^b	1.19±0.001 ^a	42.26±1.04 ^b
G	0.77 ± 0.01 ^a	1.19±0.01 ^a	34.94±1.60 ^c

All numbers are mean ± standard deviation, different letters indicate significance at $P \leq 0.05$ level. A: control, B: 10 ppm transglutaminase and 25% reduced fat, C: 20 ppm transglutaminase and 25% reduced fat, D: 10 ppm transglutaminase and 50% reduced fat, E: 20 ppm transglutaminase and 50% reduced fat, F: 10 ppm transglutaminase and 100% reduced fat, G: 20 ppm transglutaminase and 100% reduced fat.

نتایج پژوهش حاضر تا حدودی مطابقت دارد. به طور کلی فاکتور سختی تلفیقی از میزان مقاومت مغز و پوسته در اثر فشردگی است. از طرف دیگر استحکام کیک ارتباط مستقیمی با دانسیته و ارتباط غیرمستقیمی با حجم کیک دارد به طوریکه هر چه دانسیته افزایش یابد، استحکام و مقاومت کیک نیز بیشتر می‌شود و بنابراین میزان سختی نیز افزایش می‌یابد. رتروگراداسیون محصولات قنادی بلافاصله پس از اتمام پخت و شروع سردکردن محصول اتفاق می‌افتد. این فرایند وابسته به فرمولاسیون محصول، شرایط تولید و نگهداری می‌باشد. تاثیر بیاتی در محصولات قنادی شامل تغییرات در بافت، پوسته، مغز، از دست دادن رطوبت و عطر و طعم می‌باشد. در طی بیاتی مولکول‌های نشاسته به شدت به یکدیگر می‌پیوندند و سبب بیرون راندن آب از شبکه می‌گردند. علت افزایش سختی را می‌توان به رتروگراداسیون نشاسته در طول دوره نگهداری نسبت داد که با افزایش میزان بیاتی، سختی نیز افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش میزان اجزای خشک خمیر محصولی متراکم‌تر و غلیظ‌تر تولید می‌شود [۳۴].

در اکثر تیمارها نسبت به تیمار شاهد میزان چسبندگی افزایش پیدا کرده است. تیمار حاوی ۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس-

۱۴-۳- خواص بافتی کیک

جدول ۸ میانگین ویژگی‌های بافتی نمونه‌های کیک اسفنجی حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس گلوتامینازو چربی کاهش یافته در مقایسه با تیمار شاهد را نشان می‌دهد. در هر ۶ فاکتور بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p \leq 0.05$). تیمار G با ۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین (مقدار $4.33 \pm 0.30 / 0.05$ گرم) میانگین را برای سختی بافت داشته است. هم چنین تیمار C با ۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و ۲۵ درصد چربی کاهش یافته حداقل ($1.10 \pm 0.10 / 1.10$ گرم) میزان سختی را داشته است. کپلمن و دجانگ (۲۰۰۲) با انجام پژوهشی به این نتیجه رسیدند، که استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز می‌تواند باعث ایجاد اتصالات عرضی در گلوتن موجود در آرد شود، که این امر می‌تواند منجر به پلیمرهای با وزن مولکولی بالا شود. تشکیل این دسته از پلیمرها می‌تواند منجر به استحکام هر چه بیشتر شبکه ایجاد شده توسط گلوتن شده و بنابراین ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی و رئولوژیکی مطلوبی ایجاد می‌کند. که با

درصد چربی کاهش یافته حداقل ($6/30 \pm 0/01$ میلی متر) میزان الاستیسیته را داشته است. افزایش حالت ارتجاعی، انسجام و انعطاف پذیری می تواند منعکس کننده افزایش حجم مخصوص و هوادهی بهتر باشد. مشخص شده است که حالت ارتجاعی بالا نشان از تازگی، هوادهی و حالت الاستیک مناسب محصول دارد [۳۵ و ۳۴].

در تیمارهای حاوی ۱۰ پی پی ام و ۲۰ پی پی ام آنزیم با ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته مقدار صمغیت نسبت به تیمار کنترل افزایش داشته است. اما در سایر تیمارها میزان صمغی بودن بافت نسبت به تیمار کنترل کاهش داشته است.

در تیمارهای حاوی ۱۰ پی پی ام و ۲۰ پی پی ام آنزیم با ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته مقدار قابلیت جویدن نسبت به تیمار کنترل افزایش داشته است. اما در سایر تیمارها میزان قابلیت جویدن نسبت به تیمار کنترل کاهش داشته است.

تیمار حاوی ۲۰ پی پی ام آنزیم با ۲۵ درصد چربی کاهش یافته دارای حداقل مقدار $79/75 \pm 1/18$ ژول قابلیت جویدن بوده است.

گلوتامیناز و ۲۵ درصد چربی کاهش یافته با $0/28 \pm 0/01$ دارای حداقل میزان چسبندگی بوده است. تیمار حاوی ۲۰ پی پی ام آنزیم ترانس گلوتامیناز با ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته دارای بیشترین مقدار $0/61 \pm 0/02$ چسبندگی نهایی بوده است.

در تیمارهای حاوی ۱۰ پی پی ام آنزیم ترانس گلوتامیناز با ۵۰ درصد چربی کاهش یافته، ۲۰ پی پی ام آنزیم ترانس گلوتامیناز با ۲۵ درصد چربی کاهش یافته و ۲۰ پی پی ام آنزیم ترانس گلوتامیناز با ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته نسبت به تیمار شاهد میزان پیوستگی افزایش پیدا کرده است. در سایر تیمارها پیوستگی نسبت به تیمار کنترل کاهش یافته است. رنژیتی و همکاران (۲۰۰۷) طی پژوهش خود اعلام کردند که، استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی در مواد غذایی باعث بهبود پیوستگی می شود. که با نتایج این پژوهش تا حدودی مطابقت دارد [۳۵].

تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین ($7/26 \pm 0/02$ میلی متر) میانگین را برای الاستیسیته بافت داشته است. هم چنین تیمار C با ۲۰ پی پی ام آنزیم ترانس گلوتامیناز و ۲۵

Table 8- Comparison results of the average amount of texture characteristics in sponge cake samples in sponge cake samples produced with dough containing microbial transglutaminase enzyme and reduced fat

Treatment	Hardness (gr)	adhesiveness (mj)	Cohesiveness	Springiness (mm)	Gumminess (gr)	Chewiness (j)
A (Control)	$2778.50 \pm 4/04^b$	0.45 ± 0.01^b	0.67 ± 0.005^a	7.26 ± 0.02^a	$1.67^b \pm 1872.80$	133.34 ± 1.17^b
B	$2559.00 \pm 2/88^b$	0.32 ± 0.01^c	0.65 ± 0.005^b	7.15 ± 0.02^a	$0.51^b \pm 1651.15$	115.77 ± 0.61^b
C	$1810.00 \pm 1/15^c$	$0.28 \pm 0.01^{c,d}$	0.71 ± 0.01^a	6.30 ± 0.01^c	$1.68^c \pm 1288.70$	79.75 ± 1.18^c
D	2448.50 ± 2.30^b	0.50 ± 0.02^b	0.68 ± 0.005^a	6.75 ± 0.01^b	1672.10 ± 1.15^b	110.68 ± 1.17^b
E	2440.00 ± 1.73^b	0.38 ± 0.01^c	0.65 ± 0.01^b	6.72 ± 0.01^b	1587.40 ± 1.21^b	104.61 ± 1.21^b
F	$3925.00 \pm 2/88^a$	0.46 ± 0.02^b	0.65 ± 0.01^b	6.80 ± 0.01^b	2540.00 ± 1.15^a	16.1 ± 12.171^a
G	4033.00 ± 2.30^a	0.61 ± 0.02^a	0.73 ± 0.01^a	7.09 ± 0.02^a	2943.00 ± 1.73^a	204.62 ± 1.74^a

All numbers are mean $\pm$ standard deviation, different letters indicate significance at $P \leq 0.05$ level. A: control, B: 10 ppm transglutaminase and 25% reduced fat, C: 20 ppm transglutaminase and 25% reduced fat, D: 10 ppm transglutaminase and 50% reduced fat, E: 20 ppm transglutaminase and 50% reduced fat, F: 10 ppm transglutaminase and 100% reduced fat, G: 20 ppm transglutaminase and 100% reduced fat.

مقادیر مختلف چربی و آنزیم در سطح $p \leq 0/05$ نشان می دهد. آنتالپی معیاری از کمیت و کیفیت کریستال ها و از دست دادن نظم مولکولی درون گرانول هاست. بر اساس داده های موجود در این جدول تیمار حاوی ۱۰ پی پی ام آنزیم با ۵۰

۱۵-۳- گرما سنجی و گرما وزن سنجی

جدول ۹ (شکل ۲) تغییرات آنتالپی اول و دوم، آب آزاد و باند شده در تیمارهای مختلف کیک اسفنجی را بر اساس

تیمار حاوی ۱۰ پی‌پی‌ام آنزیم با ۲۵ درصد چربی کاهش یافته کمترین میزان آب آزاد ($22/21 \pm 0/00$) را داشته است. تیمارهای حاوی ۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم با ۲۵ درصد چربی کاهش یافته بیشترین میزان آب آزاد ($26/62 \pm 0/00$) را داشته است. تیمار حاوی ۱۰ پی‌پی‌ام آنزیم با ۵۰ درصد چربی کاهش یافته و تیمارهای حاوی ۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم با ۲۵ و ۵۰ درصد چربی کاهش یافته بیشترین میزان آب باند شده ($29/1 \pm 0/00$) را داشته‌اند. تیمارهای حاوی ۱۰ پی‌پی‌ام آنزیم با ۲۵ درصد چربی کاهش یافته کمترین میزان آب باند شده ($24/21 \pm 1/00$) را داشته است. در سال ۲۰۰۲، پیتراسیک پژوهشی در مورد اثر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بر روی خصوصیات بافتی برگ‌های گوشت انجام داد و به این نتیجه رسید، که آنزیم باعث کاهش آب آزاد و افزایش ماندگاری محصول می‌شود. که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد [۳۷].

درصد چربی کاهش یافته کمترین میزان آنتالپی اول ($106/1 \pm 89/00$) را داشته است. تیمارهای حاوی ۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم با ۲۵ درصد چربی کاهش یافته بیشترین میزان آنتالپی اول ($66/18 \pm 1/00$) را داشته است. تیمار حاوی ۱۰ پی‌پی‌ام آنزیم با ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته کمترین میزان آنتالپی دوم ($2814/39 \pm 0/71$) را داشته است. تیمارهای حاوی ۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم با ۱۰۰ درصد چربی کاهش یافته بیشترین میزان آنتالپی دوم ($1933/57 \pm 1/00$) را داشته است. میزان نهایی اول و دوم در تمامی تیمارها منفی بوده است، که این موجب کاهش زمان پخت و ایجاد بافت مطلوب نهایی شده است. آنتالپی پایین در واقع نظم ساختمانی و پایداری کمتر کریستال‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، آنزیم ترانس‌گلوتامیناز سبب افزایش انعطاف‌پذیری ساختمانی شده است [۳۶].

Table 9- The results of comparing the average amount of enthalpy, free and bound water in sponge cake samples in sponge cake samples produced with dough containing microbial transglutaminase enzyme and reduced fat

Treatment	Enthalpy 1 (j)	Enthalpy 2 (j)	free water (%)	Bound water (%)
A (Control)	-67.00±1.00 ^a	-2491.00±0.50 ^b	24.03 ± 0.50 ^a	27.00 ± 1.00 ^a
B	-78.27±2.00 ^a	-2243.27±0.94 ^b	22.21±0.00 ^b	24.21±1.00 ^b
C	-66.18±1.00 ^a	-2754.18±0.81 ^c	26.62±0.00 ^a	29/00±1/00 ^a
D	-106.89±1.00 ^b	-2537.89±0.83 ^b	25.25±0.50 ^a	29/00±1/00 ^a
E	-73.42±1.00 ^a	-2726.42±0.26 ^c	25.42±0.00 ^a	29/00±1/00 ^a
F	-76.39±0.65 ^a	-2814.39±0.71 ^c	22.39±0.00 ^b	26.00 ± 1.00 ^b
G	-83.80 ± 1.00 ^a	-1933.57±1.00 ^a	22.32±0.60 ^b	25.50 ± 1.00 ^b

All numbers are mean ± standard deviation, different letters indicate significance at $P \leq 0.05$ level. A: control, B: 10 ppm transglutaminase and 25% reduced fat, C: 20 ppm transglutaminase and 25% reduced fat, D: 10 ppm transglutaminase and 50% reduced fat, E: 20 ppm transglutaminase and 50% reduced fat, F: 10 ppm transglutaminase and 100% reduced fat, G: 20 ppm transglutaminase and 100% reduced fat.

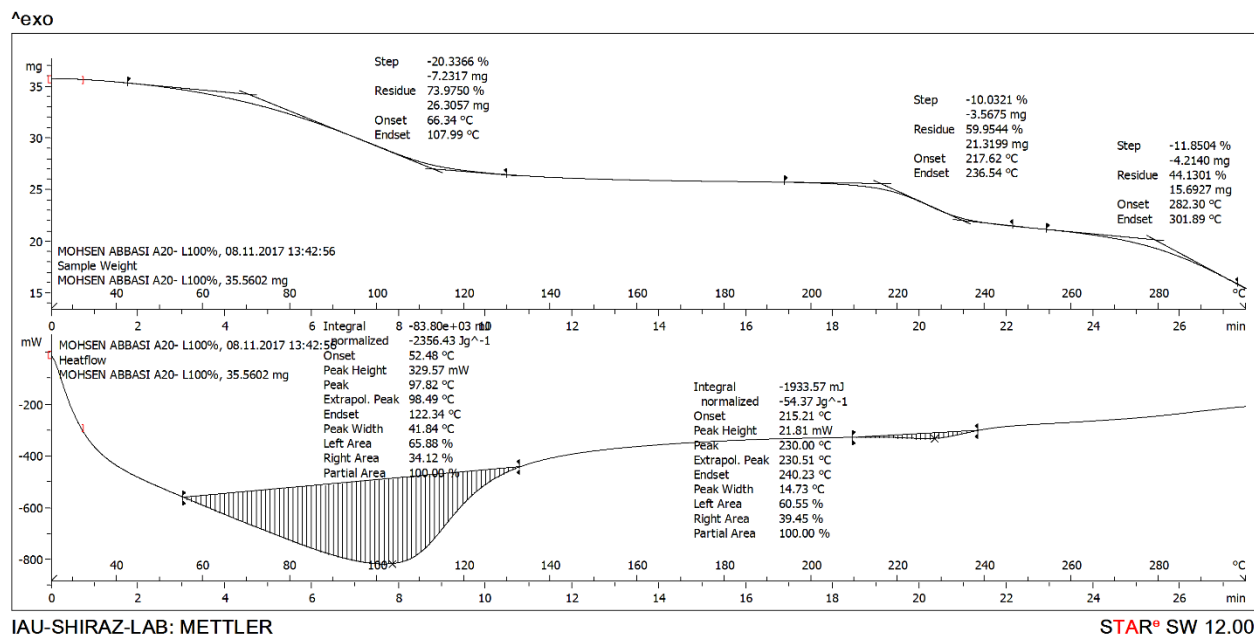


Figure 2- An example of differential calorimetry in a sample of sponge cake produced with dough containing microbial transglutaminase enzyme and reduced fat (Treatment G: 20 ppm transglutaminase and 100% reduced fat).

چنین تیمار شماره G با ۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش‌یافته حداقل (۲/۶۰) میانگین را برای ارزیابی حسی طعم داشته است. به طور کلی چربی نقش مهمی در ایجاد احساس دهانی مطلوب و طعم مناسب دارد، با کاهش چربی از ۱۰۰ به صفر درصد میزان رضایت مصرف‌کنندگان از طعم کیک نسبتاً کاهش داشته است. تیمار D با ۱۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۵۰ درصد چربی کاهش‌یافته در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین (۸/۸۳) میانگین را برای ارزیابی حسی رنگ داشته است. هم چنین تیمار G با ۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش‌یافته حداقل (۱/۱۳) میانگین را برای ارزیابی حسی رنگ داشته است. بر اساس پژوهش ایدورا و همکاران (۲۰۰۷) علت تیره‌تر شدن رنگ کیک در تیمارهای F با ۱۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش‌یافته، تیمار E با ۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۵۰ درصد چربی کاهش‌یافته و تیمار G با ۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش‌یافته را می‌توان

۱۶-۳- ارزیابی حسی

جدول ۱۰ میانگین نمره ارزیابی حسی بو، طعم و رنگ نمونه‌های کیک اسفنجی حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و چربی کاهش‌یافته در مقایسه با تیمار شاهد را نشان می‌دهد. در هر ۳ فاکتور بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p \leq 0.05$). تیمار D با ۱۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۵۰ درصد چربی کاهش‌یافته در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین (۷/۳۷) میانگین را برای ارزیابی حسی بو داشته است. هم چنین تیمار G با ۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۱۰۰ درصد چربی کاهش‌یافته حداقل (۲/۶۷) میانگین را برای ارزیابی حسی بو داشته است. پایین بودن بیش از حد نمره ارزیابی حسی بو برای تیمارهای F و G در مقایسه با تیمار شاهد را می‌توان به کاهش ۱۰۰ درصد چربی نسبت داد. تیمار D با ۱۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۵۰ درصد چربی کاهش‌یافته در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین میانگین را برای ارزیابی حسی طعم داشته است. هم

به تشدید واکنش میلارد و کاراملیزاسیون در طی تولید و فرایند حرارتی محصول نسبت داد [۳۸].

Table 10- The results of comparing the average amount of Sensory evaluation in sponge cake samples in sponge cake samples produced with dough containing microbial transglutaminase and reduced fat

Treatment	Smell	Ttaste	Color
A (Control)	6.20 ^{a, b}	6.87 ^b	6.40 ^b
B	6.27 ^a	6.37 ^b	7.27 ^a
C	5.00 ^b	6.87 ^b	6.57 ^b
D	7.37 ^a	8.47 ^a	8.83 ^a
E	5.77 ^b	2.47 ^d	4.40 ^c
F	3.73 ^c	4.37 ^c	2.40 ^d
G	2.67 ^c	2.60 ^d	1.13 ^d

All numbers are mean, different letters indicate significance at $P \leq 0.05$ level. A: control, B: 10 ppm transglutaminase and 25% reduced fat, C: 20 ppm transglutaminase and 25% reduced fat, D: 10 ppm transglutaminase and 50% reduced fat, E: 20 ppm transglutaminase and 50% reduced fat, F: 10 ppm transglutaminase and 100% reduced fat, G: 20 ppm transglutaminase and 100% reduced fat.

۱۷-۳- نتیجه‌گیری

تهیه محصولات غله‌ای کم‌چرب، هدف اکثر کارخانجات غذایی می‌باشد و این پدیده، محققین صنعت غذا را بر آن داشته تا راهکارهایی جهت کاهش چربی مواد غذایی ارائه دهند که در عین حال خواص کاربردی چربی نیز در سیستم غذایی حفظ گردد. از جمله راهکارها جهت رفع مشکلات کیفی حاصل از حذف چربی در محصولات غذایی، استفاده از انواع مختلف جایگزین‌های چربی است. در تیمار با ۱۰ پی‌پی‌ام آنزیم ترانس گلوتامیناز با کاهش چربی خواص مکانیکی و رئولوژیکی خمیر و ارگانولپتیکی کیک دستخوش تغییرات مطلوب به دلیل حضور ساختار پروتئینی آنزیم و ایجاد پیوندهای مفید در ساختار کیک در مقایسه با نمونه شاهد و سایر تیمارها شده است ولی حذف کامل چربی پیشنهاد نمی‌شود.

۵-منابع

- prepared with erythritol as replacement for sucrose. *Journal of Food Science* 68, 2107-2110. [15]
- AACC 1999, Approved method of the AACC, American Association of Cereal Chemist, St, Paul, MN.
- [16] Institute of standard and industrial research of Iran. 1987. The method of measuring the fat of cereals and its products. No. 2862.
- [17] AACC 1999, Approved method of the AACC, American Association of Cereal Chemist, St, Paul, MN.
- [18] Attia, E.S.A., Shehata, H.A., Askar, A. (1993). An alternative formula for the sweetening of reduced-calorie cakes. *Food Chemistry*, 48, 169-172.
- [19] Kocer, D., Hicsasmaz, Z., Bayindirli, A, Katnas, S. A. (2006). Bubble and Pore Formation of the High-Ratio Cake Formulation with Polydextrose as a Sugar - and Fat -Replacer. *J. Food Eng*, 78, 953 - 964
- [20] Yazdanpanah, S., Ehsani, M. R., Mizani, M. (2015). Water Mobility in Accelerated Ripening of UF Feta Cheese. *J. Agr. Sci. Tech*. 17, 663-674.
- [21] Lebesi, D.M., Tzia, C. (2011) Effect of the Addition of Different Dietary Fiber and Edible Cereal Bran Sources on the Baking and Sensory Characteristics of Cupcakes. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 710-722. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0181-3>.
- [22] Swaran, S., Chauhan, G. S., Raghuvanshi, R., Sharma, P., Chauhan, P., and Bajpai, A. (2003). Replacement egg solids with whey protein concentrate and optimization of its levels in cake making. *Journal of Food Science and Technology*, ISSN 0022-1155, 40(4), 386- 388
- [23] Nourmohammadi, E., Peyghambari, H., Oladghafari, E., Azadmard damirchi, S., Hesari, J. (2012). Effects of replacement sucrose with polyols and aspartame on the properties of sponge cake. *Journal of Food Industry*, 21, (2), 155 -165.
- [24] Baeva, M.R., Panchev, I.N., Terzieva, V.V. (2000). Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cakes. *Die Nahrung*, 44(4), 242-246.
- [25] Mohammadi Garfami, F., Eshaghi, M. R., Nateghi, L. (2015). Introduction to Zedo Hydrocolloids, First Iranian Scientific Conference on Food Science and Technology, Association for Development and Promotion of Fundamental Sciences and Technologies.
- [26] Sehgal, H., Shahi, M., Sehgal, G. K., Thind, S. S. (2011). Nutritional, microbial and organoleptic qualities of fish patties prepared from carp (*Cyprinus*
- [1] Shokrollahi, F., Mirzadeh, H. (1999). *Polymer Science and Technology*, Twelfth Year, No. 4.
- [2] Maghsoudi, S. H. (2005). New technology of types of sauces. Tehran, Marz Danesh. Press, 139-143, 202-221p.
- [3] Arrese, E.L., Sorgentini, D.A., Wagner, J.R., Anon, M.C. (1991). Electrophoretic, solubility and functional properties of commercial soy protein isolates. *J. Agric. Food. Chem*, 39(6), 1029-1032.
- [4] Kuraishi, C., Yamazaki, K., Susa, Y. (2001). Transglutaminase: its utilization in the food industry. *Food Reviews International*, 17(2), 221-246.
- [5] Rossa, P.N., Burin, V.M., Bordignon, T. (2012). Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents. *LWT-Food. Sci. Technol*, 48(2), 224-230.
- [6] De Pierro, P., Mariniello, L., Sorrentino, A., Gosafatto, C. V. L., Chianese, L., Porta, R. (2010). Transglutaminase-induced chemical and rheological properties of cheese. *Food Biotechnology*, 24, 107-120.
- [7] Gauche, C, Tomazi, T., Barreto, P.L.M. (2009). Physical properties of yoghurt manufactured with milk whey and transglutaminase. *LWT*, 42, 239-243.
- [8] Rodriguez-Garcia, J., Puig, A., Salvador, A., Hernando, I. (2012). Optimization of a sponge cake formulation with inulin as fat replacer: structure, physicochemical, and sensory properties. *J. Food Sci*, 77(2), C189-C97. 6.
- [9] Lee, S., Kim, S., Inglett, G.E. (2005). Effect of shortening replacement with oatrim on the physical and rheological properties of cakes. *Cereal Chem*, 82(2), 120-4.
- [10] Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A. Rosell, C. M. (2006). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, 21(2), 167-173.
- [11] ArabShirazi, S., Movahhed, S. and Nemati, N. (2012). Evaluation of addition of Xanthan and Hydroxyl Propyl Methyl Cellulose gums on chemical and rheological properties of sponge cakes. *Annals of Biological Research*. 3 (1), 589-594.
- [12] Pyghambari, S. H. (2009). Technology of cereal products, second volume. Publications of Tabriz University of Medical Sciences.
- [13] Pierce, M. Mand Walker, C.E. (1987). Addition of sucrose fatty acid ester emulsifiers to sponge cakes. *Cereal Chemistry*, 64, 222-225.
- [14] Lin, S.D., Hwang, C., Fand Yeh, C.H. (2003). Physical and sensory characteristics of chiffon cakes

- [33] Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M., Juszczak, 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. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.02.009
- [34] DeJong, G.A.H., Koppelman, S.J. (2006). Transglutaminase Catalyzed Reactions: Impact on Food Applications. *Journal of food science*, https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08819.x.
- [35] Renzetti, S., Dal Bello, F., Arendt, E.K. (2007). Impact of transglutaminase on the microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads made from different gluten-free flours. *Journal of Cereal Science*.
- [36] Cooke, D., Gidley, M. J. (1992). Loss of crystalline and molecular order during starch gelatinisation: origin of the enthalpic transition. *Carbohydrate research*, 227, 103 - 1.
- [37] Pietrasik, Z., Li-Chan, E. (2002). Binding and textural properties of beef gels as affected by protein, κ -carrageenan and microbial transglutaminase addition. *Food Res Int.* 35(1), 91-98.
- [38] Edoura-Gaena, R. B., Allais, I., Trystram, G., Gros, J-B. (2007). Influence of aeration conditions on physical and sensory properties of aerated cake batter and biscuits. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1020-1032.
- carpio Linn.) of three weight groups. *Food Science Technology Journal*, 48, 242 -245.
- [27] Pouresmaiel, N., Azizi, M. H., Abbasi, S., Mohammadi, M. (2011). Gluten free bread formulation by using guar and trans microbial glutaminase. *Journal of food science reserarches*, 21 (1),70 -81.
- [28] Ronda, F., Gomes, M., Blanco, C. A., Caballero, P. A. (2005). Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar free sponge cakes. *Journal of Food Chemistry*, 90, 549-55.
- [29] Rosell, C.M., Rojas, J.A., Benedito, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocoll.* 15, 75–8.
- [30] Mehrabanshndi, A. (2013). Study of physicochemical characteristics of glutenfree batter and sponge cake [dissertation]. Gorgan: Agricultural Sciences and Natural Resources, MSc. Faculty of Food Science and Engineering.
- [31] DesRochers, J.L., Seitz, K.,D., Walker, C.E. (2004). *Encyclopedia of Cereal Sciences*.Oxford Elsevier.129-133.
- [32] Poursafar, L. Peighambardoust, S.H. Alizadeh Shalchi, L. Shakuoie Bonab. E. and Rafat. S.A. (2012). Effect of the temperature and time of flour heat treatment on the quality characteristics of sponge cake. *EJFPP*, 2 (4):, 87- 104.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Production of low-calorie sponge cake using microbial transglutaminase enzyme and checking some of its thermometric, thermogravimetric and rheological properties

Sedigheh Yazdanpanah^{1*}, Mohsen Aabbasi²

1- Associate Professor, Department of Food Science and Industry, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran.

2- Graduated from Master's degree in Food Industry, Department of Food Science and Industry, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2024/9/22

Accepted: 2024/11/10

Keywords:

Fat replacement,
Low calorie,
Textural properties

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.24.

*Corresponding Author E-

yazdanpanah2004@gmail.com

ABSTRACT

Microbial transglutaminase is an enzyme from the group of transferases, which is widely used to modify the functional characteristics of proteins in various foods. The covalent bonds created by this enzyme have unique effects on gel formation capacity, thermal stability and water retention capacity in proteins. The purpose of this research was to investigate the effect of different amounts of microbial transglutaminase enzyme as a fat substitute on the thermometric, thermogravimetric and rheological characteristics of low-calorie sponge cake. For this purpose, seven different treatments were produced with 0, 25, 50 and 100% reduced fat, 10 ppm and 20 ppm transglutaminase enzyme. Based on the results, the maximum amount of protein (8.43%), apparent density (0.77 g/cm³), solid density (1.19 g/cm³), hardness (4033 g), adhesion (0.61 MJ), cohesion (0.73), gumminess (2943 g), second enthalpy and chewability (204.62 MJ) were observed in the treatment with 20 ppm enzyme and 100% reduced fat. The lowest free water was observed in the treatment containing 10 ppm enzyme with 25% reduced fat. The treatment with 10 ppm of enzyme and 50% reduced fat had the best taste, smell and color according to the evaluators. The amount of protein increased due to the presence of transglutaminase enzyme in the samples and its tissue characteristics improved. But reducing 100 percent of fat had a negative effect on the sensory properties of the produced product. Therefore, complete removal of fat is not recommended for the production of this product, but by using transglutaminase enzyme, fat can be reduced to a significant extent.



بررسی تأثیر پیش تیمارها و سطوح مختلف جایگزینی آرد دانه عدس بر روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج

نازنین طریقت خواه^۱، مهدی قره‌خانی^{۱*}

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

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ‌های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۱

کلمات کلیدی:

آرد دانه عدس،

کیک بدون گلوتن،

خیساندن- پوست‌گیری،

پختن،

برشته کردن.

این مطالعه با هدف ارزیابی اثرات پیش تیمارهای خیساندن- پوست‌گیری، پختن و برشته کردن دانه عدس بر روی ویژگی‌های عملکردی (قابلیت جذب آب و روغن و امولسیون کنندگی) آرد عدس و سپس انتخاب تیمار بهینه و جایگزینی آن با آرد برنج در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن و بررسی تأثیر آن بر خواص فیزیکی، کیفی و حسی کیک بدون گلوتن انجام شد. جایگزینی آرد دانه عدس با آرد برنج در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن، در سطوح (۳۰، ۵۰ و ۸۰ درصد) انجام شد. بررسی تأثیر پیش تیمارهای مختلف نشان داد که آرد عدس پخته شده دارای بالاترین مقدار جذب آب (۲/۰۰ درصد)، جذب روغن (۱/۳۸ درصد) و ظرفیت امولسیون کنندگی (۴۴/۶۰ درصد) بود. بر اساس نتایج به دست آمده آرد عدس پخته شده به عنوان تیمار بهینه انتخاب و در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که با افزایش مقدار جایگزینی آرد عدس دانسیته و قوام خمیر، میزان رطوبت، پروتئین و شاخص a^* کیک‌های تولیدی افزایش ولی میزان سفتی و شاخص‌های L^* و b^* کاهش یافت. از نظر پذیرش کلی، بررسی نتایج ارزیابی حسی توسط ارزیاب‌ها نیز موید این امر بود که استفاده از آرد عدس پخته شده تا ۵۰ درصد در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن تغییر قابل ملاحظه‌ای از دید ارزیاب‌ها نداشت به همین دلیل و با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان جایگزین نمودن ۵۰ درصد آرد عدس پخته شده را در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج پیشنهاد داد.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.42.

* مسئول مکاتبات:

m.gharekhani@iau.ac.ir

۱-مقدمه

کیک که یکی از محصولات نانوائی مهم به شمار می‌رود و تعریف آن در نقاط مختلف دنیا متفاوت است، اما با این حال اصطلاح کیک اشاره به محصولاتی دارد که به وسیله فرمولاسیون‌های مبتنی بر آرد گندم، شکر، تخم مرغ و مایعات (مانند شیر و آب) تهیه می‌شود و ممکن است به فرمولاسیون آن‌ها چربی یا روغن نیز اضافه شود. مقدار مایعات افزوده شده به فرمولاسیون کیک در حدی است که خمیری با ویسکوزیته پایین نسبت به خمیر نانوائی به دست آید. یک تفاوت کلیدی بین کیک و نان این است که کیک‌ها بیشتر در داخل قالب، ماهی‌تابه یا ظروف خاص به منظور نگهداری و شکل‌دهی به خمیر کیک پخته می‌شوند [۱]. کیک‌های بر پایه آرد برنج یکی از غذاهای با نشاسته زیاد محسوب می‌گردند که به صورت سنتی در کشورهای آسیایی مصرف می‌شوند و از اوایل دهه ۱۹۸۰ به دلیل مواد تشکیل دهنده آن، کالری کم‌تر و همچنین دارا بودن پروتئین‌هایی که فاقد گلوتن هستند در جوامع غربی در حال توسعه می‌باشد [۲ و ۳]. بیماری سلپاک یک آنژوپاتی (بیماری‌های روده‌ای) خودایمنی است که ناشی از آسیب پرزهای روده کوچک به دلیل قرار گرفتن در معرض گلوتن به وجود می‌آید، مطالعات نشان داده که بیش از ۰/۵ درصد مردم ساکن آسیا از این بیماری رنج می‌برند. بیماری سلپاک عوارض بالینی متنوعی دارد که گاهی اوقات تشخیص آن را دشوار می‌کند. در حالی که عوارض کلاسیک آن شامل علائم شکمی مانند اسهال مزمن، درد، استفراغ، اتساع و یبوست است، در سال‌های اخیر شاهد شناسایی اشکال غیر کلاسیک و بدون علامت این بیماری نیز بوده‌ایم. این عوارض غیر معمول، از جمله رشد ضعیف، کوتاهی قد، کم خونی، آرتریت و پوکی استخوان، می‌باشند [۴]. به‌طور کلی درمان بیماری سلپاک تنها بر پایه حذف دائمی غلات حاوی گلوتن (گندم، جو، چاودار و

یولاف) از رژیم غذایی و استفاده از غذاهای بدون گلوتن در سراسر طول عمر بیماری می‌باشد [۵]. بخش اعظمی از پروتئین گندم را گلوتن تشکیل می‌دهد که این امر استفاده از آن برای تولید محصولات عاری از گلوتن جهت استفاده توسط افراد مبتلا به بیماری سلپاک را محدود می‌کند. کاهش میزان گلوتن گندم با روش‌های به‌نژادی و یا حذف گلوتن از آرد گندم می‌تواند، راهکاری برای استفاده از آن در محصولات عاری از گلوتن باشد اما این امر سبب کاهش کیفیت فرآورده‌های تولید شده از آن می‌گردد [۶]. با توجه به نبود گلوتن در آردهای بدون گلوتن می‌توان از موادی به منظور تقلید از خواص گلوتن و یا تقویت آن به منظور بهبود کمیت و کیفیت این دسته از محصولات استفاده نمود. جایگزینی گلوتن با این ترکیبات، عمده‌ترین مشکل تکنولوژیکی می‌باشد. هیدروکلوئیدهای غذایی یا صمغ‌ها، بیوپلیمرهای هیدروفیلیک با وزن مولکولی بالا می‌باشند که به عنوان ترکیبات عملگرا در صنعت غذا مورد استفاده قرار می‌گیرند و مطالعات متعددی بیانگر استفاده از این ترکیبات در صنعت پخت می‌باشند. هیدروکلوئیدها به دلیل ویژگی‌های ساختاری و توانایی اتصال با آب، جایگزین مناسبی برای گلوتن، در تولید فرآورده‌های پختی فاقد گلوتن، محسوب می‌شوند. استفاده از غلات دیگر یا شبه غلات برای تولید بیسکوئیت، کیک و کلوچه عاری از گلوتن، راهکار دیگری است که پیشنهاد شده است. به هر حال استفاده از سایر غلات برای تولید اینگونه محصولات نیز می‌تواند خصوصیات و کیفیت فرآورده را تحت تأثیر قرار دهد [۷]. لذا در برخی از مطالعات به بهبود کیفیت اینگونه محصولات با مکمل‌سازی آن‌ها توسط ترکیبات مختلف پرداخته شده است [۸]. حبوبات خوراکی که منبع اصلی پروتئین‌های گیاهی در تغذیه انسان هستند، به دلیل ارزان بودن، در دسترس بودن آسان

ظرفیت جذب روغن کاهش یافت. افزودن آرد لوبیا قرمز باعث افزایش میزان خاکستر و پروتئین و کاهش محتوای کربوهیدرات، چربی و سفتی کیک‌ها گردید [۱۵]. جنونگ و همکاران (۲۰۲۱) نیز از سطوح مختلف آرد حبوبات در کیک استفاده نمودند و گزارشات آنها حکایت از تأثیر مثبت این ترکیبات بر خواص فیزیکوشیمیایی کیک داشت [۱۶]. هدف از این مطالعه تولید کیک بدون گلوتن با خواص کیفی و تغذیه‌ای مطلوب برای بیماران سلیاکی با استفاده از آرد دانه عدس پیش تیمار شده (به‌منظور بهبود خواص عملکردی آن) بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

برای انجام این پژوهش، دانه‌های عدس از بازار محلی شهرستان تبریز و آرد برنج نیز از مجتمع صنایع غذایی و کشاورزی گلها (تهران) خریداری شد.

۲-۲- اعمال پیش تیمارها بر روی دانه‌های عدس

در این تحقیق پیش تیمارهای خیساندن و پوست گیری، پخت و برشته کردن روی دانه عدس اعمال شد. برای پیش تیمار خیساندن و پوست گیری: ۱۰۰ گرم دانه عدس در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خیسانده شد، آب خیسانده دور ریخته شده و دانه‌ها با دست پوست شدند و سپس در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در آون الکتریکی (Memmert، آلمان) خشک گردیدند. برای پیش تیمار پختن: ۱۰۰ گرم دانه عدس در آب جوش ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر به مدت یک ساعت پخته شد و سپس در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در آون با هوای گرم به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. برای پیش تیمار برشته کردن: ۱۰۰ گرم دانه عدس با هم زدن مداوم به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد برشته شد. سپس تمامی دانه‌های عدس تیمار شده به‌دست آمده از سه روش فوق در آسیاب چکشی آزمایشگاهی آسیاب و الک (>۵۰ میکرومتر) شد [۱۷ و ۱۸].

و ارزش غذایی بالا، جایگزین مناسبی برای پروتئین‌های حیوانی است. در میان منابع گیاهی، حبوبات از جایگاه ویژه‌ای در رژیم غذایی انسان برخوردارند، زیرا دو تا سه برابر بیشتر از غلات پروتئین دارند [۹]. حبوبات از بهترین منابع پروتئین، فیبر غذایی و مواد معدنی بوده، در حالی که حاوی گلوتن نمی‌باشند [۱۰ و ۱۱]. عدس یکی از مهم‌ترین حبوبات سرمدوست می‌باشد که در ایران معمولاً به صورت دیم کشت می‌گردد. این گیاه با حدود ۲۸ درصد پروتئین، از حبوبات عمده در کشورهای در حال توسعه بوده و به‌عنوان مکملی برای غلات و منبعی مناسب جهت تأمین پروتئین و اسیدهای آمینه در رژیم غذایی مردم این کشورها محسوب می‌شود [۱۲]. طیف وسیعی از تکنیک‌های فرآوری مانند خیساندن، اتوکلاو کردن، پوست‌گیری، جوشاندن، پختن، جوانه‌زنی، تخمیر و فراصوت در تلاش برای افزایش سودمندی حبوبات برای اهدافی مانند افزایش ارزش غذایی و قابلیت هضم حبوبات استفاده می‌شود. خیساندن، جوانه‌زنی، تخمیر و اتوکلاو فرآیندهای اولیه‌ای هستند که بر کاهش یا حذف عوامل ضد تغذیه‌ای تأثیر می‌گذارند. علاوه بر این، عملیات حرارتی کنترل شده تضمین می‌کند که کربوهیدرات‌های موجود در حبوبات تا حدی ژلاتینه شده و قابلیت هضم را افزایش می‌دهد، عوامل ضد تغذیه‌ای را غیرفعال می‌کند و باعث افزایش دسترسی به اسیدهای آمینه ضروری در حبوبات می‌شود [۱۳ و ۱۴]. آرتاش (۲۰۲۱)، بهبود کیفیت کیک با استفاده از لوبیا قرمز با استفاده از روش‌های مختلف فرآوری سستی را بررسی نمود. این مطالعه با هدف ارزیابی اثرات افزودن آرد لوبیا قرمز در معرض خیساندن با پوست‌گیری، پختن و برشته کردن جایگزین آرد گندم بر خواص عملکردی، فیزیکی، کیفی و حسی کیک و در مقایسه با کیک شاهد انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که روش‌های فرآوری سستی بر خواص عملکردی آرد لوبیا قرمز تأثیر می‌گذارند، زیرا ظرفیت امولسیون و ظرفیت کف سازی افزایش ولی

۳-۲- بررسی ویژگی‌های عملکردی آردهای پیش تیمار شده

۳-۲-۱- ظرفیت جذب آب (WHC^۱) و ظرفیت جذب روغن (OHC^۲)

برای اندازه گیری ظرفیت جذب آب و روغن به طور خلاصه ۰/۱ میلی گرم نمونه با ۱ میلی لیتر آب مقطر یا روغن مخلوط شد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط هم زده شد و نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در ۶۰۰۰ g سانتیفریوژ (Thermo، ژاپن) شدند. پس از خروج سوپرناتانت، لوله‌ها به مدت ۲۵ دقیقه با زاویه ۴۵ درجه درون آون با دمای ۵۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد تا آب‌هایی که جذب سطحی شده‌اند، خارج شوند. با استفاده از اختلاف وزنی، درصد ظرفیت جذب آب یا روغن بر اساس گرم آب یا روغن جذب شده به ازای واحد گرم نمونه محاسبه شد [۱۹ و ۲۰].

۳-۲-۲- ظرفیت امولسیون کنندگی (EC^۳)

محلول حاصل از آرد عدس - آب مقطر (به نسبت ۱:۱۰ وزنی - وزنی) با دور ۴۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه سانتیفریوژ شد. حجم مساوی از مایع رویی و روغن آفتابگردان به مدت ۵ دقیقه با سرعت کم در مخلوط کن مخلوط و همگن شدند. مخلوط هموژن شده به یک استوانه اندازه گیری منتقل شد.

ظرفیت امولسیون کنندگی به صورت درصد حجم لایه امولسیون شده و ارتفاع کل محتوای استوانه بیان شد [۲۱].

۳-۲-۴- آماده سازی نمونه‌های کیک بدون گلوتن

در ابتدا به منظور تهیه خمیر کیک، روغن، پودر شکر و تخم مرغ با استفاده از یک همزن برقی با سرعت ۱۲۸ دور در دقیقه و در مدت زمان ۶ دقیقه مخلوط شدند تا یک کرم حاوی حباب‌های هوا ایجاد گردد. سپس آب و شربت اینورت به آن اضافه شد و عمل همزدن به مدت ۴ دقیقه ادامه یافت. در مرحله بعد بیکنینگ پودر و وانیل به آرد برنج (حاوی درصد‌های مختلف آرد عدس) اضافه گردید و مخلوط حاصل به صورت تدریجی به کرم افزوده شد. در نهایت با استفاده از یک قیف پارچه‌ای ۵۰ گرم از خمیر تهیه شده، درون کاغذهای مخصوص کیک که درون قالب-ها قرار گرفته بودند، ریخته شد. سپس عمل پخت در فر آزمایشگاهی با هوای داغ در دمای ۱۷۰ درجه سانتی گراد و به مدت زمان ۲۰ دقیقه انجام گردید. پس از سرد شدن، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی به منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی، بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند [۲۲]. تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش برای تهیه نمونه‌های کیک بدون گلوتن در جدول ۱ آورده شده است.

Table 1- The treatments used in this study

Abbreviations	Types of treatments
Control	Gluten-free cake made with rice flour
70R30L	Gluten-free cake prepared with a ratio of 70: 30 rice flour: lentil flour
50R50L	Gluten-free cake prepared with a ratio of 50: 50 rice flour: lentil flour
20R80L	Gluten-free cake prepared with a ratio of 20: 80 rice flour: lentil flour

بلافاصله بعد از تهیه خمیر کیک، حجم ۳۰ گرم از نمونه با استفاده از استوانه مدرج تعیین شد و میزان دانسیته خمیر از تقسیم وزن بر حجم خمیر محاسبه شد [۲۳].

۳-۲-۵- تعیین قوام خمیر

۳-۲-۵- تعیین ویژگی‌های خمیر کیک

۳-۲-۵-۱- تعیین دانسیته خمیر

3 -Emulsifying capacity

1 -Water holding capacity

2 -Oil holding capacity

جهت اندازه‌گیری حجم از روش جابه‌جایی دانه کلزا 10-05 AACC استفاده شد. در این روش دانه کلزا تا خط نشانه در محفظه فلزی ریخته و حجم آن یادداشت گردید. سپس هر یک از نمونه‌های کیک بدون گلوتن داخل محفظه خالی قرار داده و با سرعتی یکنواخت دانه کلزا درون آن ریخته و تا خط نشانه پر شد. باقیمانده دانه‌ها که نشان دهنده اختلاف حجم است، درون استوانه مدرج ریخته و حجم بر حسب میلی‌لیتر به‌دست آمد [۲۴].

۲-۶-۴- اندازه‌گیری شاخص‌های رنگی نمونه‌ها

به منظور رنگ سنجی نمونه‌های کیک بدون گلوتن از روش عکس‌برداری دیجیتال استفاده شد. به این صورت که نمونه‌های کیک که به صورت عرضی با ضخامت ۳ سانتی‌متر بریده شده بودند درون دستگاه شبیه ساز هانتربل با دیواره سفید (۶۰×۵۰×۵۰) که دو لامپ فلورسنت مخصوص با نور سفید درون آن قرار گرفته بود و توزیع نور کاملاً یکنواختی در آن وجود داشت، قرار گرفتند. عکس‌برداری توسط دوربین دیجیتالی در موقعیت عمود بر نمونه (با فاصله ۳۰ سانتی‌متر) انجام گرفت. تصاویر به‌دست آمده به نرم افزار فتوشاپ (Adobe Photoshop CC2018) منتقل و مولفه‌های رنگ آن‌ها محاسبه شد که در آن (L^*) از رنگ سیاه (۰) تا سفید (۱۰۰)، (a^*) از سبز (مقادیر منفی تا ۱۲۰-) تا قرمز (مقادیر مثبت تا ۱۲۰+)، و b^* از آبی (مقادیر منفی) تا زرد (مقادیر مثبت) می‌باشد [۲۵].

۲-۶-۵- بررسی سفتی بافت

ویژگی‌های بافتی به‌صورت آزمون آنالیز پروفایل بافت بر روی مغز نمونه‌های کیک بدون گلوتن انجام گرفت. برای انجام آزمون آنالیز پروفایل بافت، از دستگاه بافت‌سنج و پروب استوانه‌ای استفاده شد. نمونه‌های کیک پس از برش به ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه فشرده شدند و سپس سفتی مغز کیک در روزهای اول بعد از تولید مورد ارزیابی قرار گرفت [۲۶].

برای اندازه‌گیری قوام خمیر کیک، خمیر در قیفی با قطر داخلی دهانه گشاد ریخته شد. قیف بطور کامل با خمیر پر شده، سپس وزن خمیر خارج شده از قیف در مدت زمان ۱۵ ثانیه اندازه‌گیری و قوام خمیر برحسب گرم بر ثانیه گزارش شد [۲۳]. اعداد بزرگتر ثبت شده نشان دهنده قوام کمتر خمیر است.

۲-۶-۷- تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های کیک بدون گلوتن

۲-۶-۱- اندازه‌گیری مقدار رطوبت

برای تعیین مقادیر رطوبت نمونه‌های کیک بدون گلوتن از روش AACC 44-15A و دستگاه آن الکتریکی استفاده شد [۲۴].

۲-۶-۲- اندازه‌گیری مقدار پروتئین

پروتئین نمونه‌ها با استفاده از روش کج‌لدال AACC 46-12 اندازه‌گیری شد. بدین منظور یک گرم از نمونه‌های کیک در ظرف مخصوص هضم توزین شده و ۲۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد برای هضم نمونه افزوده شد و هضم کامل نمونه تا رسیدن به رنگ سبز شفاف ادامه یافت. پس از هضم کامل، تقطیر ازت انجام گرفت، برای این منظور ۳۰۰-۲۵۰ میلی‌لیتر آب و ۵۰ میلی‌لیتر NaOH به همراه پرل شیشه‌ای برای ممانعت از انفجار به محلول هضم شده، افزوده شد. یک ارلن حاوی ۵۰ میلی‌لیتر اسید بوریک و چند قطره معرف متیل رد در انتهای دستگاه تقطیر به نحوی که قسمت انتهایی دستگاه تقطیر به شکل کامل در اسید غوطه‌ور باشد، قرار داده شد و تقطیر تا رسیدن به حداقل حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر انجام گرفت. محلول حاصل با استفاده از اسید سولفوریک ۰/۱ N تا رسیدن به رنگ صورتی تیر و درصد پروتئین کل از رابطه ی ۱، محاسبه شد [۲۴].

$$\text{رابطه ۱)} \quad \text{مقدار پروتئین \%} = \frac{1.4007 \times 6.25 \times \text{نرمالیت اسید سولفوریک} \times \text{میلی لیتر اسید مصرفی}}{\text{وزن نمونه}} \times 100$$

۲-۶-۳- تعیین حجم نمونه‌های تولیدی

۲-۶-۶- ارزیابی حسی نمونه‌های تولیدی

برای تعیین پذیرش کلی نمونه‌های کیک بدون گلوتن، از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد. بدین ترتیب که نمونه‌های کیک، در روز اول پخت توسط تعدادی از ارزیاب‌های حسی آموزش دیده (۱۰ نفر) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای انجام این آزمون در حد فاصل آزمون تیمارهای مختلف از آب جهت درک بهتر ویژگی‌های حسی استفاده شد. در این آزمون عدد (۱) نشان دهنده پایین‌ترین امتیاز و عدد (۵) نشان دهنده بالاترین امتیاز است [۲۲].

۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق در وهله اول تاثیر پیش تیمارهای مختلف (خیساندن و پوست‌کنی، پختن و برشته کردن) بر ویژگی‌های عملکردی دانه‌های عدس در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. در وهله دوم آرد عدس بهینه انتخاب شده در فاز اول پژوهش به عنوان متغیر مستقل در سه سطح ۳۰، ۵۰ و ۸۰ درصد در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن به عنوان جایگزین آرد برنج مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز واریانس و مقایسه‌ی میانگین‌ها به ترتیب با جدول ANOVA و آزمون دانکن توسط نرم‌افزار SAS ورژن 9.4 انجام گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل ورژن ۲۰۱۹ صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

Table 2- The effect of the type of pretreatment on the measured characteristics of lentil flour

Characteristics	Soaked and peeled	Cooked	Roasted
%WHC	1.58±0.03 ^c	2.00±0.13 ^a	1.71±0.04 ^b
%OHC	1.10±0.01 ^b	1.38±0.02 ^a	1.35±0.06 ^a
%EC	37.30±0.25 ^b	44.60±0.21 ^a	44.42±0.16 ^a

Different lowercase letters within a row indicate significant differences in %5 level

۳-۲- ظرفیت جذب روغن

نتایج مربوط به ظرفیت جذب روغن نمونه‌های آرد عدس تیمار شده با فرایندهای مختلف در جدول ۲، آورده شده است. بر پایه نتایج به دست آمده نوع پیش تیمار تأثیر معنی‌داری بر پارامتر ظرفیت جذب روغن نمونه‌های آرد عدس

۳-۱- ظرفیت جذب آب

نتایج مربوط به جذب آب نمونه‌های آرد عدس پیش تیمار شده مختلف در جدول ۲، آورده شده است. بر پایه نتایج نوع پیش تیمار تأثیر معنی‌داری بر پارامتر جذب آب نمونه‌های آرد عدس داشت. بیشترین مقدار جذب آب اندازه‌گیری شده با میانگین ۲ درصد مربوط به آرد عدس پخته شده و کمترین مقدار اندازه‌گیری شده با میانگین ۱/۵۸ درصد مربوط به نمونه آرد عدس خیسانده و پوست کنی شده بود. به نظر می‌رسد در فرایند خیساندن و نیز پوست کنی خروج فیبر از ساختار دانه‌های عدس سبب کاهش در مقدار ظرفیت جذب آب نمونه‌ها شده است. از ویژگی‌های مهم فیبر، ظرفیت نگهداری آب آن است. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده اعمال فرایند حرارتی سبب افزایش در مقدار ظرفیت جذب آب نمونه‌ها شده است. با اعمال فرایندهای حرارتی (مرطوب و خشک) پروتئین‌های الیگومریک به واحدهای کوچکتر تجزیه شده و این واحدهای کوچکتر ظرفیت جذب آب بیشتری نسبت به پروتئین‌های الیگومریک دارند. نتایج مشابهی توسط وانی و همکاران (۲۰۱۷) در ارتباط با افزایش ظرفیت جذب آب شاه‌بلوط شیرین طی فرایند برشته کردن در تابه و مایکروویو مشاهده شد [۲۷]. در پژوهشی دیگر جوگیهالی و همکاران (۲۰۱۷) افزایش ظرفیت جذب آب نخود طی فرایند برشته کردن با مایکروویو را گزارش کردند [۲۸].

داشت. بیشترین مقدار ظرفیت جذب روغن اندازه‌گیری شده مربوط به آرد عدس پخته شده بود که اختلاف آماری معنی‌داری با نمونه برشته شده نداشت ($p > 0.05$) و کمترین مقدار اندازه‌گیری شده ظرفیت جذب روغن نیز مربوط به نمونه آرد عدس خیسانده و پوست کنی شده بود. در

نیز بر توانایی امولسیون آن‌ها تأثیر دارد. غلظت بالاتر پروتئین‌ها می‌تواند منجر به تشکیل امولسیون‌های پایدارتر شود. در مطالعه‌ای که توسط اوکاا و پوتر انجام شد، نشان داده شد که تیمارهای گرمایی می‌توانند با تجزیه پروتئین‌های بزرگ به واحدهای کوچکتر، بهبود حلالیت و ویژگی‌های امولسیون را به دنبال داشته باشند. همچنین، گلتا و همکاران (۲۰۱۹) گزارش داده‌اند که حذف پوست می‌تواند باعث افزایش در ظرفیت امولسیون پروتئین‌های نخود و باقلا نسبت به نمونه‌های خام شود. بنابراین، حلالیت، pH، تغییر شکل و غلظت پروتئین‌ها همگی به عنوان عوامل کلیدی در توانایی امولسیون پروتئین‌ها شناخته می‌شوند و هر یک به نحوی می‌توانند بر کیفیت و پایداری امولسیون‌ها تأثیر بگذارند [۳۱].

۳-۴- دانسیته خمیر کیک

نتایج حاصل از بررسی تغییرات دانسیته خمیر در نتیجه جایگزینی آرد برنج با آرد عدس پخته شده که در جدول ۳، آورده شده است حاکی از آن بود که با افزایش درصد آرد عدس در فرمولاسیون کیک‌های تولیدی میزان دانسیته خمیر افزایش یافت. نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج گزارش شده توسط گومز و همکاران (۲۰۰۸)، مطابقت دارد. این محققین گزارش کردند که به کار بردن فیبر سبب افزایش دانسیته خمیر می‌شود و این افزایش به میزان پودر اضافه شده بستگی دارد [۳۲]. لو و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که افزایش دانسیته خمیر با افزایش درصد جایگزینی را می‌توان به افزایش فیبر موجود در سبوس مربوط دانست، بنابراین با افزایش ظرفیت نگهداری آب سبوس، دانسیته خمیر کیک افزایش می‌یابد [۳۳]. روندا و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند قوام و دانسیته بالا باعث می‌شود مقدار هوای کمتری در خمیر حفظ شود [۳۴]. مجدوبی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که با افزایش مقدار سبوس به خمیر کیک، دانسیته خمیر افزایش می‌یابد [۳۵]. همچنین افزایش دانسیته خمیر کیک با به کار بردن فیبر جودوسر توسط مجدوبی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده است که ممکن است به دلیل به دام افتادن مقدار حباب‌های هوای کمتری در خمیر باشد [۳۶].

مطالعات پیشین نیز گزارش شده است که فرآیندهای حرارتی باعث افزایش مقادیر ظرفیت جذب آب در شاه‌بلوط شیرین [۲۷] و ماش سبز، لوبیای چشم‌بلبل، عدس و نخود [۲۹] می‌شود. همچنین در پژوهش انجام شده توسط ارتاش (۲۰۲۱) در ارتباط با تأثیر پیش تیمارهای خیساندن و پوست‌کنی، پختن و برشته کردن بر قابلیت جذب آب لوبیا قرمز، نتایج مشابه با این پژوهش به دست آمد. این پژوهشگر افزایش در ظرفیت جذب روغن را به تغییرات ساختاری در پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های آردها در اثر حرارت نسبت دادند که به ایجاد منافذ و فضاهای خالی در ساختار آردها کمک نموده و این فضاها می‌توانند روغن را به‌طور موثرتری جذب کنند [۱۵].

۳-۳- ظرفیت امولسیون کنندگی

جدول ۲، مشخص نمود که نوع پیش تیمار تأثیر معنی‌داری بر پارامتر ظرفیت امولسیون کنندگی نمونه‌های آرد عدس داشت. بیشترین مقدار ظرفیت امولسیون کنندگی اندازه‌گیری شده مربوط به آرد عدس پخته شده بود که اختلاف آماری معنی‌داری با نمونه برشته شده نداشت ($p > 0.05$) و کمترین مقدار ظرفیت امولسیون کنندگی نیز مربوط به نمونه آرد عدس خیسانده و پوست‌کنی شده بود. عواملی که بر توانایی امولسیون پروتئین‌ها تأثیر می‌گذارند شامل حلالیت، pH، تغییر شکل و غلظت هستند. این عوامل به‌طور مستقیم می‌توانند ویژگی‌های امولسیون پروتئین‌ها را تغییر دهند. پروتئین‌ها برای تشکیل امولسیون‌های پایدار باید در محیط مایع حل شوند. پروتئین‌های محلول بیشتر قادر به تشکیل امولسیون‌های بهتر هستند زیرا می‌توانند به‌طور یکنواخت در فاز مایع پخش شوند. pH محیط نیز بر توانایی امولسیون پروتئین‌ها تأثیر دارد. تغییرات pH می‌تواند باعث تغییر شکل پروتئین‌ها شود و ویژگی‌های امولسیون آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. تیمارهای گرمایی می‌توانند ساختار پروتئین‌ها را باز کنند و پروتئین‌های اولیگومر را به واحدهای کوچکتر تجزیه کنند. این تغییرات می‌توانند منجر به بهبود حلالیت و ویژگی‌های امولسیون پروتئین‌ها شوند [۳۰]. غلظت پروتئین

۳-۵- قوام خمیر

شده و نیز تعداد زیاد گروه هیدروکسیل موجود در ساختار فیبر، از طریق پیوندهای هیدروژنی با مولکولهای آب واکنش داده و با جذب آب موجود در فرمولاسیون خمیر باعث افزایش قوام خمیر می‌شود [۳۷]. محققین دیگری نیز افزایش شاخص قوام و کاهش شاخص جریان پذیری خمیر را با افزایش درصد جایگزینی آردهای حاوی مقادیر فیبر بالا، مشاهده و ظرفیت نگهداری آب ناشی از افزایش میزان فیبر را، دلیل اصلی این اتفاق معرفی کردند [۳۳ و ۳۸].

جدول ۳، نشان داد که جایگزینی آرد عدس پخته شده با آرد برنج سبب ایجاد تغییرات معنی‌داری در مقدار قوام خمیر شد. کمترین مقدار قوام خمیر مربوط به نمونه شاهد و بیشترین این مقدار مربوط به نمونه حاوی ۸۰ درصد آرد عدس پخته شده بود به عبارت دیگر با افزایش آرد عدس پخته شده در فرمولاسیون کیک‌های تولیدی قوام خمیر افزایش یافت. میزان پروتئین و فیبر بالا در آرد عدس پخته

Table 3- The effect of lentil flour percentage on some characteristics of cake Batter

Characteristics	Control	70R30L	50R50L	20R80L
Batter density(g/cm ³)	0.924±0.003 ^c	0.950±0.008 ^b	0.960 ±0.007 ^b	0.994 ±0.007 ^a
Batter consistency (N.S)	0.41±0.02 ^b	0.42±0.02 ^b	0.46±0.03 ^a	0.48±0.01 ^a

Different lowercase letters within a row indicate significant differences in %5 level

۳-۶- میزان رطوبت کیک‌های تولیدی

جدول ۴، مشخص نمود که با افزایش درصد آرد در فرمولاسیون کیک میزان پروتئین نمونه‌ها افزایش یافت. آرد عدس به دلیل داشتن محتوای پروتئین بالا، می‌تواند به عنوان یک جایگزین مغذی برای آرد برنج در محصولات بدون گلوتن استفاده شود. آرد برنج بیشتر به دلیل محتوای نشاسته بالای خود شناخته می‌شود و معمولاً پروتئین کمتری نسبت به آردهای دیگر دارد. محتوای پایین پروتئین در کیک‌های بدون گلوتن بر پایه آرد برنج می‌تواند به کاهش ارزش تغذیه‌ای محصول نهایی منجر شود. آرد عدس علاوه بر پروتئین بالا، دارای اسیدهای آمینه ضروری نیز می‌باشد که به ارزش تغذیه‌ای کیک می‌افزاید [۴۱ و ۴۲]. جایگزینی نسبی آرد برنج با آرد عدس باعث بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای کیک شده و می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر برای افزایش محتوای پروتئین در محصولات بدون گلوتن مورد استفاده قرار گیرد. افزایش در مقدار پروتئین محصولات بدون گلوتن با افزودن موادی نظیر باکویت [۴۳] و چیا [۴۴] نیز گزارش شده است.

جدول ۴، نشان داد که با افزایش درصد آرد عدس در فرمولاسیون کیک‌های تولیدی میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی افزایش یافت. این افزایش را می‌توان به دلیل محتوای بالای فیبر و پروتئین آرد عدس نسبت داد که توانایی نگهداری آب بیشتری دارند. دلیل دیگر این امر را می‌توان به تجزیه پروتئین‌ها در حین فرایند حرارتی و تولید پپتیدهای با قابلیت جذب آب بیشتر و نیز اسیدهای آمینه هیدروفیلیک نسبت داد [۳۹ و ۴۰]. این افزایش رطوبت می‌تواند به بهبود بافت کیک‌ها و افزایش تازگی آن‌ها منجر شود. با این حال، باید توجه داشت که افزایش رطوبت ممکن است تأثیراتی بر دیگر ویژگی‌های کیک مانند طعم، بافت و زمان ماندگاری داشته باشد که نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد. آرتاش و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تأثیر افزودن آرد لوبیا به فرمولاسیون کیک بدون گلوتن، افزایش در محتوای رطوبتی نمونه‌های کیک را گزارش نمودند [۱۵].

۳-۷- میزان پروتئین نمونه‌های تولیدی

Table 4- The effect of lentil flour percentage on some characteristics of cake

Characteristics	Control	70R30L	50R50L	20R80L
Moisture content (%)	17.90±0.30 ^c	18.50±0.26 ^b	18.83 ±0.37 ^b	20.36 ±0.25 ^a
Protein content (%)	6.12±0.08 ^c	6.94±0.15 ^b	7.15±0.05 ^b	7.73±0.14 ^a
Volum (cm ³)	105.60±0.69 ^c	111.00±1.51 ^b	115.30±0.74 ^a	110.31±1.12 ^b
Hardness (N)	5.18±0.58 ^a	3.21±0.38 ^b	2.02±0.31 ^c	1.97±0.38 ^c

Different lowercase letters within a row indicate significant differences in %5 level

۳-۸- حجم نمونه‌های کیک بدون گلوتن

نتایج حاصل از تحقیقات نشان داد که یک خمیر کیک خوب، برای جلوگیری از به سطح آمدن و خروج حباب‌های هوای وارد شده به خمیر در طی فرآیند مخلوط سازی و گاز دی-اکسید کربن تولید شده از پودر نانوائی مورد استفاده در فرمولاسیون در مراحل اولیه پخت، باید ویسکوزیته و قوام مناسبی داشته باشد. همچنین تشکیل کیک باید به گونه‌ای باشد که حباب‌های هوا زمان کافی برای توسعه مناسب و انبساط از طریق گاز دی اکسید کربن و بخار آب، ناشی از مایعات فرمولاسیون را داشته باشند. بنابراین کیک حاصل ساختار بسیار متخلخل و مطلوبی خواهد داشت [۴۵]. با توجه به جدول ۴، نتایج حاصل از مقایسه تغییرات حجم موید وجود تغییرات معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی بود ($P < 0.05$). مقادیر حجم در محدوده $115/30 \text{ cm}^3$ - $105/60$ قرار داشت که کمترین مقدار با میانگین $105/60 \text{ cm}^3$ مربوط به تیمار شاهد بود، در حالی که بیشترین مقدار این شاخص مربوط به تیمار حاوی ۵۰ درصد آرد عدس پخته شده با میانگین $115/30 \text{ cm}^3$ بود. حجم کیک نشان دهنده میزان گاز دی اکسید کربن و آمونیاک تولید شده در اثر افزودن عوامل حجم دهنده شیمیایی مورد استفاده در فرمول خمیر و گستره تغییرات آن‌ها در مغز کیک در طول پخت می‌باشد. ترکیبات جاذب الرطوبه و افزودنی‌های شرکت کننده در فرایند پخت کیک تعیین کننده این ویژگی می‌باشند. به علت خاصیت حفظ آب توسط فیبرهای موجود در آرد عدس پخته شده، سفتی خمیر کیک کم شده و در نتیجه حباب‌های هوای بیشتری قادر به ورود به کیک هستند و در نتیجه تا تیمار ۵۰ درصد آرد عدس پخته شده حجم کیک افزایش یافته است [۴۲]. همچنین علاوه بر این گومز و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که حجم نهایی حاصل از کیک‌ها اساساً بستگی به مقدار هوای اولیه در کیک ندارد بلکه به توانایی سیستم خمیر در نگهداری هوا، طی مرحله پخت نیز وابسته است. بر این اساس افزایش مقدار پروتئین در محصولات بدون گلوتن باعث ایجاد استحکام کافی در محصول گشته و در حین پخت با انبساط مناسب از پاره شدن

دیواره حبابچه‌های گازی جلوگیری کرده و منجر به بهبود حجم و حجم‌ویژه نان‌های تولیدی می‌گردد [۳۲]. آرتاش (۲۰۲۱) نتایج مشابه با این پژوهش را گزارش کرد. این پژوهشگران با بررسی تأثیر استفاده از آرد دانه لوبیا پخته شده در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن، افزایش در حجم کیک-های تولیدی را گزارش نمودند [۱۵].

۳-۹- ارزیابی سفتی بافت نمونه‌های کیک بدون گلوتن

شاخص سفتی بیانگر بیشینه نیرو در حالت فشردگی و یا مقاومت مغز کیک به تغییر شکل می‌باشد. که به عنوان یکی از ویژگی‌های مهم بافتی مطرح است. این شاخص بیانگر ثبات و استحکام مغز کیک است و درجه این استحکام و افزایش آن با گذشت زمان عامل مهمی در ارزیابی بیاتی آن است [۴۶]. به احتمال زیاد علت اصلی بیاتی محصولات بدون گلوتن کاهش رطوبت و مهاجرت آسان‌تر آن از مغز به پوسته که در نتیجه عدم حضور گلوتن است می‌باشد، و عوامل نگهدارنده و افزایش دهنده رطوبت در محصول تولیدی می‌تواند اثر قابل توجهی در به تأخیر انداختن بیاتی داشته باشد [۴۷]. نتایج آنالیز داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که استفاده از آرد عدس پخته شده در کیک بدون گلوتن تا سطح ۵۰ درصد جایگزینی باعث کاهش معنی‌داری در مقادیر سفتی مغز نمونه‌های کیک شد. کاهش سفتی بافت کیک در اثر افزودن آرد عدس پخته شده دلایل مختلفی می‌تواند داشته باشد. تیمارهای با حجم بالاتر مقدار سفتی کمتری را نشان دادند. در نتیجه یک ارتباط منفی بین حجم و سفتی بافت مغز کیک مشاهده شد و سفتی خیلی زیاد منعکس کننده حجم خیلی کم نمونه‌هاست. علت این امر اختلال در فرآیند تخمیر و شبکه نگهدارنده گاز و به طبع آن کاهش حجم و فشردگی شدن بافت محصول نهایی می‌باشد که به موجب آن نیروی لازم جهت پاره شدن بافت نمونه افزایش می‌یابد. با توجه به حجم بالاتر نمونه‌های حاوی آرد عدس پخته شده، یکی از دلایل کاهش در مقدار سفتی در این تیمارها، حجم بالاتر آن‌ها بود. تغییرات ساختاری که در مغز رخ می‌دهد به واکنش‌های متقابل بین نشاسته و دیگر ترکیبات مرتبط است. در محصولات پخت بر پایه گندم نقش اصلی را گلوتن بازی

تغییرات رنگی محسوس تا حد زیادی قابل پیش‌بینی بود. بنابراین علت کاهش در مقدار روشنایی نمونه‌ها با افزایش درصد آرد عدس پخته شده را می‌توان به تیره بودن رنگ آرد عدس نسبت به آرد برنج نسبت داد. یکی از واکنش‌های تأثیرگذار در تشکیل رنگ پوسته محصولات آردی، واکنش میلارد (قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی) می‌باشد. با توجه به محتوای بالاتر مقدار پروتئین آرد عدس پخته شده نسبت به آرد برنج، تشدید در واکنش نیز تا حدودی می‌تواند علت تغییرات رنگی در پوسته نمونه‌های کیک بدون گلوتن حاوی آرد عدس پخته شده نسبت به نمونه کنترل باشد. در ارتباط با پارامتر a^* که نشان‌دهنده طیف رنگ از قرمز تا سبز است. با توجه به استفاده از آرد عدس پخته شده، مطابق انتظار مقدار a^* به سمت مقادیر منفی حرکت نمود. این امر در واقع نشان‌دهنده متمایل شدن رنگ کیک به سمت سبز است. با افزایش درصد آرد عدس پخته شده، شدت این سبزی بیشتر گردید، زیرا ترکیبات رنگی موجود در آرد عدس پخته شده به ترکیب رنگ کلی کیک افزوده می‌گردد. همچنین این تغییرات رنگی می‌تواند به علت حضور رنگدانه‌های کلروفیل در آرد عدس پخته شده باشد که به رنگ سبز و تیره‌تر شدن نمونه کیک بدون گلوتن کمک می‌کند. آرد عدس پخته شده معمولاً رنگی زردتر یا متمایل به سبز دارد، بنابراین جایگزینی آرد برنج با آرد عدس سبز باعث افزایش مقدار b^* در نمونه‌های کیک بدون گلوتن شد و کیک به رنگ زردتر یا سبزتر متمایل گردید. این تغییرات به ویژه در درصدهای بالاتر آرد عدس پخته شده (۵۰ و ۸۰ درصد) قابل توجه‌تر بود. گولهان و کاراکا (۲۰۲۳) در بررسی پارامترهای رنگی نمونه‌های کیک مافین، نتایج مشابه با پژوهش حاضر را گزارش نمودند [۵۲].

می‌کند اما در محصولات بدون گلوتن ترکیبات پلی ساکاریدی نقش اساسی‌تری در ساختار کیک نسبت به پروتئین دارند [۴۸]. استفاده کردن از آرد و یا افزودنی‌های حاوی مقدار فیبر بالا موجب افزایش ظرفیت جذب آب و متورم شدن سلول‌های خمیر در حین پخت می‌گردد [۴۹].

۳-۱۰- پارامترهای رنگی کیک‌های تولیدی

رنگ یکی از مهمترین پارامترهای کیفی می‌باشد که منعکس کننده نوع ترکیبات اولیه به‌کار رفته در تهیه محصول و نیز شرایط اعمال شده جهت فراوری آن می‌باشد [۵۰]. به دلیل استفاده از مواد اولیه ارزان قیمت (انواع نشاسته‌های به‌دست آمده از منابع گیاهی) در فرمولاسیون محصولات بدون گلوتن، این محصولات فاقد رنگ مورد پسند از دیدگاه مصرف‌کننده می‌باشد [۵۱]. نتایج مربوط به اندازه‌گیری مولفه‌های رنگی پوسته کیک‌های بدون گلوتن در جدول ۵، آورده شده است. مقدار آرد عدس پخته شده موجود در فرمولاسیون باعث ایجاد تغییرات رنگ محسوسی در پارامترهای رنگی پوسته نمونه‌های کیک بدون گلوتن شد. بررسی نتایج به‌دست آمده در مورد پوسته کیک‌های بدون گلوتن نشان داد که افزودن آرد عدس پخته شده باعث کاهش در مقادیر اندیس روشنایی (L^*) و اندیس زردی (b^*) و افزایش در اندیس قرمزی (a^*) گردید. رنگ نهایی محصولات آردی، حاصل واکنش‌های فیزیکوشیمیایی پیچیده بین پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها در حین پخت می‌باشد. علاوه بر این فرمولاسیون کیک بدون گلوتن نیز یک عامل تأثیرگذار در رنگ نهایی محصول است. با توجه به ماهیت رنگی آرد عدس پخته شده که نسبت به آرد برنج مورد استفاده در فرمولاسیون دارای رنگ تیره‌تری می‌باشد، بروز

Table 5- The effect of lentil flour percentage on cake color parameters

Characteristics	Control	70R30L	50R50L	20R80L
L^*	51.00±2.00 ^a	38.44±1.52 ^b	32.27±2.08 ^c	27.66±1.57 ^d
a^*	3.33±1.48 ^d	8.24±1.00 ^c	10.54±0.48 ^b	16.70±1.52 ^a
b^*	29.00±1.64 ^a	25.33±1.78 ^b	21.33±1.52 ^c	14.00±1.00 ^d

Different lowercase letters within a row indicate significant differences in %5 level

در صنعت غذا پذیرش و مقبولیت یک فرآورده از سوی مصرف‌کنندگان، تضمین کننده تولید آن فرآورده و تداوم

۳-۱۱- پذیرش کلی

آماري معنی‌داری با نمونه‌های حاوی ۵۰ درصد آرد عدس و نمونه شاهد نداشت (شکل ۱). گولهان و کاراکا (۲۰۲۳) نیز مشابه نتایج این بخش بیان داشتند که افزودن آرد عدس تا سطح ۳۰ درصد به فرمولاسیون مافین‌های تولیدی تغییر قابل ملاحظه‌ای بر خواص حسی محصولات تولیدی از دید ارزیاب‌ها نداشت [۵۲].

حضور آن در بازار مصرف است. بنابراین ارزیابی ویژگی‌های حسی در انتخاب بهترین فرمولاسیون، نقش اساسی دارد. از نظر پذیرش کلی، بررسی نتایج ارزیابی حسی توسط ارزیاب‌ها نیز موید این امر بود که استفاده از آرد عدس پخته شده تا ۳۰ درصد در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن توانست امتیاز بیشتری از ارزیاب‌های حسی دریافت کند که اختلاف

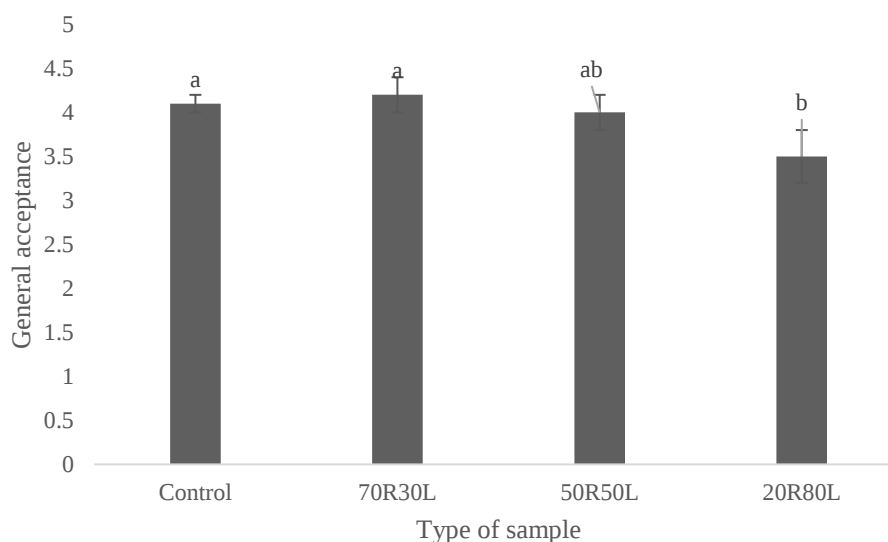


Figure 1- The effect of the percentage of lentil flour on the general acceptance of gluten-free cakes based on rice flour

پخته شده در سطوح مختلف به جای آرد برنج سبب افزایش در دانسیته و قوام نمونه‌های خمیر شد. از نظر ویژگی‌های تغذیه‌ای نیز نتایج نشان داد که جایگزینی آرد عدس پخته شده به جای آرد برنج در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن به طور موثری می‌تواند محتوای پروتئین محصول نهایی را افزایش دهد. بررسی ویژگی‌های تکنولوژیکی نیز نشان داد که استفاده از تا ۵۰ درصد آرد عدس پخته شده در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن می‌تواند سبب بهبود خواص کیفی و پذیرش کلی نمونه‌ها گردد.

۵-منابع

۴- نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اهداف این مطالعه، در ارتباط با پیش تیمارهای انجام شده روی دانه‌های عدس که شامل خیساندن و پوست‌گیری، پختن و برشته کردن، نتایج به‌دست آمده نشان داد که پیش‌تیمارهای پختن و برشته کردن (اعمال فرایند حرارتی مرطوب و خشک) در مقایسه با فرایند خیساندن و پوست‌گیری سبب بهبود ویژگی‌های عملکردی آرد دانه عدس از نقطه نظر جذب آب و روغن و ظرفیت امولسیون‌کنندگی شد. بعد از بررسی خواص عملکردی، آرد دانه عدس پخته شده به عنوان تیمار بهینه انتخاب و در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن در سطوح مختلف مورد استفاده قرار گرفت. بررسی خواص خمیر کیک بدون گلوتن حاکی از این بود که افزایش درصد جایگزینی آرد دانه عدس

- [1] Cauvain, S.P. 2003. Nature of cakes. Campden a Chorleywood Food Research Association. 751-756.
- [2] Gujral, H.S., Haros, M. and Rosell, C.M. 2003. Starch hydrolyzing enzymes for retarding the staling of rice bread. *Cereal Chemistry*. 80(6): 750-754.
- [3] Kum, J. 2001. Globalism and commercialization of Korean traditional rice products. *Food Industry and Nutrition*. 6(3): 11-22.
- [4] Shah, S., Shahzad, F., Hashim, M., Saba, N. E., Haq, R. U. and Haq, I. U. 2024. Celiac disease with exocrine pancreatic insufficiency and dilated cardiomyopathy in pediatric patient: A rare case report. *Gastroenterology & Endoscopy*. 2(4): 153-156.
- [5] Elke, K. A. and Dal Bello, F. 2008. The gluten free cereal products and beverages. Elsevier Inc, pp. 385-394.
- [6] Rai, S., Kaur, A. and Chopra, C.S. 2018. Gluten-free products for celiac susceptible people. *Frontiers in nutrition*. 5, 116.
- [7] Arendt, E. K. and Dal Bello, F. 2008. Gluten-free cereal products and beverages. Academic Press.
- [8] Turabi, E., Sumnu, G. and Sahin, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*. 22: 305-312.
- [9] Arnoldi, A., Boschini, G., Zanoni, C. and Lammi, C. 2015. The health benefits of sweet lupin seed flours and isolated proteins. *Journal of Functional Foods*. 18: 550-563.
- [10] Farzaneh, V., Ghodsvali, A., Bakhshabadi, H., Ganje, M., Dolatabadi, Z. and S. Carvalho, I. 2017. Modelling of the selected physical properties of the Fava bean with various moisture contents Using Fuzzy logic design. *Journal of Food Process Engineering*, 40(2), e12366.
- [11] Duodu, K.W. and Minnaar, A. 2011. Legume composite flours and baked goods: Nutritional, functional, sensory, and phytochemical qualities. In V. R. Preedy, R. R. Watson, & V. B. Patel (Eds.), *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention* (pp. 193-203). New York: Academic Press.
- [12] Gharekhani, M. And Mostafazadeh, B. 2021. Optimization of Producing Gluten Free Brotchen Bread Based on Corn Containing Lentils Flour and Mucilage to the Quince Seeds. *Innovation in Food Science and Technology (Journal of Food Science and Technology)*. 13(2): 119-133. (In Persian).
- [13] 13- Ertaş, N. and Bilgiçli, N. 2014. Effect of different debittering processes on mineral and phytic acid content of lupin (*Lupinus albus* L.) seeds. *Journal of Food Science and Technology*. 51(11): 3348-3354.
- [14] 14- Rehman, Z. and Shah, W. H. 2005. Thermal heat processing effects on antinutrients, protein and starch digestibility of food legumes. *Food Chemistry*. 91(2): 327-331.
- [15] 15- Ertaş, N. 2021. Improving the cake quality by using red kidney bean applied different traditional processing methods. *Journal of Food Processing and Preservation*. 45(6), e15527.
- [16] 16- Jeong, D., Hong, J.S., Liu, Q., Choi, H.D. and Chung, H. J. 2021. The effects of different levels of heat-treated legume flour on nutritional, physical, textural, and sensory properties of gluten-free muffins. *Cereal Chemistry*. 98(2): 392-404.
- [17] 17- Liberal, Â., Fernandes, Â., Ferreira, I.C., Vivar-Quintana, A.M. and Barros, L. 2024. Effect of different physical pre-treatments on physicochemical and techno-functional properties, and on the antinutritional factors of lentils (*Lens culinaris* spp). *Food Chemistry*. 450: 139293.
- [18] 18- Ozolina, K., Beitane, I., Radenkovs, V., Straumite, E., Valdovska, A. and Muizniece-Brasava, S. 2023. The Evaluation of Roasted Lentils (*L. culinaris* L.) Quick Meals as An Alternative to Meat Dishes. *Foods*. 13(1):99. doi: 10.3390/foods13010099.
- [19] 19- de la Hera, E., Gomez, M. and Rosell, C.M. 2013. Particle size distribution of rice flour affecting the starch enzymatic hydrolysis and hydration, properties. *Carbohydrate Polymers*. 98: 421-427.
- [20] 20- Dehghani, M. and Zamindar, N. 2023. Optimization of Water and Oil Absorption Capacity of Bilesavar Lentil Protein by Response Surface Method. *Journal of food science and technology (Iran)*. 19(133): 69-78.

- [21] Badia-Olmos, C., Sánchez-García, J., Laguna, L., Zúñiga, E., Haros, C.M., Andrés, A.M. and Tarrega, A. 2024. Flours from fermented lentil and quinoa grains as ingredients with new techno-functional properties. *Food Research International*. 177, 113915.
- [22] Ghaemi, P., Arabshahi Delouee, S. and Alami, M. 2022. Effect of whey protein concentrate, soy protein isolate and basil seed gum on some physicochemical and sensory properties of rice flour based gluten-free batter and cake." *Journal of food science and technology (Iran)*. 127: 139-154.(In Persian).
- [23] Pierce, M.M. and Walker, C.E. 1987. Addition of sucrose fatty acid ester emulsifiers to sponge cakes. *Cereal Chemistry*. 64(4): 222-225.
- [24] AACC. 2000. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC (10th ed.).
- [25] Sarmasti, M., Mojani-Qomi, M.S. and Zolfaghari, M.S. 2023. Preparation and quality characteristics of gluten-free sponge cake using alfalfa seed (*Medicago sativa* L.) flour. *Journal of Food and Bioprocess Engineering*. 6(1): 43-48.
- [26] Ghaemi, P., Arabshahi-Delouee, S., Aalami, M. and Hosseini Ghaboos, S.H. 2024. The Effect of Whey Protein Concentrate, Soy Protein Isolate, and Xanthan Gum on Textural and Rheological Characteristics of Gluten-Free Batter and Cake. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2024(1): 5571107.
- [27] Wani, I.A., Hamid, H., Hamdani, A.M., Gani, A. and Ashwar, B. A. 2017. Physico-chemical, rheological and antioxidant properties of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) as affected by pan and microwave roasting. *Journal of Advanced Research*. 8(4): 399-405.
- [28] Jogihalli, P., Singh, L. and Sharanagat, V.S. 2017. Effect of microwave roasting parameters on functional and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum*). *LWT-Food Science and Technology*. 79: 223-233.
- [29] Ghavidel, R.A. and Prakash, J. 2006. Effect of germination and dehulling on functional properties of legume flours. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(8), 1189-1195.
- [30] Peng, W., Kong, X., Chen, Y., Zhang, C., Yang, Y. and Hua, Y. 2016. Effects of heat treatment on the emulsifying properties of pea proteins. *Food Hydrocolloids*. 52: 301-310.
- [31] Geleta, G. A. and De Meulenaer, B. 2019. The effect of peeling and cooking processes on nutrient composition of Oromo dinich (*Plectranthus edulis*) tuber. *Food Research International*. 116: 387-396.
- [32] Gomez, M., Oliete, B., Rosell, C.M., Pando, V. and Fernandez, E. 2008. Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends. *LWT-Food Science and Technology*. 41: 1701-1709.
- [33] Lu T.-M., Lee C.-C., Mau J.-L. and Lin S.-D. 2010. Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food Chemistry*. 119(3): 1090–1095.
- [34] Ronda, F., Oliete, B., Gómez, M., Caballero, P. A. and Pando, V. 2011. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. *Journal of Food Engineering*. 102(3): 272-277.
- [35] Majzoobi, M., Sharifi, S., Imani, B. and Farahnaky, A. 2013. The effect of particle size and level of rice bran on the batter and sponge cake properties. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 15: 1175-11834.
- [36] Majzoobi M., Habibi M., Hedayati S., Ghiasi F., and Farahnaky A., Effects of commercial oat fibre on characteristics of batter and sponge cake, *Journal of Agriculture Science and Technology*. 17: 99–107.
- [37] Pasqualone, A., Costantini, M., Labarbuta, R. and Summo, C. 2021. Production of extruded-cooked lentil flours at industrial level: Effect of processing conditions on starch gelatinization, dough rheological properties and techno-functional parameters. *LWT-Food Science and Technology*. 147. 111580.
- [38] Fendri, L. B., Chaari, F., Maaloul, M., Kallel, F., Abdelkafi, L., Chaabouni, S.E. and Ghribi-Aydi, D. 2016. Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread

- quality. *LWT-Food Science and Technology*. 73: 584-591.
- [39] Najib, T., Heydari, M.M., Tu, K., Vu, M. and Meda, V. 2023. Protein structural changes in lentil flour during soaking/germination and thermal treatments: Indication of nutritional and functional properties. *Food Chemistry Advances*. 3, 100475.
- [40] Aghababaei, F., McClements, D.J., Pignitter, M. and Hadidi, M. 2024. A comprehensive review of processing, functionality, and potential applications of lentil proteins in the food industry. *Advances in Colloid and Interface Science*, 103280.
- [41] Koubaier, H.B.H., Snoussi, A., Essaidi, I., Chabir, M. and Bouzouita, N. 2015. Cake quality evaluation made of wheat-lentil flour blends. *Journal of New Sciences*. 29(17): 937-942.
- [42] de la Hera, E., Ruiz-París, E., Oliete, B. and Gómez, M. 2012. Studies of the quality of cakes made with wheat-lentil composite flours. *LWT-Food Science and Technology*. 49(1): 48-54.
- [43] Costantini, L., Lukšič, L., Molinari, R., Kreft, I., Bonafaccia, G., Manzi, L. and Merendino, N. 2014. Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. *Food chemistry*. 165: 232-240.
- [44] da Costa Borges, V., Fernandes, S. S., da Rosa Zavareze, E., Haros, C. M., Hernandez, C. P., Dias, A. R. G. and de las Mercedes Salas-Mellado, M. 2021. Production of gluten free bread with flour and chia seeds (*Salvia hispânica* L). *Food Bioscience*. 43. 101294.
- [45] Asamoah, E.A, Le-Bail, A., Oge, A., Queveau, D., Rouaud, O. and Le-Bail, P. 2023. Impact of Baking Powder and Leavening Acids on Batter and Pound Cake Properties. *Foods*. 12(5):946. doi: 10.3390/foods12050946.
- [46] Dou, X., Lv, M., Ren, X., He, Y., Liu, L., Zhang, G. and hua Yang, C. 2023. Test conditions of texture profile analysis for frozen dough. *Italian Journal of Food Science*. 35(4): 58-68.
- [47] El Khoury, D., Balfour-Ducharme, S. and Joye, I. J. 2018. A review on the gluten-free diet: Technological and nutritional challenges. *Nutrients*. 10(10): 1410.
- [48] Ziobro, R., Witczak, T., Juszcak, L. and Korus, J. 2013. Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic. *Food Hydrocolloids*. 32(2): 213-220.
- [49] Liu, N., Ma, S., Li, L. and Wang, X. 2019. Study on the effect of wheat bran dietary fiber on the rheological properties of dough. *Grain & Oil Science and Technology*. 2(1): 1-5.
- [50] Spence, C., Levitan, C.A., Shankar, M.U. and Zampini, M. 2010. Does food color influence taste and flavor perception in humans? *Chemosensory perception*. 3: 68-84.
- [51] Santos, F. G., Fratelli, C., Muniz, D.G. and Capriles, V.D. 2018. Mixture design applied to the development of chickpea-based gluten-free bread with attractive technological, sensory, and nutritional quality. *Journal of food science*. 83(1): 188-197.
- [52] Gülhan, M.E. and Karaça, A.C. 2023. Effects of lentil flour on the quality of gluten-free muffins. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*. 25(74): 287-302.



Scientific Research

Investigating the effect of pretreatments and different levels of lentil seed flour replacement on the physicochemical and sensory characteristics of gluten-free cake based on rice flour

Nazanin Tarighatkah¹, Mehdi Gharekhani^{1*}

1-Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2024/10/10 Accepted:2024/12/11	This study aims to evaluate the effects of pre-treatments such as soaking-peeling, cooking, and roasting lentil seeds on the functional characteristics (water and oil absorption, and emulsification) of lentil flour. The optimal treatment was then selected and replaced with rice flour in gluten-free cake formulation to investigate its effects on functional, physical, qualitative, and sensory properties of the cake. Lentil seed flour was replaced with rice flour at levels of 30%, 50%, and 80%. The examination of different pretreatments revealed that cooked lentil flour exhibited the highest water absorption (2.00%), oil absorption (1.38%), and emulsification capacity (44.60%). Cooked lentil flour was chosen as the optimal treatment and incorporated into the gluten-free cake formulation. Results showed that increasing the amount of lentil flour replacement led to higher density, consistency of the dough, moisture, protein, and a* index of the cakes, while hardness, L* and b* indices decreased. Sensory evaluation results indicated that up to 50% replacement with cooked lentil flour did not significantly alter general acceptance. Therefore, based on the study's findings, it is suggested to replace 50% of rice flour with cooked lentil flour in gluten-free cake formulation.
Keywords: lentil seed flour, gluten-free cake, soaking-peeling, cooking, roasting.	
DOI: 10.22034/FSCT.22.161.42. *Corresponding Author E- m.gharekhani@iau.ac.ir	



اثر جایگزینی دی اکسید گوگرد با نانو اکسیدروی بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی کشمش تولیدی

وحید جمالی^۱، آریو امامی فر^{۲*}، هادی بیگی نژاد^۳، محمد مرادی^۳، موسی رسولی^۴

۱- دانشجوی دکتری مهندسی علوم و صنایع غذایی - شیمی مواد غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۳- دانشیار، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

۴- دانشیار، گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۸/۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۱

کلمات کلیدی:

پوشش دهی،
دی اکسید گوگرد،
کشمش،
نانو اکسیدروی.

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر پوشش دهی انگور با افشاندن غلظت های متفاوت نانو ذرات اکسیدروی (۰/۵ و ۱ گرم در لیتر) در دو مرحله قبل و پس از برداشت در مقایسه با روش گازدهی انگور تازه برداشت شده با دی اکسید گوگرد (۲/۵، ۳/۵ و ۴/۵ گرم گوگرد در هر کیلوگرم انگور) بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی کشمش تولیدی بود. انگورها به روش آفتابی خشک شدند و ویژگی های فیزیکوشیمیایی درصد رطوبت، مقدار pH، مقدار aw، درصد اسیدیته، دی اکسید گوگرد آزاد، دی اکسید گوگرد کل و ویژگی های حسی کشمش تولیدی پس از یکنواخت شدن رطوبت با روش فاکتوریل و بر اساس طرح آماری کاملاً تصادفی ارزیابی گردید. پوشش دهی انگور قبل و پس از برداشت با نانو ذرات اکسیدروی در غلظت ۱ گرم در لیتر و گازدهی با دی اکسید گوگرد پس از برداشت، به ترتیب میزان رطوبت و aw کشمش تولیدی را در مقایسه با نمونه شاهد افزایش و کاهش داد ($p < 0/05$). pH نمونه های پوشش داده شده با نانو ذرات اکسیدروی قبل از برداشت به جز در غلظت ۰/۵ گرم در لیتر (۳/۴۵)، در مقایسه با شاهد (۳/۷) تفاوت معنی داری نداشت. با افزایش غلظت دی اکسید گوگرد تا مقدار ۳/۵ و ۴/۵ گرم گوگرد در هر کیلوگرم انگور، pH نمونه های کشمش در مقایسه با شاهد (۳/۷) به ترتیب افزایش (۳/۸) و کاهش (۳/۴۵) یافت ($p < 0/05$). اسیدیته نمونه های گازدهی شده با گاز گوگرد در مقایسه با نمونه شاهد (۰/۸۱۷ درصد) افزایش معنی داری داشت ($p < 0/05$). غلظت دی اکسید گوگرد آزاد و دی اکسید گوگرد کل در نمونه های گازدهی شده در مقایسه با سایر نمونه ها و نمونه شاهد به شکل معنی داری بیشتر بود ($p < 0/05$). کشمش حاصل از انگورهای پوشش داده شده با نانو اکسیدروی در غلظت ۰/۵ گرم در لیتر در مرحله قبل از برداشت و کشمش حاصل از انگورهای گازدهی شده با گوگرد با غلظت ۲/۵ گرم در هر کیلوگرم انگور بیشترین امتیاز حسی پذیرش کلی را از ارزیاب ها دریافت نمودند ($p < 0/05$).

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.56.

* مسئول مکاتبات:

a.emamifar@basu.ac.ir

۱-مقدمه

انگور (*Vitis vinifera*) یکی از محصولات مهم باغی در دنیا است که اغلب به دلیل طعم مناسب و ویژگی فراسودمندی آن مصرف می‌شود [۱،۲]. مصرف فرآورده‌های انگور نظیر کشمش، شیره و آب انگور نیز همواره از استقبال گسترده‌ای در جهان برخوردار است [۱]. کشمش محصول خشک شده میوه رسیده ارقام مختلف انگور با دانه و بی‌دانه یکی از مغذی‌ترین میوه‌های خشک شده در جهان است. تولید جهانی کشمش در سال ۲۰۲۲ حدود ۱/۴ میلیون تن تخمین زده شده است. حدود ۷۶ درصد کل کشمش جهان در کشورهای ترکیه (۳۹۵ تن)، آمریکا (۳۱۳ تن)، چین (۱۷۰ تن)، ایران (۱۲۵ تن) و آفریقای جنوبی (۷۱ تن) تولید می‌شود [۳]. از دیدگاه تغذیه‌ای کشمش سرشار از ویتامین‌ها (ویتامین‌های گروه ب) و مواد معدنی مورد نیاز بدن شامل آهن، پتاسیم و کلسیم است. همچنین منبع مناسبی از فیبر و آنتی اکسیدان‌هاست [۴]. کشمش بر حسب نوع رقم، روش و شرایط خشک کردن اغلب به نام‌های کشمش آفتابی، تیزابی و گوگردی مشهور است. گاهی نام گذاری کشمش بر اساس نوع مصرف نظیر کشمش پلویی، کشمش سبز و کشمش درشت یا مویز که اغلب در بازار کشور ایران مرسوم هستند، انجام می‌شود [۵]. تدخین با گاز گوگرد، روشی سنتی و رایج در مبارزه با فساد میکروبی میوه‌ها و به ویژه انگور قبل از خشک کردن با هدف افزایش عمر نگهداری، حفظ رنگ و کاهش آلودگی میکروبی آن در انبار است. لزوم استفاده مکرر از گاز گوگرد طی انبارداری از یک سو و وجود باقیمانده گوگرد در محصول (حداکثر مجاز ۱۰ پی پی ام) که علاوه بر تاثیر منفی بر سلامت مصرف کننده، بر بازار پسندی، رنگ و کیفیت عطر و طعم آن نیز آسیب جدی وارد می‌کند، از سوی دیگر، میزان استقبال از این روش را با کاهش مواجه ساخته است. افزودن دی‌اکسید گوگرد به انگور قبل از خشک کردن برای حفظ رنگ، کتترل قهوه ای شدن و اثر ضد میکروبی استفاده می‌شود. مصرف کشمش گوگردی به دلیل

مخاطراتی که مصرف گوگرد برای مصرف کننده ایجاد می‌کند کمتر مورد استقبال است [۶]. پوشش‌های خوراکی با حفظ کیفیت و افزایش عمر انبار داری میوه‌های تازه به ویژه انگور سبب کاهش ضایعات این محصول می‌شوند لذا استفاده از پوشش‌های خوراکی و به ویژه پوشش‌هایی با خاصیت ضد میکروبی با هدف کنترل و یا کاهش ضایعات و افزایش عمر پس از برداشت انگور، توجه زیادی را به خود معطوف نموده است. این نوع پوشش‌ها فساد محصولات غذایی را با تشکیل یک لایه نیمه تراوا در اطراف آن و در نتیجه کاهش نفوذپذیری به اکسیژن، دی‌اکسید کربن و رطوبت کاهش می‌دهند [۷ و ۶]. اکسیدروی از جمله اکسیدهای فلزی است که در صنایع مختلف از جمله صنایع غذایی کاربرد دارد [۸]. با استفاده از فناوری نانو و با کاهش ابعاد ذرات در حد نانومتر قدرت فعالیت سطحی مواد و نسبت واکنش دهندگی آنها با محیط اطراف به دلیل ازدیاد بخش‌های فعال سطحی افزایش می‌یابد. نانوذرات اکسیدروی به عنوان یک ترکیب ایمن (GRAS) توسط اداره غذا و داروی آمریکا شناخته و کاربرد آن در صنایع غذایی و دارویی تایید شده است [۶،۸]. ایمنی در استفاده و همچنین خاصیت ضد میکروبی اکسیدروی از یک سو و افزایش قدرت ضد میکروبی آن با کاهش ابعاد در حد نانومتر و لذا استفاده از غلظت‌های بسیار کمتر، از سوی دیگر نانوذرات اکسید روی را به عنوان گزینه‌ای مناسب جهت پوشش دهی میوه‌ها و به خصوص انگور مطرح می‌کند [۶]. تا کنون پژوهش‌های گسترده‌ای در خصوص استفاده از فناوری پوشش دهی میوه‌ها به ویژه انواع ارقام انگور با فرمولاسیون‌های متفاوت از جمله نانوذرات اکسیدروی بر انگور سیاه [۶]، اسانس کارواکرول بر انگور، ترکیبات لیپیدی بر ویژگی‌های کشمش [۹]، موم کارنوبا و مونوگلیسرول استئارات بر ویژگی‌های کشمش [۱۰] پوشش‌های خوراکی بر پایه نشاسته و ژلاتین بر ویژگی‌های انگور قرمز [۱۱]، ترکیبات آلزینات با وانیلین بر ویژگی‌های

انگور [۱۲] و محلول آلوده ورا قبل از برداشت ارقام انگور [۱۳] انجام شده است. همچنین استفاده از اسید استیک به عنوان جایگزینی برای گوگرد در تولید کشمش مورد توجه قرار گرفته است [۱۴]. این پژوهش به بررسی تولید محصول کشمش سالم و عاری از افزودنی‌های ناایمن برای سلامتی مصرف کننده خواهد پرداخت. حفظ رنگ سبز با کاهش واکنش های قهوه ای شدن آنزیمی در کشمش همانند گاز گوگرد از اهداف پوشش دهی کشمش ها با نانوذرات اکسید روی است. هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی استفاده از نانوذرات اکسیدروی در مقایسه با روش تدخین با گاز گوگرد بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و بازاریابی کشمش تولیدی در ایران است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

این پژوهش در یکی از باغات انگور شهرستان ملایر بر روی تعدادی درخت انگور رقم سفید بیدانه (*Vitis vinifera L*) انجام شد. نانوذرات اکسیدروی از شرکت نانو پیشگامان (Mashhad, Iran) و گوگرد از پژوهشکده توسعه صنایع شیمیایی (IRDCI, Iran) خریداری شد. کلیه مواد شیمیایی و معرف‌ها از شرکت شارلو (Shadow Company, Spain) تهیه شد.

۲-۲- روش‌ها

سوسپانسیون آبی نانوذرات اکسیدروی در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ گرم در هر لیتر در آب مقطر استریل تهیه و به مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و فرکانس ۲۵ کیلوهرتز به منظور پراکندگی یکنواخت نانوذرات در محلول در حمام فراصوت (TI-H-5, Elma GmbH, Germany) قرار گرفت. افشاندن محلول نانواکسیدروی بر درخت انگور طی سه مرحله رشد شامل مرحله گل‌دهی، مرحله نارس و مرحله رسیدن فیزیولوژیک انگور (۲۰ روز قبل از برداشت) انجام شد [۱۵]. در روش دیگر خوشه‌های انگور با اندازه و وزن یکسان در سوسپانسیون حاوی نانوذرات اکسیدروی در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ گرم در هر لیتر در آب مقطر استریل به مدت ۵ دقیقه غوطه ور شده و سپس آبکشی شدند. گاز دهی با دی اکسید گوگرد در غلظت‌های ۲/۵، ۳/۵، ۴/۵ گرم در هر کیلوگرم لنگور تازه با قرار دادن خوشه‌های تازه برداشت شده در محفظه تدخین با گاز گوگرد در دمای محیط که با استفاده از پروانه موجود در پایین محفظه عمل جابه جایی گاز را انجام می‌داد طی ۳۰ دقیقه انجام شد. از نمونه‌های تازه برداشت شده انگور بدون پوشش دهی و بدون گاز دهی به عنوان نمونه شاهد استفاده شد. کلیه نمونه‌های انگور به روش آفتابی خشک شدند و پس از یکنواخت شدن رطوبت و جدا کردن دم و ساقه و ضایعات در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته بندی شدند [۱۴] و [۱۶]. تیمارهای مختلف کد گذاری شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

Table 1. The description and code of different samples.

Treatment Number	Description	Code of raisin samples
1	Untreated raisin	R
2	Raisins by spraying ZnO NPs (0.5 L/g) on the bunch on the tree	R1
3	Raisins by spraying ZnO NPs (1 L/g) on the bunch on the tree	R2
4	Raisins by spraying ZnO NPs (0.5 L/g) after harvesting	R3
5	Raisins by spraying ZnO NPs (0.5 L/g) after harvesting	R4
6	Raisins carbonated with SO ₂ (2.5 g/kg)	R5
7	Raisins carbonated with SO ₂ (3.5 g/kg)	R6
8	Raisins carbonated with SO ₂ (4.5 g/kg)	R7

۲-۳-۵- اندازه‌گیری اسیدیت

اسیدیت نمونه‌ها بر اساس روش پتاسیومتری با کمک (pH متر) و طی خنثی سازی با محلول سود ۰/۱ مولار در حضور معرف فنل فتالین تا رسیدن به (pH) معادل ۸/۱ اندازه‌گیری و مقدار آن به صورت درصد بر اساس گرم اسید تارتاریک در ۱۰۰ گرم نمونه محاسبه گردید [۱۶].

۲-۳-۶- اندازه‌گیری اکسید گوگرد آزاد و کل

دی اکسید گوگرد آزاد که همان میزان دی اکسید گوگردی که به صورت آزاد و باند نشده در سطح کشمش است و دی اکسید گوگرد کل که مجموع دی اکسید گوگرد آزاد و کل در کشمش می‌باشد به روش مهبان سنگ آتش و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از خنثی سازی با استفاده از تیوسولفات سدیم اندازه‌گیری شد [۴].

۲-۴- آزمون حسی

نمونه‌های کشمش پس از کدگذاری با کمک ۱۰ نفر آقا و خانم در محدوده سنی ۲۵ تا ۴۰ سال که آموزش لازم را دیده بودند در خصوص ویژگی‌های رنگ، عطر، بو، طعم، بافت و پذیرش کلی با استفاده از آزمون لذت بخشی (Hedonic Scale) ۵ نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این ارزیابی عدد ۵ خیلی خوب، عدد ۴ خوب، عدد ۳ متوسط، عدد ۲ ضعیف و عدد ۱ بسیار ضعیف را نشان داد [۲۰].

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل از آزمایش بر اساس روش فاکتوریل و در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام و تجزیه و تحلیل واریانس داده‌های حاصله با کمک نرم افزار (SPSS, 26) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۲-۳-۳- آزمون‌ها

۲-۳-۱- بررسی نحوه توزیع و پراکندگی نانوذرات اکسیدروی تولید شده

اندازه و نحوه پراکندگی سوسپانسیون نانوذرات اکسید روی آماده برای توزیع بر سطح نمونه‌های کشمش با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل MIRA3 محصول شرکت TESCAN کشور جمهوری چک در ولتاژ ۳۰ کیلوولت اندازه‌گیری شد [۶].

۲-۳-۲- درصد رطوبت

حدود ۵ گرم از نمونه‌ها در یک بوته چینی در آون تحت خلأ در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۵۰ میلی بار به مدت ۸ ساعت قرار داده شدند. پس از خشک شدن کامل، نمونه‌ها مجدداً توزین و اختلاف وزن نمونه‌ها نسبت به وزن اولیه به صورت درصد رطوبت بیان شد [۱۶].

۲-۳-۳- فعالیت آبی (aw)

فعالیت آبی نمونه کشمش آسیاب شده که نشان دهنده نسبت فشار بخار آب ماده غذایی به فشار بخار اشباع آب خالص در همان دما است با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آبی (Novasina, Switzerland) پس از کالیبراسیون در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری گردید [۱۷ و ۱۸].

۲-۳-۴- اندازه‌گیری (pH)

مقدار (pH) نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (Metrohm, Switzerland) اندازه‌گیری شد. ۱۰ گرم نمونه آسیاب شده را با ۹۰ میلی لیتر آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده و کاملاً به هم زده شد و پس از طی ۵ دقیقه الکتروود دستگاه را در آن قرار داده و پس از ثابت شدن عدد نمایشگر، pH قرائت گردید [۱۹].

۳-۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی

نانومتر مطابقت داشت [۲۱]. همچنین گزارش تیموسوک و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که نمونه نانوذرات اکسید روی با همگنی شکل و اندازه در محدوده ۲۰ تا ۶۰ نانومتر می باشد [۲۲]. البدیری و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش دادند که ذرات نانوذرات اکسید روی به شکلی بسیار یکنواخت و اندازه ذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر تشکیل می شوند [۲۳].

تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی سوسپانسیون حاوی نانوذرات اکسیدروی با غلظت ۱ گرم در لیتر در شکل ۱ نشان داده شده است. در این تصویر نانوذرات به شکل یکنواخت با شکل ظاهری کروی و بدون منفذ مشاهده می شود. این نتایج با مشاهدات سورش و همکاران (۲۰۱۸) در خصوص تولید سوسپانسیون نانوذرات اکسید روی عاری از کلوخه و به هم پیوستگی در ابعاد کمتر از ۱۰۰

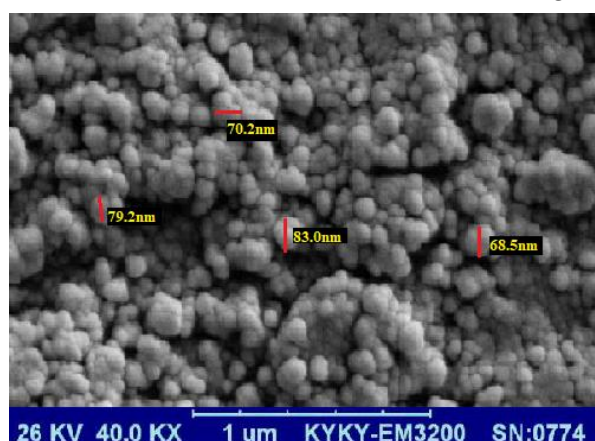


Fig. 1. SEM image of Nano zinc oxide suspension (1 g/L)

۳-۲- رطوبت و فعالیت آبی (aw) نمونه های کشمش

نمونه های تیمار R7 اندازه گیری شد ($p < 0.05$). بر طبق نتایج شکل ۲ پاشش نانوذرات اکسیدروی بر نمونه ها قیل و یا پس از برداشت تاثیر معنی داری بر میزان رطوبت نمونه های کشمش تولیدی نداشت. از سوی دیگر افزایش غلظت گاز دی اکسید گوگرد سبب کاهش معنی دار رطوبت نمونه های تولیدی شد ($p < 0.05$). به طور کلی پوشش دهی روند از دست دادن رطوبت کشمش را محدود می کند. بالاتر بودن درصد رطوبت تیمارهای پوشش دهی شده با نانوذرات اکسیدروی را می توان به ایجاد یک لایه نازک از نانوذرات اکسیدروی مرتبط دانست که مانع از کاهش سریع رطوبت محصول در مقایسه با نمونه شاهد می گردد [۲۵]. کاهش رطوبت نمونه های کشمش گاز دهی شده با دی اکسید گوگرد را نیز می توان به تسریع خروج رطوبت از محصول به دلیل ایجاد شکاف های ریز بر روی سطح پوسته انگور گاز دهی شده نسبت داد [۲۴]. قاسم زاده و همکاران (۲۰۰۸) نیز اعلام کردند که کشمش های پوشش داده شده

میزان رطوبت در کشمش شاخص مهمی در قابلیت ذخیره سازی این محصول است. کاهش رطوبت در کشمش در افزایش ماندگاری آن تاثیر معنی داری دارد [۲۴ و ۲۵]. رطوبت نمونه های کشمش مورد مطالعه در محدوده ۱۲/۵۳ تا ۱۵/۶۳ درصد بود که با بیشینه محتوای رطوبت کشمش (۱۶ درصد) بر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷ مطابقت داشت [۲۶]. مقایسه میانگین های درصد رطوبت و aw کشمش نمونه های مورد بررسی در شکل (۲) نشان داده شده است. در مقایسه با نمونه شاهد، بیشترین مقدار رطوبت در تیمارهای پوشش دهی شده با نانوذرات اکسیدروی و کمترین آن در تیمارهای گازدهی شده با دی اکسید گوگرد اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که روش تدخین با گاز گوگرد بیشترین تاثیر را در کاهش میزان رطوبت نمونه های کشمش داشت به طوری که بیشترین درصد رطوبت در نمونه های تیمار R4 و کمترین آن در

نتایج شکل ۲ پوشش دهی انگور با نانوذرات اکسیدروی و گازدهی با دی اکسید گوگرد به ترتیب میزان a_w کشمش تولیدی را افزایش و کاهش داد. این نتایج با نتایج تغییرات میزان رطوبت کشمش تولیدی هماهنگ بود. بیشترین و کمترین a_w به ترتیب در کشمش های تیمار R4 و R7 اندازه گیری شد. اندازه گیری فعالیت آبی به عنوان یک فاکتور کلیدی و با هدف پیش بینی پایداری و ایمنی میکروبی و بیوشیمیایی کشمش توسط آکه و همکاران (۲۰۱۸) مورد بررسی و تاکید قرار گرفته است [۲۷].

با کشمش با پوششی مرکب از نشاسته، پکتین، صمغ در مقایسه با نمونه های بدون پوشش رطوبت بیشتری داشتند [۲۵]. میزان (a_w) نمونه های کشمش بسته به نوع تیمار در محدوده ۰/۴۱ تا ۰/۵۸ متغیر بود (شکل ۲). اغلب مواد غذایی با فعالیت آبی کمتر از ۰/۶ پایداری میکروبی مطلوبی دارند [۱۶]. معمولاً میزان فعالیت آبی (a_w) کشمش در نمونه هایی با رطوبت ۱۳ تا ۱۸ درصد، در محدوده ۰/۵۰ تا ۰/۶۵ متغیر است که البته بسته به نوع رقم انگور در برخی از انواع کشمش تا ۰/۸ نیز گزارش شده است [۲۴]. بر طبق

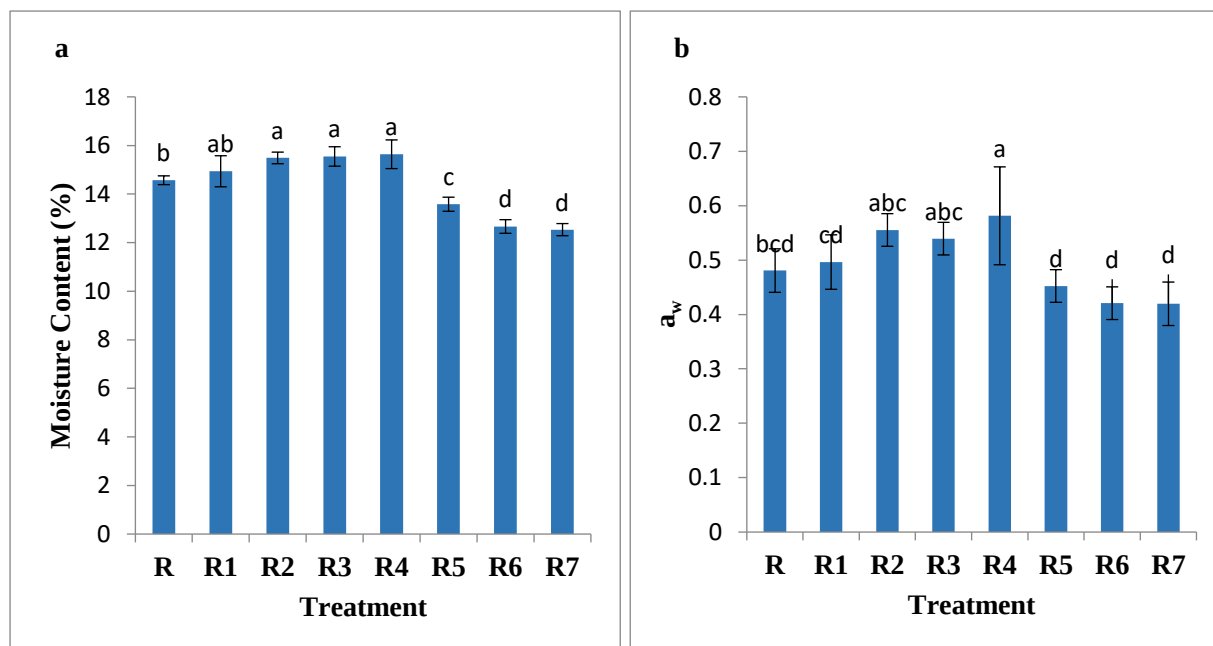


Fig. 2. Moisture content (a) and a_w (b) of different samples. Vertical bars represent the standard deviation (n = 3). Different letters are significantly different (p < 0.05).

pH کشمش های محلی و وارداتی مراکش را در محدوده ۳/۵ تا ۴ اعلام نمودند [۲۴]. بیشترین مقدار pH متعلق به تیمار R3 و کمترین pH متعلق به تیمارهای R1 و R7 بود. نتایج نشان داد که پوشش دهی انگور با نانوذرات اکسید روی در غلظت های زیاد (۱ گرم در لیتر) قبل و پس از برداشت میزان pH کشمش تولیدی را در مقایسه با نمونه شاهد (۳/۷۳) کاهش داد. pH کشمش حاصل از انگورهای تیمار شده با

۳-۲- تأثیر تیمارهای مختلف بر مقدار pH و اسیدیته نمونه های کشمش

از جمله عوامل موثر بر میزان pH و اسیدیته کشمش طی نگهداری میزان و ترکیبات قندها، اسیدهای آلی، شدت تنفس، واکنش های متابولیکی و مقدار رطوبت آن است [۲۸] و [۲۹]. pH نمونه های کشمش در محدوده از ۳/۴۵ تا ۳/۸ قرار داشت (شکل ۳). علی عسکری و همکاران (۲۰۱۲) نیز

کشمش تولیدی را به صورت معنی داری در مقایسه با شاهد افزایش داد ($p < 0.05$). اثر غلظت‌های کم و زیاد نانوذرات اکسید روی و همچنین مرحله پاشش دهی بر انگور اثر معنی داری بر اسیدیته کشمش تولیدی نداشت. بکارگیری غلظت‌های مختلف گاز دی اکسید گوگرد اثر معنی داری بر اسیدیته کشمش تولیدی نداشت. بیشترین اسیدیته در نمونه‌های کشمش گازدهی شده با دی اکسید گوگرد در غلظت ۴/۵ گرم بر کیلوگرم انگور و کمترین اسیدیته در نمونه‌های کشمش پوشش دهی شده با نانوذرات اکسید روی در غلظت ۰/۵ گرم بر لیتر در مرحله قبل از برداشت اندازه‌گیری شد.

گاز دی اکسید گوگرد تا غلظت ۳/۵ گرم بر کیلوگرم انگور در مقایسه با نمونه شاهد تفاوت معنی داری نداشت ولی با افزایش غلظت گاز گوگرد تا ۴/۵ گرم بر کیلوگرم انگور، روند کاهشی داشت ($p < 0.05$). نتایج مقایسه میانگین‌های اسیدیته نمونه‌های کشمش (شکل ۳) نشان داد که پوشش دهی انگور قبل و پس از برداشت با استفاده از نانوذرات اکسید روی تغییر معنی داری بر میزان اسیدیته کشمش تولیدی در مقایسه با نمونه شاهد (۰/۸۱۷ درصد) ایجاد نکرد در حالی که گاز دهی نمونه‌های انگور پس از برداشت با استفاده از غلظت‌های مختلف دی اکسید گوگرد اسیدیته

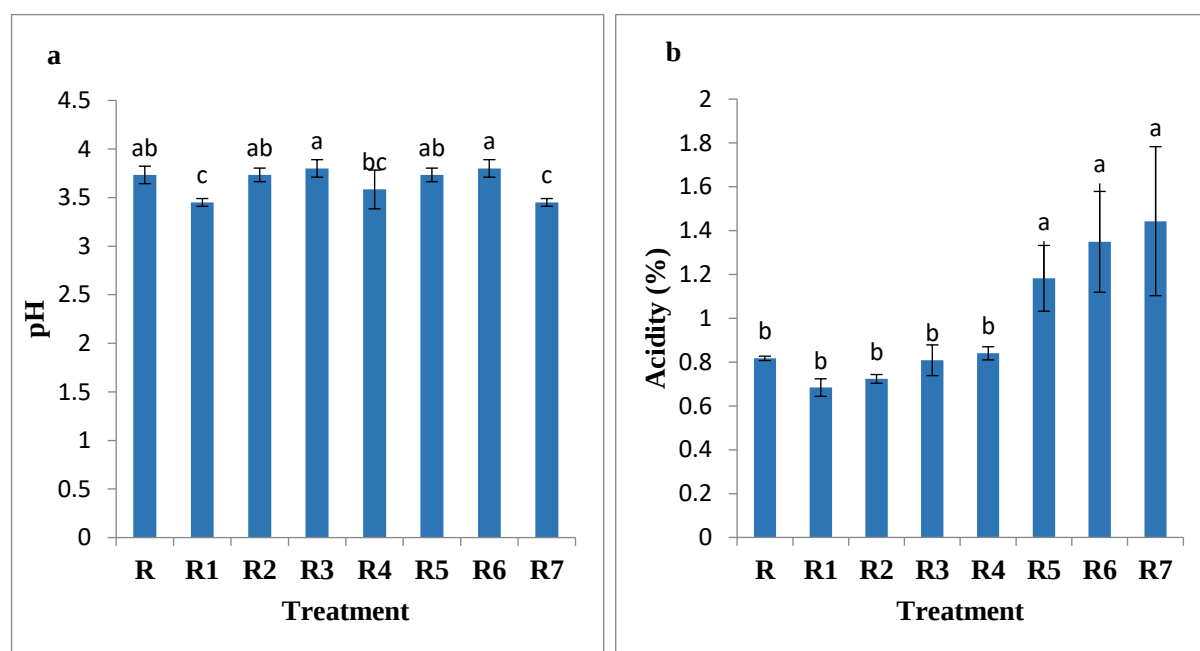


Fig. 3. pH (a) and acidity (b) of different samples. Vertical bars represent the standard deviation (n = 3). Different letters are significantly different ($p < 0.05$)

گوگرد کل نیز به مجموع دی اکسید گوگرد آزاد و باند شده اطلاق می‌گردد [۴]. نتایج مقایسه میانگین دی اکسید گوگرد آزاد و کل متعلق به نمونه‌های حاصل از تیمارهای مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. دی اکسید گوگرد آزاد و کل قابل در نمونه‌های کشمش شاهد و نمونه‌های پوشش داده شده با نانواکسید روی تشخیص داده نشد. نتایج جدول ۲ نشان دهنده روند افزایشی مقادیر دی اکسید گوگرد آزاد و

۳-۳- دی اکسید گوگرد آزاد و کل نمونه‌های کشمش

به میزان دی اکسید گوگرد جذب شده در دانه‌های کشمش، دی اکسید گوگرد باقی‌مانده اطلاق می‌گردد [۲۴]. این مقدار شامل میزان دی اکسید گوگرد آزاد و کل است که در آن دی اکسید گوگرد آزاد به میزان دی اکسید گوگردی که به صورت آزاد و باند نشده در سطح کشمش وجود دارد. میزان دی اکسید

گاز دی اکسید گوگرد باعث افزایش میزان مقادیر گاز دی اکسید گوگرد باقیمانده در محصول می گردد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۳۰]. همچنین میزان جذب گوگرد در کشمش تولیدی در مرحله خشک کردن انگور تدخینی با گاز گوگرد وابستگی مستقیمی به زمان گاز دهی و غلظت گوگرد مورد استفاده دارد [۳۱]. نتایج این پژوهش با نتایج لیداکیس و همکاران (۲۰۰۳) بر کشمش [۳۱] و سونگ و همکاران (۲۰۰۰) بر موز سبز [۳۲] مطابقت دارد.

کل در نمونه های کشمش های تیمار شده با دی اکسید گوگرد همزمان با افزایش غلظت گاز دی اکسید گوگرد بود ($p < 0.05$). میزان دی اکسید گوگرد آزاد برای کشمش گاز دهی شده با ۲/۵، ۳/۵ و ۴/۵ گرم بر کیلوگرم دی اکسید گوگرد به ترتیب ۶۷، ۱۴۱ و ۲۴۳ میلی گرم در هر کیلوگرم کشمش و میزان دی اکسید گوگرد کل ۳۵۲، ۶۴۳ و ۹۱۸ میلی گرم در هر کیلوگرم کشمش بود. بر طبق نتایج سایر پژوهش ها، افزایش مدت زمان تماس کشمش و یا انگور با

Table 2. The free SO₂ and total SO₂ of different samples.

Treatment	R	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Free SO ₂	ND	ND	ND	ND	ND	67±9 ^c	141±8 ^b	243±40 ^a
Total SO ₂	ND	ND	ND	ND	ND	352±111 ^c	643±71 ^b	918±67 ^a

Different letters are significantly different ($p < 0.05$)

کشمش گاز دهی شده با ۴/۵ گرم دی اکسید گوگرد به ازای هر کیلوگرم انگور و بیشترین امتیاز بو در نمونه های کشمش پوشش داده شده با نانو اکسید روی (۰/۵ گرم در هر لیتر) در مرحله قبل از برداشت تشخیص داده شد ($p < 0.05$). در خصوص امتیازهای حسی طعم و مزه، بافت و پذیرش کلی کشمش های تولیدی با هر دو روش تدخین با گاز گوگرد (۲/۵ گرم دی اکسید گوگرد به ازای هر کیلوگرم انگور) و پوشش دهی با نانوذرات اکسید روی (۰/۵ گرم در هر لیتر) در غلظت های کمتر در مقایسه با نمونه شاهد و سایر نمونه ها، بیشترین امتیاز را از ارزیاب ها دریافت نمودند ($p < 0.05$). این نتایج نشان دهنده اثر نامطلوب به کارگیری غلظت های زیاد گاز گوگرد و نانوذرات اکسید روی در تولید کشمش است که تاثیر نامطلوبی بر پذیرش حسی محصول نهایی توسط مصرف کننده دارد. اقبال و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که افزایش مدت زمان گازدهی انگور با گاز گوگرد طی خشک کردن سبب کاهش ویژگی های حسی کشمش تولیدی از نظر بافت، رنگ، عطر و طعم می گردد [۳۰].

۳-۴- ارزیابی حسی نمونه های کشمش

تأثیر پوشش دهی انگور با نانوذرات اکسید روی و تدخین با گاز دی اکسید گوگرد به صورت معنی داری ویژگی های حسی کشمش های تولیدی را تغییر داد ($p < 0.05$). میانگین امتیازهای حسی رنگ، بو، طعم و مزه، ظاهر و پذیرش کلی کشمش های تولیدی حاصل از افزودن نانوذرات اکسید روی و دی اکسید گوگرد در شکل ۴ نشان داده شده است. کشمش های تولیدی حاصل از روش تدخین با گاز دی اکسید گوگرد در مقایسه با نمونه های پوشش دهی شده با نانو اکسید روی و نمونه شاهد امتیاز رنگ بیشتری را از ارزیاب ها دریافت نمودند. بیشترین امتیاز حسی رنگ در نمونه های کشمش گاز دهی شده با ۲/۵ گرم دی اکسید گوگرد به ازای هر کیلوگرم انگور و کمترین امتیاز رنگ در نمونه های کشمش پوشش داده شده با نانو اکسید روی (۱ گرم در هر لیتر) در مرحله قبل از برداشت تشخیص داده شد. کشمش های تولیدی حاصل از روش تدخین با گاز دی اکسید گوگرد در مقایسه با نمونه های پوشش دهی با نانو اکسید روی و نمونه شاهد از امتیاز بوی کمتری برخوردار بودند. کمترین امتیاز حسی بو در نمونه های

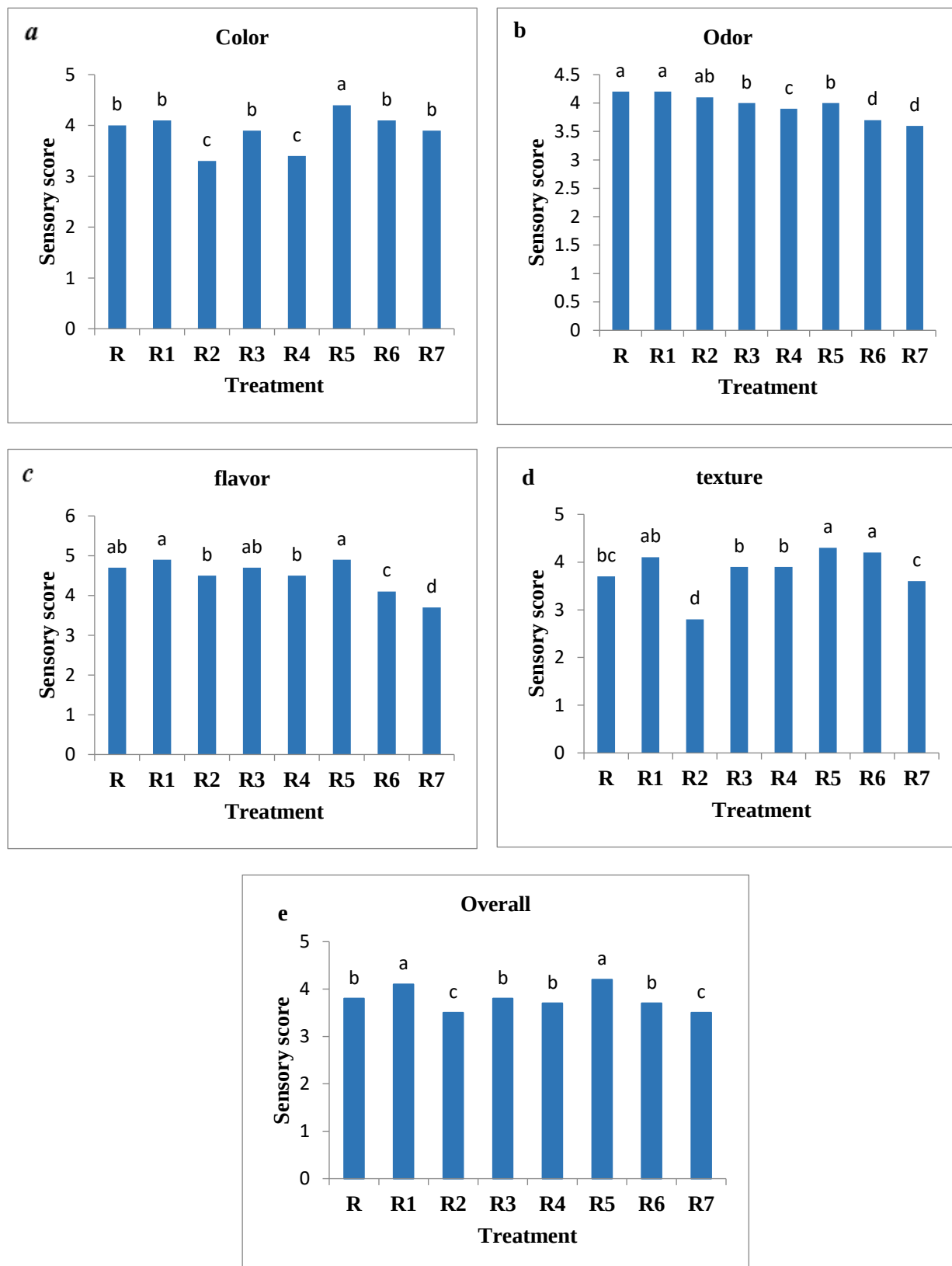


Fig. 4. Sensory score of raisin samples: Color (a), Odor (b), flavor (c), texture (d), Overall (e)

۴- نتیجه گیری کلی

گاز گوگرد (۲/۵ گرم به ازای هر کیلوگرم انگور) و پوشش دهی با نانوذرات اکسید روی (۰/۵ گرم در هر لیتر) در غلظت های کمتر در مقایسه با نمونه شاهد و سایر نمونه ها، بیشترین امتیاز را از ارزیاب ها از نظر ویژگی حسی پذیرش کلی دریافت نمودند ($p < 0/05$). بطور کلی استفاده از نانوذرات اکسید روی با غلظت ۰/۵ گرم در هر لیتر جهت پوشش دهی کشمش به عنوان یک افزودنی ایمن معرفی می شود. نتایج این پژوهش تاکید بر لزوم استفاده از فناوری های نوین از قبیل نانوپوشش هایی نظیر نانو اکسید روی در فرآوری کشمش و تولید محصول سالم و عاری از افزودنی های نایمن به ویژه گوگرد بود. این مهم نه تنها در سلامتی مصرف کننده نقش تعیین کننده ای دارد بلکه با کاهش ضایعات این محصول و با افزایش ارزش افزوده آن، بهبود صادرات این محصول ارزشمند را نیز به دنبال خواهد داشت.

۵- منابع

[۱] Tang, G. Y., Zhao, C. N., Liu, Q., Feng, X. L., Xu, X. Y., Cao, S. Y., ... & Li, H. B. (2018). Potential of grape wastes as a natural source of bioactive compounds. *Molecules*, 23(10), 2598.

[۲] Helvacioğlu, S., Charehsaz, M., Güzelmeriç, E., Türköz, A. E., Yeşilada, E., & Aydın, A. (2018). Comparatively investigation of grape molasses produced by conventional and industrial techniques. *Marmara pharmaceutical journal*, 22(1), 44-51.

[۳] Anonymous, Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector in 2022. 2023.

[۴] Mehraban Sange Atash, M. Mahmoudi, Z. Pour Azrang, H. Amir Saleh, V. Nowzari Aval, Yasin. (2014). Determining the amount of residual sulfur dioxide and some physicochemical properties of raisins produced in Razavi Khorasan Province. *JOURNAL OF FOOD HYGIENE*, 5(19): 49-58.

[۵] Ayubi, A., Investigating the effect of drying conditions, food coating and storage conditions on the quality characteristics and shelf life of green raisins. Doctoral thesis of food science and industry, Ferdowsi University of Mashhad, 2012.

[۶] Emamifar, A. (2018). Evaluation of zinc oxide nanoparticles edible coating effect on microbial,

نتایج این پژوهش نشان داد که میزان رطوبت و a_w کشمش تولیدی با افزایش غلظت پوشش نانوذرات اکسیدروی بر محصول کشمش قبل و یا پس از برداشت انگور تازه افزایش و با افزایش غلظت دی اکسید گوگرد طی مرحله خشک کردن انگور تازه کاهش می یابد. میزان pH کشمش تولیدی نیز به ترتیب با افزایش غلظت نانوذرات اکسیدروی پاشیده شده بر روی درخت، افزایش و با افزایش غلظت نانوذرات اکسیدروی پاشیده شده روی میوه انگور پس از برداشت کاهش یافت. همچنین میزان pH کشمش با افزایش غلظت دی اکسید گوگرد تا سطح ۳/۵ (گرم در هر کیلوگرم انگور تازه) افزایش یافت. اسیدیته کشمش تولیدی با افزایش غلظت نانوذرات اکسیدروی پاشیده شده بر روی درخت و پس از برداشت و غلظت دی اکسید گوگرد افزایش یافت. افزایش غلظت گاز گوگرد اثر مستقیمی بر میزان گوگرد در محصول نهایی داشت. کشمش های تولیدی با هر دو روش تدخین با

physicochemical and sensorial characteristics of black table grape during storage. *Innovative Food Technologies (IFT)*, 5(4): 663-680.

[۷] Ghasemzadeh, R., Karbassi, A., & Ghoddousi, H. B. (2008). Application of edible coating for improvement of quality and shelf-life of raisins. *World applied sciences journal*, 3(1), 82-87.

[۸] Nasiri, A. Malakootian, M. Tamaddon, F. Synthesis Nano ZnO Assisted by Ultrasound Irradiation and Evaluation of Antimicrobial Properties. 2013.

[۹] Ayoubi, A. Sedaghat, N. Kashaninejad, M. Mohebbi, M. Nassiri Mahalati, M. (2015). Effect of lipid based edible coatings on physicochemical and microbial properties of raisin. *Iranian Food Science and Technology Research Journal* Vol. 11, No. 5, 496-507

[۱۰] Youseftabar, N. Sedaghat, N. Mohebbat, M. Investigating the effect of vacuum packaging and monoglycerol stearate and carnauba wax edible coatings on the physicochemical and microbial characteristics of exported raisins. 2012.

[۱۱] Fakhouri, F. M., Martelli, S. M., Caon, T., Velasco, J. I., & Mei, L. H. I. (2015). Edible films and

coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 109, 57-64.

[۱۲]Takma, D. K., & Korel, F. (2017). Impact of preharvest and postharvest alginate treatments enriched with vanillin on postharvest decay, biochemical properties, quality and sensory attributes of table grapes. *Food chemistry*, 221, 187-195.

[۱۳]Castillo, S., Navarro, D., Zapata, P. J., Guillén, F., Valero, D., Serrano, M., & Martínez-Romero, D. (2010). Antifungal efficacy of Aloe vera in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biology and technology*, 57(3), 183-188.

[۱۴]Shuakhi, F. Madani, S. The use of acetic acid as a substitute for sulfur in the production of raisins. The first national grape festival of Qazvin-Takestan province, 2013: 252-261.

[۱۵]Jamali, V., Emamifar, A., Beiginejad, H., Moradi, M., & Rasouli, M. (2024). Enhancing grape freshness and quality with nano zinc oxide coating: a study on post-harvest preservation and grape molasses. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-12.

[۱۶]Gholami Parshkahi, M., Mirmoradi M., Abdulali Zadeh. E., Salimi Bani. M., (2020). The effect of two-stage drying of red willow grapes on the quality of raisins. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*. Page: 105 - 113

[۱۷]Nikjoo, R., Peighambardoust, S. H., & Olad Ghaffari, A. (2020). Effect of different concentrations of Arabic gum and different drying temperatures on physiccil properties of spray dried peppermint extract powder. *Food Processing and Preservation Journal*, 12(1), 113-128.

[۱۸]Güleç, H., Kundakçi, A., & Ergönül, B. (2009). Changes in quality attributes of intermediate-moisture raisins during storage. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(3), 210-223.

[۱۹]Derradji-Benmeziane, F., Djamai, R., & Cadot, Y. (2014). Antioxidant capacity, total phenolic, carotenoid, and vitamin C contents of five table grape varieties from Algeria and their correlations. *OENO One*, 48(2), 153-162.

[۲۰] Kadi, R. H. (2023). Development of zinc oxide nanoparticles as safe coating for the shelf life

extension of grapes (*Vitisvinifera* L., Red Globe) fruits. *Materials Express*, 13(1), 182-188.

[۲۱]Suresh, J., Pradheesh, G., Alexramani, V., Sundrarajan, M., Hong, S.I. (2018). Green synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticle using insulin plant (*Costus pictus* D. Don) and investigation of its antimicrobial as well as anticancer activities, *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology* 9(1) 015008.

[۲۲]Tymoszuk, A., & Wojnarowicz, J. (2020). Zinc oxide and zinc oxide nanoparticles impact on in vitro germination and seedling growth in *Allium cepa* L. *Materials*, 13(12), 2784.

[۲۳]Al-Bedairy, M. A., & Alshamsi, H. A. H. (2018). Environmentally friendly preparation of zinc oxide, study catalytic performance of photodegradation by sunlight for rhodamine B dye. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*, 13(6), 1-9.

[۲۴] AlAskari, G., Kahouadji, A., Khedid, K., Charof, R., & Mennane, Z. (2012). Physicochemical and microbiological study of “raisin”, local and imported (Morocco). *Middle-East Journal of Scientific Research*, 11(1), 1-6.

[۲۵]Ghasemzadeh, R., Karbassi, A., & Ghoddousi, H. B. (2008). Application of edible coating for improvement of quality and shelf-life of raisins. *World applied sciences journal*, 3(1), 82-87. [26] Anonymous.(2012). Iranian National Standardization Organization. Seedless raisin-Specification and test Methods. 7th.Revision.

[۲۷]Akev, K., Koyuncu, M. A., & Erbaş, D. (2018). Quality of raisins under different packaging and storage conditions. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 93(1), 107

[۲۸] Alikhani, M., & Daraei Garmakhany, A. (2012). Effect of microencapsulated essential oils on storage life and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. C amarosa). *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 4(2), 106-112.

[۲۹]Kim, I.-H., Oh, Y. A., Lee, H., Song, K. B., & Min, S. C. (2014). Grape berry coatings of lemongrass oil-incorporating nanoemulsion. *LWT-Food Science and Technology*, 58. 10-1.(۱) ,

[۳۰]Iqbal, M., Khan, A. R., Iqbal, M., & Ahmed, J. (2020). Quality and sulfur residues of raisin made after sulfur fumigation at different time intervals. *Journal of Postharvest Technology*, 8(2), 22-25 .

[۳۱] Lydakis, D., Fysarakis, I., Papadimitriou, M., & Kolioradakis, G. (2003). Optimization study of sulfur dioxide application in processing of sultana raisins. *International Journal of food properties*, 6(3), 393-403 .

[۳۲] Song, G., Rahman, M., & Perera, C. (2000). Diffusivity of sulphur dioxide in green banana as a function of temperature and concentration. *International Journal of food properties*, 3(2), 317-322



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of Sulphur dioxide replacement with Nano zinc oxide on physicochemical and sensory properties of raisin

Vahid Jamali¹, Aryou Emamifar^{2*}, Hadi Beiginejad³, Mohammad Moradi³, Mousa Rasouli⁴

1- PhD Student of Food Science and Technology, Research Institute for Grapes and Raisin, Malayer University, Malayer, Iran.

2- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

3- Associate Professor, Grape Processing and Preservation Department, Research Institute for Grapes and Raisin, Malayer University, Malayer, Iran.

4- Associate Professor, Horticultural Sciences Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2024/10/30 Accepted: 2024/12/11 Keywords: Coating, Sulfur Dioxide, Raisin Nano Zinc Oxide. DOI: 10.22034/FSCT.22.161.56. *Corresponding Author E- a.emamifar@basu.ac.ir	The aim of this study was to investigate the effect of coating grapes by spraying with different concentrations of zinc oxide nanoparticles (0.5 and 1 g/L) both before and after harvest compared to postharvest fumigation of grapes with sulfur dioxide (2.5, 3.5, and 4.5 g sulfur per kg of grapes) on the physicochemical and sensory properties of raisins. The grapes were sun-dried and the resulting physicochemical properties of raisins, such as moisture content, pH, water activity (aw), acidity, free sulfur dioxide, total sulfur dioxide and sensory properties, were evaluated using a factorial design based on a completely randomized statistical model. The results showed that coating with zinc oxide at a concentration of 1 g/L before and after harvest and fumigation with sulfur dioxide after harvest affected the moisture and aw levels of the raisins, with moisture content increasing and aw decreasing compared to the control ($p < 0.05$). No significant differences were observed in pH of all the raisins coated with zinc oxide as compared to control (3.7) except for the sample coated with 0.5 g/L nano zinc oxide before harvest (3.45). By increasing the sulfur concentrations up to 3.5 and 4.5 g/kg grape, the pH of all the raisins compared to control (3.7), increased (3.8), and decreased (3.45), respectively ($p < 0.05$). Acidity of all the sulfur-treated samples increased ($p < 0.05$), compared to the control (0.817 %). The concentration of free and total sulfur dioxide was significantly higher in the sulfur-treated samples compared to other treatments and the control ($p < 0.05$). Raisins from grapes coated with 0.5 g/L zinc oxide prior to harvest and raisins treated with 2.5 g/kg sulfur dioxide received the highest overall sensory acceptability ratings from panelists ($p < 0.05$).



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی خواص عملکردی و آنتی اکسیدانی پپتیدهای حاصل از هیدرولیز آنزیمی جلبک اسپیرولینا

اندیشه توکلی^۱، رضا فرهمندفر^۲، علی معتمدزادگان^۳، پیمان آریایی^۴، مریم اثنی عشری^{۵*}

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۳- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۴- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

۵- استادیار، بخش تحقیقات فرآوری تولیدات دامی، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲

کلمات کلیدی:

پروتئین هیدرولیز شده،

جلبک اسپیرولینا،

خاصیت آنتی اکسیدانی،

خواص عملکردی.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.69.

* مسئول مکاتبات:

m.asnaashari@yahoo.com

هیدرولیز آنزیمی پروتئین جلبک اسپیرولینا، منجر به افزایش ارزش پروتئینی آن و تولید پپتیدهای بیولوژیکی و عملکردی می شود که قابلیت هضم و جذب بالا و خواص آنتی اکسیدانی مناسبی دارند. در این پژوهش، خواص آنتی اکسیدانی و عملکردی پپتیدهای زیست فعال حاصل از هیدرولیز آنزیمی جلبک اسپیرولینا بررسی شد. در روند ارزیابی، ابتدا پروتئین های جلبک اسپیرولینا با استفاده از آنزیم های آلکالاز و فلاورزایم طی زمانهای مختلف ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه هیدرولیز شدند. سپس، درجه هیدرولیز، بازیافت پروتئینی، خواص آنتی اکسیدانی پپتیدها به وسیله آزمون های مهار کنندگی رادیکال های آزاد (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) DPPH و FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) و ویژگی های عملکردی پپتیدها نیز شامل حالیت، ظرفیت و پایداری کف کنندگی و امولسیون مورد. مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج این ارزیابی ها نشان داد که پپتیدهای حاصل از هیدرولیز آنزیمی جلبک اسپیرولینا دارای خواص آنتی اکسیدانی بالا بوده و می توانند به عنوان مهارکننده های رادیکال های آزاد عمل کنند. همچنین، ویژگی های عملکردی مناسبی نیز در پپتیدها مشاهده شد که نشان از قابلیت آنها در کاربردهای مختلفی مانند صنایع غذایی دارند. همچنین بر اساس نتایج آنزیم آلکالاز توانایی بالاتری در تولید پروتئین هیدرولیزی با درجه هیدرولیزاسیون، محتوای پروتئینی و بازیافت پروتئینی بالاتر، و همچنین خاصیت آنتی اکسیدانی و عملکردی بهتری نسبت به آنزیم فلاورزایم دارا بود و زمان هیدرولیز نیز تاثیر مثبتی بر پارامترهای فوق داشت. بنابراین، پژوهش حاضر نشان می دهد که پپتیدهای حاصل از هیدرولیز آنزیمی جلبک اسپیرولینا دارای خواص آنتی اکسیدانی و عملکردی هستند و می توانند به عنوان ترکیبات مفید در محصولات غذایی و سایر صنایع مورد استفاده قرار گیرند.

۱- مقدمه

پپتیدهای زیست فعال دارای بخش‌های پروتئینی خاصی هستند که جرم مولکولی آن‌ها کمتر از ۶۰۰۰ دالتون و دارای ۲-۲۰ آمینو اسید می‌باشند. این پپتیدها در ساختار پروتئینی اصلی غیرفعال بوده و بعد از آزاد شدن بر حسب نوع و توالی آمینواسیدی خود، تأثیر مثبتی بر عملکرد و شرایط بدن و در نتیجه سلامت فرد دارند، از جمله این تأثیرات می‌توان به اثرات ایمنی بخشی، ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضد فشار خون و ضد سرطان اشاره نمود [۱، ۲]. در سال‌های اخیر، پروتئین‌های هیدرولیز شده با خواص آنتی‌اکسیدانی و سلامتی بخش از منابع حیوانی و گیاهی بسیاری مانند شیر، لوبیای سویا، جوانه گندم، کانولا، پروتئین زرده‌ی تخم مرغ، صدف خوراکی و ضایعات ماهی و میگو تولید شده اند [۳، ۴]. در بین منابع گیاهی، دریایی و حیوانی مناسب برای تولید پروتئین هیدرولیز شده، منابع دریایی، به ویژه جلبک‌ها به دلیل قیمت مناسب‌تر و آلرژی‌زایی کمتر، مورد توجه بیشتر قرار گرفته‌اند [۵، ۶].

جلبک اسپیرولینا یک جلبک سبز-آبی است که در آب شیرین و دریاها یافت می‌شود. این جلبک به علت ترکیبات مغذی فراوانی که در آن وجود دارد، مورد توجه قرار گرفته است. اسپیرولینا حاوی پروتئین بالا (۶۰-۷۰٪)، کربوهیدرات (۲۰-۳۰٪)، لیپیدها (۲۰-۳۰٪)، ویتامین‌های ضروری (مانند ویتامین C و ویتامین B12 و E)، مواد معدنی (مانند آهن، کلسیم و منیزیم)، اسیدهای چرب امگا-۳، آنتی‌اکسیدان‌ها و کاروتنوئیدها است [۷، ۸]. این ترکیبات مغذی می‌توانند به عنوان یک منبع تغذیه کامل و مفید برای بدن انسان عمل کنند. اسپیرولینا همچنین به دلیل قابلیت تولید بالای پروتئین، می‌تواند به عنوان یک منبع پروتئین گیاهی برای افرادی که رژیم غذایی گیاهی دنبال می‌کنند، مورد استفاده قرار گیرد [۸]. پروتئین‌های موجود در جلبک اسپیرولینا شامل اسید آمینه‌های ضروری و غیرضروری است که برای ساخت و نمو سلول‌های بدن مورد نیاز هستند. یکی از روش‌های استفاده از پروتئین جلبک اسپیرولینا تولید پروتئین هیدرولیز

شده، با استفاده از آنزیم‌ها است. آنزیم‌ها به عنوان کاتالیزورها عمل کرده و فرآیند هیدرولیز پروتئین‌های جلبک را آغاز می‌کنند. هیدرولیز پروتئین‌ها به معنای تجزیه آن‌ها به پپتیدهای کوچکتر است که به راحتی توسط بدن هضم می‌شوند [۲]. یکی از عوامل بسیار حائز اهمیت و تعیین‌کننده در فرآیند هیدرولیز آنزیمی با استفاده از آنزیم‌های تجاری، انتخاب مناسب آنزیم پروتئاز می‌باشد. انواع مختلفی از آنزیم‌های تجاری می‌باشند که با موفقیت واقعی در فرآیند هیدرولیز پروتئین‌های مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این انتخاب دقیق و صحیح آنزیم پروتئاز می‌تواند تأثیر قابل توجهی در بهبود فعالیت و کارایی هیدرولیز پروتئین‌ها داشته باشد و در نهایت به بهبود کیفیت و خواص محصولات غذایی منجر شود. از جمله آنزیم‌های مورد استفاده در هیدرولیز آنزیمی، آنزیم‌های فلاورزایم و آلکالاز می‌باشند [۴، ۹، ۱۰]. این آنزیم‌ها به عنوان کاتالیزورها عمل کرده و فرآیند هیدرولیز پروتئین‌های جلبک را آغاز می‌کنند. آنزیم فلاورزایم یک آنزیم پروتئولیتیک است که به پروتئین‌ها وارد شده و آن‌ها را به پپتیدها و پپتیدهای کوچکتر تجزیه می‌کند. این فرآیند می‌تواند باعث افزایش قابلیت هضم و جذب پروتئین‌ها شود. آلکالاز یک آنزیم با قابلیت فعالیت در محیط‌های با pH غیراسیدی است. با ورود آلکالاز به پروتئین‌های جلبک، تجزیه آن‌ها به پپتیدهای کوچکتر و آمینواسیدها انجام می‌شود [۴، ۹، ۱۰]. استفاده از آنزیم‌های فلاورزایم و آلکالاز در هیدرولیز جلبک اسپیرولینا منجر به تشکیل پپتیدهای کوچکتر و قابل هضم می‌شود. این فرآیند می‌تواند بهبود قابلیت هضم و جذب پروتئین‌ها را در بدن افزایش دهد و همچنین می‌تواند در تولید محصولات غذایی، مکمل‌های غذایی استفاده شود.

هدف از این مطالعه، استفاده از جلبک اسپیرولینا به عنوان یک منبع پروتئینی با ارزش، و بررسی ویژگی‌های ضداکسایش، عملکردی و سلامت‌بخشی هیدرولیز پروتئین‌های حاصل از این جلبک می‌باشد. در این تحقیق،

آنزیم‌های فلاورزایم و آلکالاز به عنوان آنزیم‌های مورد استفاده در هیدرولیز پروتئین‌های جلبک اسپیرولینا انتخاب شده‌اند. بر اساس این انتخاب، ویژگی‌های آنزیمی و بیولوژیکی پتیدها و اسیدهای آمینه حاصله از هیدرولیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۲- مواد و روش

۲-۱ مواد اولیه

جلبک اسپیرولینا، به شکل پودر سبزرنگ از شرکت نور دارو در شهرستان گنبد کاووس تهیه شد. آنزیم آلکالاز (استخراج شده از *Bacillus licheniformis*) و فلاورزایم (استخراج شده از *Aspergillus oryzae*) و همچنین استاندارد اسیدهای آمینه از شرکت سیگما آلدريج، آمریکا، خریداری شد. سرم آلبومین گاوی، معرف DPPH و ABTS، اسید آسکوربیک، اسید کلریدریک و اسید هیدروکلریک از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

۲-۲ اندازه‌گیری میزان پروتئین اسپیرولینا

برای اندازه‌گیری میزان پروتئین در اسپیرولینا، از روش کلدال استفاده شد. در این روش، نمونه‌ها هضم شده و سپس با تیتراسیون، مقدار کل پروتئین رسوبی در فاز آبی محاسبه شد. این روش بر اساس استاندارد AOAC سال ۲۰۰۵ انجام شد [۱۱].

۲-۳ هیدرولیز پروتئین اسپیرولینا

در این روش، ۵۰ گرم نمونه اسپیرولینا درون یک ارلن مایر با حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر قرار گرفت. سپس به ارلن مایر نسبت ۲:۱ حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و با استفاده از همزن دیجیتالی به مدت ۲ دقیقه هموژنیزه شد. نمونه سپس به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آبی با دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا آنزیم‌های داخلی غیرفعال شوند. سپس با اضافه کردن یک محلول هیدروکسید سدیم با غلظت ۰/۲ نرمال، pH بهینه برای فعالیت آنزیم‌ها (آلکالاز ۸/۵) و فلاورزایم (۷) تنظیم شد. نمونه‌ها در حمام با دمای ۵۷ درجه

سانتی‌گراد برای آنزیم آلکالاز و ۵۵ درجه سانتی‌گراد برای آنزیم فلاورزایم قرار گرفت. سپس با دور ثابت ۲۰۰ دور در دقیقه، آنزیم (با میزان ۱ درصد پروتئین نمونه اولیه) به نمونه اضافه شد. در زمان‌های مشخص (۱۰ و ۲۰ دقیقه) نمونه‌برداری شد و در پایان آزمایش (زمان ۳۰ دقیقه) برای قطع واکنش آنزیمی، در حمام با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از خنک شدن، پروتئین‌های هیدرولیز شده با استفاده از سانتریفیوژ به دور ثابت ۶۷۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند و مایع شناور جمع‌آوری شد. سپس پروتئین‌های هیدرولیز شده در فریزر نگهداری شده و با استفاده از دستگاه خشک کن انجمادی به صورت پودر در آمد [۹، ۱۲].

۲-۳ درجه هیدرولیزاسیون

میزان هیدرولیز به کمک تری کلرواستیک اسید (TCA) اندازه‌گیری شد. مبنای این روش اندازه‌گیری درصد نسبت پروتئین‌های محلول در تری کلرواستیک اسید ۱۰ درصد به کل پروتئین‌های موجود در نمونه می‌باشد. برای این منظور ۵ میلی‌لیتر از نمونه با ۵ میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید ۲۰ درصد مخلوط گردید و سپس با دور ۶۷۰۰ rpm و زمان ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس مقدار پروتئین در فاز محلول اندازه‌گیری و میزان هیدرولیز از طریق فرمول ۱ محاسبه گردید [۱۳]:

معادله ۱:

(میزان پروتئین حل شده در محلول تری کلرو استیک اسید ۱۰ درصد / میزان پروتئین در نمونه) = درجه هیدرولیز

۲-۴ تعیین مقدار اسیدهای آمینه

پودر پروتئین هیدرولیز شده برای مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از هیدروکلریک ۶ نرمال هیدرولیز کامل شد. سپس با استفاده از فنیل ایزو تیوسیانات (PITC) عمل مشتق‌سازی اسیدهای آمینه انجام شد. میزان اسیدهای آمینه کل با استفاده از دستگاه HPLC مدل Smart

نیتروژن در سوپرناتانت نمونه با استفاده از روش کلدال تعیین شد و درصد پروتئین قابل حل با استفاده از معادله (۴) محاسبه شد [۱۶].

معادله ۴:

$100 \times (\text{گرم وزن نمونه اولیه} / \text{گرم وزن آب ماده جامد})$

محلول در سوپرناتانت = اندیس حلالیت در آب

۲-۶-۲ ظرفیت و پایداری امولسیون کنندگی

به ۳ گرم نمونه، ۵۰ میلی لیتر آب مقطر و ۵۰ میلی لیتر روغن کلزا اضافه شد و به مدت ۳۰ ثانیه با هموژنایزر (APU500b، دیلکوفنور، ایران) هموژنیزه شد سپس به مقدار مساوی در ۴ لوله آزمایش تقسیم گردید و با سانتریفوژ با دور ۲۰۰۰g به مدت زمان ۵ دقیقه سانتریفوژ (بهداد، ایران) شد EC طبق معادله (۵) زیر گزارش شد [۱۷].

معادله ۵:

حجم کل / حجم قسمت امولسیفیه شده = EC (%)
۱۰ میلی لیتر روغن گیاهی کلزا با ۳۰ میلی لیتر محلول پروتئینی ادرصد مخلوط شد و pH آنها در پنج pH متفاوت ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ تنظیم شد سپس با هموژنایزر با سرعت ۲۰۰۰rpm به مدت یک دقیقه هموژنیزه شد سپس با میکروسمپلر ۵۰ میکرولیتر از قسمت مایع ته لوله برداشته که این عمل در زمان‌های $t=0'$ و $t=10'$ انجام گرفت. سپس نمونه‌های به دست آمده در زمان‌های صفر و ده دقیقه با ۵ میلی لیتر سدیم دودسیل سولفات ۱٪ مخلوط شد و جذب محلول رقیق شده با اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۰۰ نانومتر خوانده شد [۱۷].

معادله ۶:

$$ESI = A_0 \times \Delta t / \Delta A$$

$$\Delta A = A_0 - A_{10}, \quad \Delta t = 10 \text{ min}$$

۲-۶-۳ اندازه‌گیری ظرفیت و پایداری کف کنندگی

برای اندازه‌گیری ظرفیت کف کنندگی ۲۰ میلی لیتر محلول‌های پروتئینی با pH ۵-۸ تهیه شد و در استولنه مدرج ۵۰ میلی لیتری ریخته شد. سپس به مدت یک دقیقه با هموژنایزر با سرعت ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه هم زده شد.

line (آلمان) با استفاده از ستون C18 با آشکارساز فلورسنت (RF-530) انجام شد [۴].

۲-۵ فعالیت آنتی اکسیدانی

برای فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH، ۱ میلی لیتر از تیمارهای مختلف پروتئین هیدرولیز شده به‌طور جداگانه با ۱ میلی لیتر محلول ۰/۱ میلی مولار DPPH اضافه و مخلوط حاصل به‌خوبی تکان داده شد و به مدت ۱۵ دقیقه در اتاق تاریک قرار داده و سپس جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ nm در مقابل شاهد خوانده شد [۱۴].

معادله ۳:

$$100 \times (\text{جذب شاهد} / \text{جذب شاهد-جذب نمونه}) =$$

درصد مهار رادیکال آزاد DPPH

برای اندازه‌گیری قدرت احیاکنندگی فریک (FRAP)، ابتدا ۰/۵ میلی لیتر از نمونه محلول خود را با ۲/۵ میلی لیتر فسفات بافر ۰/۲ مولار (pH ۶/۶) و با ۲/۵ میلی لیتر فریک سیانید پتاسیم ۱ درصد ترکیب شد. سپس ترکیب را به مدت ۲۰ دقیقه در انکوباتور در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از این مدت، با ۲/۵ میلی لیتر تری کلرواستیک اسید ۱۰ درصد ترکیب و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد. سپس ۲/۵ میلی لیتر از لایه بالایی این محلول را با ۲/۵ میلی لیتر آب مقطر و ۲/۵ میلی لیتر فریک کلرید (FeCl₃) ۰/۱ درصد ترکیب شد و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای محیط قرار داده شد. سپس جذب در طول موج ۷۰۰ نانومتر قرائت شد [۱۵].

۲-۶ اندازه‌گیری خصوصیات عملکردی هیدرولیزها

۲-۶-۱ حلالیت

حلالیت پروتئین هیدرولیز شده با استفاده از روش Bera و Mukherjee (۱۹۸۹) انجام شد. یک گرم نمونه را در ۱۰۰ میلی لیتر محلول آب مخلوط کرده و با استفاده از سود و اسید ۰/۱ نرمال pH آن را به ۲-۱۰ تنظیم کرده و سپس به مدت ۶۰ دقیقه در دمای اتاق مخلوط کرده و سپس به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۵۰۰ سانتریفوژ انجام شده و محتوای

حجم مخلوط نهایی قرائت شد. درصد افزایش حجم در زمان صفر نسبت به حجم اولیه به عنوان ظرفیت کف کنندگی در نظر گرفته شد (معادله ۷) [۱۸].

معادله ۷:

حجم نمونه قبل تشکیل کف / حجم نمونه در زمان‌های مختلف بعد از تشکیل کف - حجم نمونه قبل تشکیل کف = ظرفیت کف کنندگی (%)

برای محاسبه میزان پایداری کف، حجم کف در زمان‌های ۰/۵، ۵، ۱۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه بعد از تشکیل کف قرائت شد. سپس با استفاده از رابطه بالا، درصد حجم کف باقی مانده در هر یک از زمان‌های مذکور به عنوان شاخص پایداری کف گزارش شد [۱۸]. (معادله ۸)

معادله ۸:

$100 \times (\text{حجم کف بلافاصله پس از زده شدن} / \text{حجم کف پس از } 60 \text{ دقیقه}) = \text{پایداری کف}$

۸-۲ ارزیابی آماری

آزمایش‌ها در سه تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 18 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن با سطح احتمال خطای ۰/۵ انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Microsoft Excel 2013 انجام پذیرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱ مقادیر پروتئین در تیمارهای مختلف

میزان پروتئین اولیه در جلبک اسپرولینا با میانگین $59 \pm 38/57$ درصد تعیین شده است، در حالی که مقادیر پروتئین برای این جلبک در مطالعات مختلف به‌طور گسترده‌ای میان ۵۰ تا ۷۰ درصد گزارش شده است. به عنوان مثال، مطالعه Tańska و همکاران در سال ۲۰۱۷ مقدار پروتئین را $60/7$ درصد [۱۹]، در حالی که مطالعه Koli و همکاران در سال ۲۰۲۲ مقدار پروتئین را $65/71$ درصد اعلام کردند [۲۰]. همچنین، مطالعه El-Hamed و همکاران در سال ۲۰۱۸ مقدار پروتئین را $53/92$ درصد گزارش کرد [۲۱].

مقادیر پروتئین، پروتئین هیدرولیز شده جلبک اسپرولینا در تیمارهای مختلف در بازه $74/70 - 93/03$ درصد قرار داشته است. مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که در پروتئین هیدرولیز شده آبزیان، محتوای پروتئینی حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد وجود دارد. این افزایش در محتوای پروتئین به دلیل شکستن پروتئین به آمینواسیدها، انحلال پروتئین و حذف ماده جامد نامحلول با استفاده از سانتریفیوژ رخ می‌دهد [۲، ۴، ۶، ۹، ۲۲]. در نمونه‌ها با افزایش زمان هیدرولیز و استفاده از آنزیم آلکالاز، محتوای پروتئینی افزایش یافت. تحقیقی انجام شده توسط Taghdiri و همکاران (۲۰۲۳) نیز نتایج مشابهی در مورد پروتئین هیدرولیز شده جلبک کلرلا توسط آنزیم آلکالاز و فلاورزایم گزارش کرده است. آنها میزان پروتئین را در محدوده $65/15 - 93/46$ درصد اعلام کردند و نشان دادند که مقادیر بالاتر پروتئین با استفاده از آنزیم آلکالاز و زمان هیدرولیز بیشتر دست‌یافته می‌شود [۲۲]. این امر ممکن است به دلیل توانایی بالاتر آنزیم آلکالاز در شکستن پروتئین به آمینواسیدها و انحلال بیشتر آن باشد.

۳-۲ بررسی مقادیر درجه هیدرولیزاسیون

درجه هیدرولیز به معنای میزان شکستن ساختار پروتئینی و تولید پپتید و اسیدهای آمینه است. هیدرولیز آنزیمی باعث تخریب ساختار طبیعی پروتئین‌ها می‌شود و در نتیجه، ساختار پروتئین‌ها باز می‌شود و گروه‌های فعال آمینواسیدها که قابل واکنش با رادیکال‌های آزاد هستند، در معرض قرار می‌گیرند. نتایج تحلیل آماری نشان داده است (جدول ۱) که با افزایش زمان هیدرولیز، درجه هیدرولیز به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. همچنین، در تمامی زمان‌های هیدرولیز، میزان درجه هیدرولیز حاصل از آلکالاز به‌طور قابل توجهی بیشتر از فلاورزایم بوده است. بیشترین ($36/45$ درصد) میزان درجه هیدرولیز مربوط به آلکالاز پس از ۳۰ دقیقه و کمترین مقادیر ($14/35$ درصد) مربوط به فلاورزایم پس از ۱۰ دقیقه بوده است. با گذشت زمان هیدرولیز، آنزیم‌ها به‌طور مداوم با پروتئین‌ها تعامل می‌کنند و ساختار پروتئین را تخریب می‌کنند. این فرآیند هیدرولیز باعث برش زنجیره پروتئینی

بالاتر آن در شکست پپتیدها به پپتیدهای کوچکتر و حتی تولید اسیدهای آمینه آزاد باشد. آلكالاز یک آنزیم پروتئاز است که قادر به شکست زنجیره پروتئینی به طور مؤثر است و پپتیدها را به پپتیدهای کوچکتر و حتی به اسیدهای آمینه تجزیه می‌کند. این توانایی بالاتر آلكالاز می‌تواند منجر به افزایش درجه هیدرولیز توسط این آنزیم شود [۲۴، ۲۳، ۴].

می‌شود و پپتیدها و اسیدهای آمینه را به وجود می‌آورد. با افزایش زمان هیدرولیز، تعداد برش‌های زنجیره پروتئینی افزایش می‌یابد و بنابراین پپتیدهای کوچکتر و با وزن مولکولی کمتر تولید می‌شوند. همچنین، طول زنجیره پپتیدها نیز کوتاهتر می‌شود. در مورد آنزیم آلكالاز، علت بالاتر بودن درجه هیدرولیز توسط این آنزیم ممکن است به دلیل توانایی

Table 1. Effect of enzyme hydrolysis type and time of protein hydrolyzed on protein content and degree of hydrolysis

Enzyme		Protein content (%)	Degree of hydrolysis (%)
Type	Time (min)		
Alcalase	10	72.96±0.78 ^e	20.99±1.04 ^c
	20	85.75±0.82 ^c	27.26±1.06 ^b
	30	96.03± 0.55 ^a	36.45±1.11 ^a
Flavourzyme	10	70.74±0.49 ^f	14.35±1.39 ^d
	20	81.46±1.05 ^d	19.87±1.55 ^c
	30	89.73±0.65 ^b	26.25±1.19 ^b

Averages with the different letters (in same columns) indicate that there is significant difference at the $P < 0.05$.

می‌باشند. این پروتئین‌ها به عنوان یک منبع تغذیه مفید قابل استفاده هستند. با این حال، غلظت اسید آمینه فنیل آلانین در این پروتئین‌ها کمتر از مقداری است که توسط الگوی FAO گزارش شده است [۲۵].

مقادیر اسید آمینه آبریز و شاخه در برای پروتئین هیدرولیز شده توسط آنزیم آلكالاز به ترتیب برابر با ۲۹/۸۲٪ و ۲۸/۳۴٪ و برای فلاورزایم به ترتیب برابر با ۱۹/۱۰٪ و ۱۷/۸۹٪ بوده است. اسیدهای آمینه آبریز مانند فنیل آلانین، پرولین، متیونین، آلانین، لوسین، ایزولوسین، تیروزین و والین همچنین اسیدهای آمینه شاخه دار نظیر والین، ایزولوسین و لوسین به دلیل توانایی آنها در جذب و نقل الکترون و همچنین تشکیل رادیکال‌های آزاد، نقش مهمی در بازدارندگی رادیکال‌های آزاد دارند. این اسیدهای آمینه با خاصیت آبریزی، میزان دسترسی رادیکال‌های آزاد به

۳-۳ ترکیب اسید آمینه

آنزیم‌های پروتئولیتیک، قادر به هیدرولیز پروتئین‌ها به پپتیدهای کوچکتر هستند که متشکل از ۲ تا ۲۰ اسید آمینه می‌باشند. این آنزیم‌ها با برش پیوندهای پپتیدی در ساختار پروتئین‌ها، آنها را به قطعات کوچکتر تجزیه می‌کنند. اسید آمینه‌های حاصل از این تجزیه و پپتیدهای با طول کوتاه می‌توانند خواص زیستی و ارزش غذایی متنوعی داشته باشند. به عنوان مثال، برخی از این پپتیدها می‌توانند فعالیت ضد میکروبی، ضد اکسیدانی، ضد التهابی و سایر خواص زیستی مفید را از خود نشان دهند. این خواص زیستی و ارزش غذایی پپتیدها می‌توانند در کاربردهای مختلفی از جمله صنایع غذایی و دارویی بهره‌برداری شوند [۲۲].

بر اساس نتایج، پروتئین‌های حاصل از هیدرولیز توسط هر دو آنزیم پروتئولیتیک، حاوی اسیدهای آمینه متنوعی

در سال ۲۰۱۴، درصد آرژنین در پروفایل اسید آمینه جلبک اسپرولینا حدود ۷/۶۵٪ و گلوتامیک اسید حدود ۱۳/۷۹٪ گزارش شده است. این نتایج تقریباً با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارند [۲۹].

از طرفی، مطابق با معیارهای ارائه شده توسط سازمان غذا و کشاورزی جهانی (FAO/WHO) در سال ۱۹۹۰، نسبت اسید آمینه ضروری به کل اسید آمینه‌ها باید حداقل ۴۰٪ و نسبت اسید آمینه ضروری به غیر ضروری نباید کمتر از ۰/۶ باشد [۲۵]. با توجه به نتایج مطالعه، پروتئین‌های هیدرولیز شده دارای ترکیبی مناسب از اسیدهای آمینه هستند. نسبت اسید آمینه ضروری به غیر ضروری برای آنزیم آلکالاز و فلاورزایم به ترتیب برابر با ۱/۰۷ و ۰/۹۹ است و میزان اسید آمینه ضروری به کل اسید آمینه موجود به ترتیب برابر با ۵۱/۸۲ و ۴۹/۸۱ است.

سلول‌های هدف را کاهش می‌دهند و در نتیجه می‌توانند فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالقوه داشته باشند. این فعالیت آنتی‌اکسیدانی از طریق کاهش تماس مستقیم رادیکال‌های آزاد با سلول‌ها، جلوگیری از آسیب اکسیداتیو و حفظ تعادل اکسیدانی سلولی را ایجاد می‌کند. علاوه بر این، برخی از این اسیدهای آمینه به عنوان پیش سازهای سنتز مولکول‌های ضد التهابی و ضد سرطانی مؤثر مانند تیروزین و فنیل آلانین عمل می‌کنند [۲۶، ۲۷، ۲۸].

در مطالعه حاضر، مشخص شد که درصد بالاترین مقادیر اسید آمینه ضروری برای آنزیم آلکالاز و فلاورزایم به آرژنین به ترتیب ۷/۷۵٪ و ۸/۱۵٪ بوده است. همچنین، درصد بالاترین مقادیر اسید آمینه غیر ضروری برای آنزیم آلکالاز و فلاورزایم به ترتیب گلوتامیک اسید ۱۱/۹۹٪، ۱۲/۲۵٪ مشاهده شد. در مطالعه انجام شده توسط Morsy و همکاران

Table 2: Effect of enzyme hydrolysis type (at 30 min) of protein hydrolyzed on amino acid composition

Amino acid (g 100 g ⁻¹)	Alcalase	Flavourzyme	FAO/ WHO, 1990
Threonine ^a	4.28	4.7	3.4
Valine ^a	4.54	4.15	3.5
Methionine ^a	2.78	2.67	
Isoleucine ^a	7.45	6.49	2.8
Leucine ^a	7.11	6.75	6.6
Phenyl alanine ^a	3.59	3.21	6.3
Histidine ^a	5.59	5.55	1.9
Lysine ^a	4.25	4.11	5.8
Arginine ^a	7.75	8.11	
Glycine	5.11	6.35	
Aspartic acid	8.95	9.11	
Glutamic acid	11.99	12.25	
Serine	4.11	4.75	
Alanine	6.99	6.68	
Tyrosine	3.40	3.59	1.1

Cystein	0.95	1.01
Prolin	2.50	2.48
Total amino acid	91.34	92.04
HAA ^b	29.82	28.34
BCAA ^c	19.10	17.98

^a Essential amino acids^b Combined total of hydrophobic amino acids (HAA)= alanine, valine, isoleucine, leucine, tyrosine, phenylalanine, methionine and cysteine^c Branched-chain amino acids (valine, isoleucine, leucine)

آزاد هستند و باعث تبدیل آن‌ها به ترکیبات پایدار می‌شوند. این نتایج نشان می‌دهند که با افزایش زمان هیدرولیز پروتئین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل نمونه‌ها افزایش یافته و واکنش‌های زنجیره‌ای رادیکال‌های آزاد مهار می‌شوند [۳۴، ۳۳]. همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی پروتئین‌های هیدرولیز شده توسط آنزیم آلکالاز بالاتر از فلاورزایم بود. این فعالیت آنتی‌اکسیدانی به طور مستقیم به ترکیب اسید آمینه، ساختار و وزن مولکولی پپتیدها بستگی دارد. آمینو اسیدهای هیدروفوب (HAA) دارای خواص ضد اکسیداسیون هستند. این آمینو اسیدها، از جمله تیروزین، تریپتوفان و فنیل‌آلانین، دارای ساختار حلقه آروماتیک هستند که می‌توانند به طور مستقیم با رادیکال‌های آزاد و اکسیژن فعال واکنش نشان دهند، و بنابراین قدرت ضد اکسیداسیون را از خود نشان می‌دهند. میزان اسید آمینه‌های HAA در پروتئین‌های هیدرولیز شده توسط آنزیم آلکالاز بالاتر بود. این موضوع نشان می‌دهد که هیدرولیز پروتئین توسط آنزیم آلکالاز می‌تواند به تولید پپتیدهایی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی و قدرت مهار رادیکال‌های آزاد بیشتری منجر شود [۴، ۳۵]. در مطالعه انجام شده توسط Taghdiri و همکاران در سال ۲۰۲۳، با هیدرولیز پروتئین‌های جلبک کلرلا با آنزیم فلاورزایم و آلکالاز، با افزایش زمان هیدرولیز و افزایش درجه هیدرولیز پروتئین، قدرت آنتی‌اکسیدانی کل نمونه‌ها به طرز قابل توجهی افزایش یافته است و بالاترین مقادیر در پروتئین هیدرولیز شده توسط آنزیم آلکالاز مشاهده شد [۲۳]. این نتایج تطابق با نتایج مطالعه حاضر دارند و نشان می‌دهند که

۳-۴ خاصیت آنتی‌اکسیدانی

آزمون فعالیت رادیکال آزاد DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) یک روش سریع، ارزان و بدون اثر منفی برای ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی مواد غذایی است. در این روش، DPPH که یک رادیکال آزاد است، با اهداکنندگان الکترونی تعامل می‌کند و در نتیجه واکنش می‌دهد. پپتیدهای حاصل از پروتئین‌های هیدرولیز شده نیز می‌توانند نقش اهداکنندگان الکترون را ایفا کرده و با رادیکال‌های آزاد واکنش دهند تا واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداسیون را متوقف کنند. DPPH در فرم پایدار رادیکال آزاد، در طول موج ۵۱۷ نانومتر در اتانول، حداکثر جذب را دارد. اما زمانی که نزدیک به یک ماده اهداکننده پروتون قرار می‌گیرد، رادیکال‌های آزاد DPPH مهار شده و جذب آنها کاهش می‌یابد [۳۰، ۳۱، ۳۲]. در این مطالعه، با افزایش مدت زمان هیدرولیز پروتئین تا ۳۰ دقیقه و افزایش درجه هیدرولیز، میزان مهار رادیکال‌های آزاد DPPH نمونه‌ها به طرز قابل توجهی افزایش یافت. بیشترین مقادیر رادیکال‌های آزاد DPPH مربوط به آلکالاز پس از ۳۰ دقیقه (۳۶/۴۵ درصد) و کمترین مقادیر مربوط به فلاورزایم پس از ۱۰ دقیقه بوده است (۱۴/۳۵ درصد). براساس نتایج این تحقیق، پروتئین‌های هیدرولیز شده از جلبک اسپیرولینا قادر به اهداء پروتون در واکنش با رادیکال‌های آزاد هستند و در نتیجه منجر به پایان واکنش‌های زنجیره‌ای رادیکال‌های آزاد می‌شوند. این پپتیدها با خاصیت الکترون‌دهندگی بیشتری که به طور مستقیم با افزایش مدت زمان هیدرولیز پروتئین مرتبط است، قادر به تحویل الکترون به رادیکال‌های

هیدرولیز بیشتر پروتئین‌ها منجر به افزایش قابل توجه قدرت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها می‌شود.

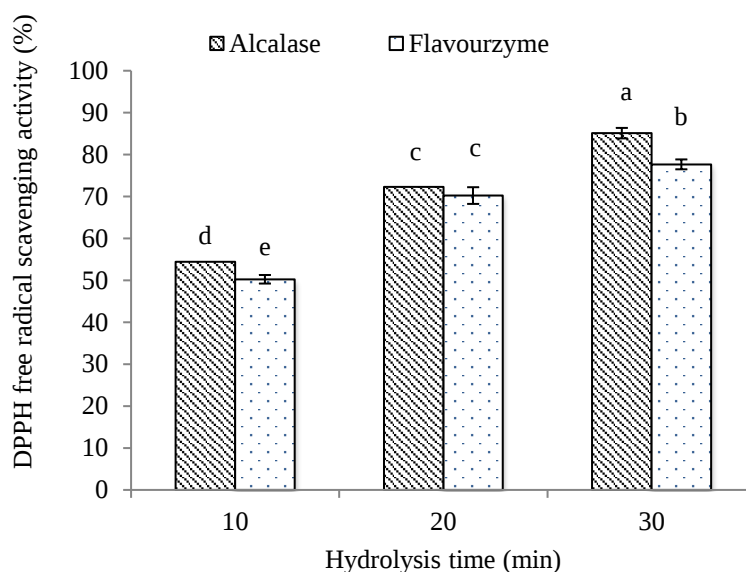


Figure 1: The DPPH free radical scavenging activity of spurlina protein hydrolysates

Different letters in the same times showed a significant difference at $p < 0.05$.

نتایج آماری نیز نشان می‌دهند که این افزایش قابل توجه است و با افزایش زمان هیدرولیز نیز، قدرت احیاکنندگی به طور معنادار افزایش می‌یابد. بنابراین، استفاده از زمان هیدرولیز بالاتر توصیه می‌شود. باید توجه داشت که آنزیم آلکالاز توانایی بیشتری در افزایش خاصیت احیاکنندگی دارد. بنابراین، استفاده از آنزیم آلکالاز به جای فلاورزایم می‌تواند منجر به افزایش قدرت احیاکنندگی آهن سه ظرفیتی شود [۴].

یکی از روش‌های استفاده شده برای ارزیابی توانایی ضد اکسیدانی یک ترکیب، روش سنجش قدرت احیای آهن با دادن الکترون یا هیدروژن است. تحقیقات متعدد نشان داده است که بین میزان فعالیت ضد اکسیدانی و قدرت کاهندگی یک ترکیب زیست فعال ارتباط مستقیم وجود دارد. در این روش، توانایی پروتئین‌های هیدرولیز شده در احیای یون Fe^{3+} به یون Fe^{2+} مورد ارزیابی قرار می‌گیرد [۴، ۱۰]. با توجه به نتایج استفاده از آنزیم آلکالاز نسبت به فلاورزایم، قدرت احیاکنندگی آهن سه ظرفیتی (فریک) افزایش می‌یابد.

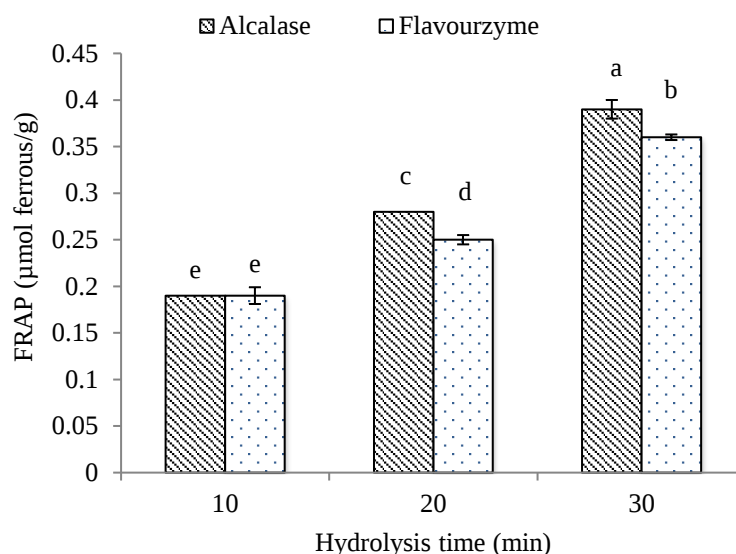


Figure 2: The FRAP of spurlina protein hydrolysates
Different letters in the same times showed a significant difference at $p < 0.05$.

آمینو اسید ایجاد شده است. این یافته‌ها نشان می‌دهند که پروتئین‌های هیدرولیز شده با حلالیت بالا، پتانسیل بالقوه‌ای در فرمولاسیون مواد غذایی دارند [۳۲]. این نتایج نشان می‌دهد که پروتئین‌های هیدرولیز شده با حلالیت بالا می‌توانند به عنوان عوامل پایداری و افزایش کف‌زنی در فرمولاسیون مواد غذایی استفاده شوند. در تحقیقات Yathisha و همکاران (۲۰۲۲)، نشان داده شده است که حلالیت پروتئین هیدرولیز شده از ماهی روبان (*Lepturacanthus Savala*) با افزایش زمان و درجه هیدرولیز افزایش می‌یابد [۲۷]. این نتایج نشان می‌دهند که زمان و شدت هیدرولیز بر حلالیت پروتئین‌ها تأثیر مهمی دارد و با افزایش آنها، حلالیت پروتئین‌ها نیز افزایش می‌یابد. تحقیقات Ma و همکاران (۲۰۱۸) نشان داده است که با افزایش زمان هیدرولیز، حلالیت پروتئین حاصل از هیدرولیز آنزیمی پروتئین سویا نیز افزایش می‌یابد. این افزایش ممکن است به دلیل تجزیه پروتئین‌ها به پپتیدهای کوچک‌تر و قابل حل در محیط‌های مختلف باشد که حلالیت بیشتری دارند [۳۷].

۳-۵ خواص عملکردی

از بین تمام خواص عملکردی پروتئین‌ها، حلالیت بیشترین تأثیر را در ارتباط با سودمندی پروتئین‌های هیدرولیز شده در سیستم‌های غذایی دارد. سایر خصوصیات خواص عملکردی مانند کف و امولسیون و ویژگی‌های ژل سازی معمولاً به محلول بودن پروتئین در محیط مربوطه نیاز دارند. بنابراین، به نظر می‌رسد پروتئین‌های نامحلول پتانسیل کاربرد بسیار کمتری در مواد غذایی داشته باشند [۳۶].

بر اساس نتایج تحقیق فعلی، آنزیم آلکالاز نسبت به فلاورازیم، توانایی بیشتری در افزایش حلالیت پروتئین‌های هیدرولیز شده از خود نشان داده است. همچنین، مشخص شد که با افزایش زمان هیدرولیز، حلالیت به طور معناداری افزایش می‌یابد. نتایج نشان داده است که درجه هیدرولیز و حلالیت پروتئین‌ها رابطه مستقیمی دارند، به این معنی که با افزایش درجه هیدرولیز، حلالیت نیز افزایش می‌یابد. این افزایش در حلالیت به دلیل آزاد شدن پپتیدهای کوچک و تشکیل گروه‌های کربوکسیلیک و آمین جدید از اسیدهای

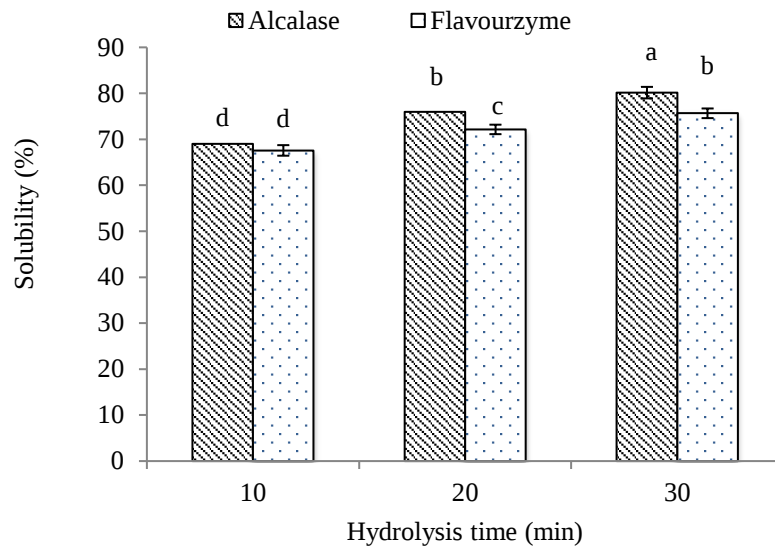


Figure 3: The solubility of spurlina protein hydrolysates
Different letters in the same times showed a significant difference at $p < 0.05$.

درجه هیدرولیز منجر به تولید پپتیدهای با وزن مولکولی کمتر می‌شود. پپتیدهای با وزن مولکولی کمتر به دلیل حلالیت بالا، قادر به ایجاد خواص امولسیفایری مطلوب هستند. بنابر این در مطالعه حاضر نیز به طور خاص، پروتئین‌های هیدرولیز شده توسط آنزیم آلکالاز در زمان هیدرولیز ۳۰ دقیقه، بیشترین خاصیت امولسیون‌زایی و پایداری امولسیون را دارا هستند. Ghelich و همکاران (۲۰۲۲) نیز اعلام نمودند با افزایش زمان هیدرولیز ویژگی‌های امولسیونی پروتئین هیدرولیز شده جوانه گندم بهبود می‌یابد و همچنین استفاده از آنزیم آلکالاز نسبت به فلاورزایم سبب افزایش ظرفیت امولسیون‌کنندگی شد [۲۴].

خاصیت امولسیون‌کنندگی پروتئین‌ها می‌تواند به عنوان توانایی پروتئین در تشکیل و تثبیت امولسیون‌ها تعریف شود. توانایی تشکیل امولسیون ویژگی اساسی مورد نیاز هر بخش پروتئینی می‌باشد که به عنوان ماده غذایی با خاصیت عملکردی مناسب می‌تواند در صنایع غذایی مورد استفاده قرار گیرد [۳۸]. مطالعه حاضر نتایجی را نشان داده است که تطابق بین خاصیت امولسیون‌زایی و پایداری امولسیون وجود دارد. تمامی پروتئین‌های هیدرولیز شده در این مطالعه اثبات کرده‌اند که دارای خاصیت امولسیون‌زایی بالا هستند و پروتئین‌های هیدرولیز شده توسط آنزیم آلکالاز و زمان هیدرولیز بالاتر، مقادیر بیشتری از خاصیت امولسیون‌کنندگی را دارا بود. وزن مولکولی و حلالیت پپتیدهای حاصل از هیدرولیز پروتئین‌ها دو عامل مهم در تعیین شاخص فعالیت امولسیفایری و پایداری امولسیون هستند. هیدرولیز پروتئین‌ها باعث کاهش وزن مولکولی آن‌ها می‌شود و افزایش

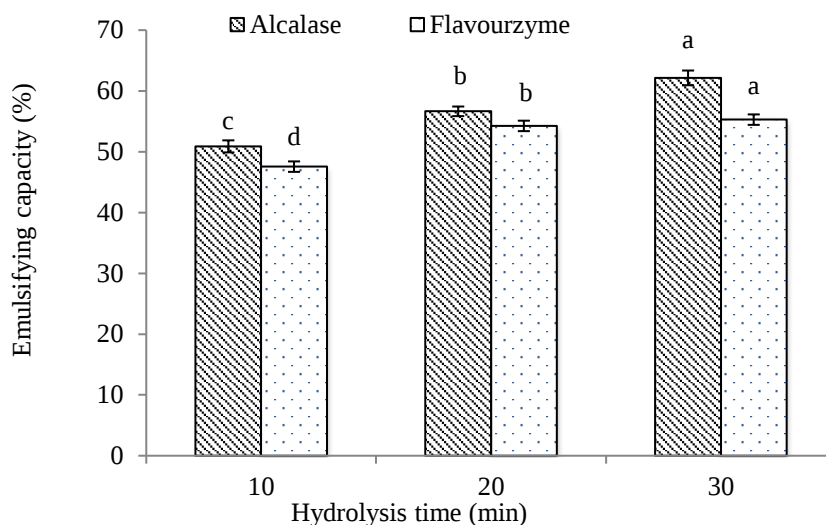


Figure 4: The emulsifying capacity of spurlina protein hydrolysates
Different letters in the same times showed a significant difference at $p < 0.05$

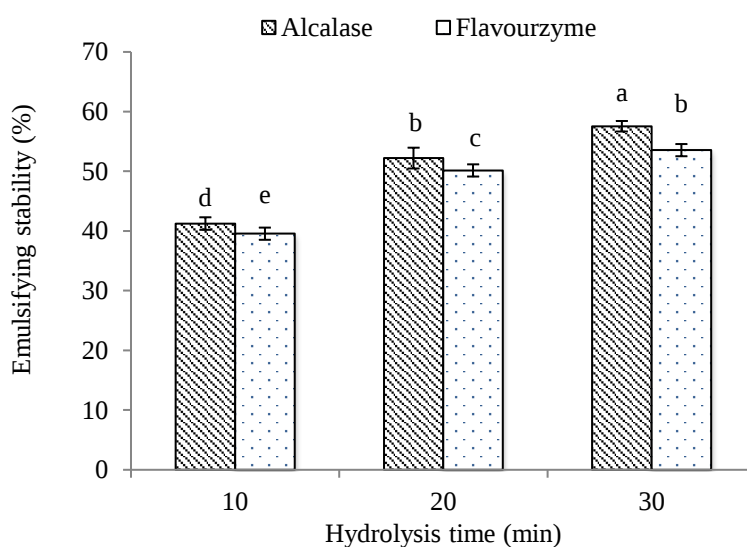


Figure 5: The emulsifying stability of spurlina protein hydrolysates
Different letters in the same times showed a significant difference at $p < 0.05$.

ظرفیت کف کنندگی هستند. با افزایش زمان هیدرولیز، مقادیر ظرفیت کف کنندگی نیز افزایش می‌یابد. به طور خاص، پروتئین‌های هیدرولیز شده توسط آنزیم آلکالاز با زمان هیدرولیز ۳۰ دقیقه، بیشترین ظرفیت کف کنندگی و پایداری کف را دارا می‌باشند. این نتایج نشان می‌دهند که هیدرولیز پروتئین‌ها توسط آنزیم آلکالاز می‌تواند بهبود قابل توجهی در کف کنندگی و پایداری کف مخلوط کلونیدی ایجاد کند. سه ویژگی مهم جهت نشان دادن ظرفیت کف کنندگی خوب

کف مخلوط کلونیدی با فاز پیوسته مایع و فاز پراکنده گاز، از نظر ترمودینامیکی به عنوان یک سیستم ناپایدار محسوب می‌شود [۳۹]. نتایج مربوط به مطالعه حاضر نشان داده‌اند که کف کنندگی و پایداری کف با یکدیگر همخوانی دارند. تمامی پروتئین‌های هیدرولیز شده نشان داده‌اند که دارای کف کنندگی بالا هستند و پروتئین‌های هیدرولیز شده توسط آنزیم آلکالاز در تمامی زمان‌های هیدرولیز دارای مقادیر بالاتری از

حباب‌ها و مایع کاهش بیشتری از خود نشان می‌دهد و ظرفیت تشکیل کف افزایش می‌یابد. با انجام فرایند هیدرولیز، وزن مولکولی پروتئین‌ها کاهش یافته و در نتیجه حلالیت افزایش یافته و خاصیت تشکیل کف توسط پروتئین‌ها کوچکتر و بیشتر می‌شود. این ویژگی‌ها باعث می‌شود که پروتئین‌های هیدرولیز شده توسط آنزیم‌ها به عنوان عامل‌های کف کننده مناسب عمل کنند [۴۰، ۴۱، ۴۲].

عبارتند از مهاجرت سریع در حد فاصل آب و هوا، رها شدن و بازسازی مجدد در این حد فاصل. نمونه‌های هیدرولیز شده معمولاً شامل پپتیدهایی با اسیدهای آمینه هیدروفوب و دارای ویژگی آبگریزی بیشتر هستند، که به سرعت در این حد فاصل جذب می‌شوند. پروتئین‌ها به علت داشتن ترکیبات فعال سطحی منجر به تشکیل کف می‌شوند و با افزایش حلالیت پروتئین‌ها، کشش سطحی در فضای بین سطحی

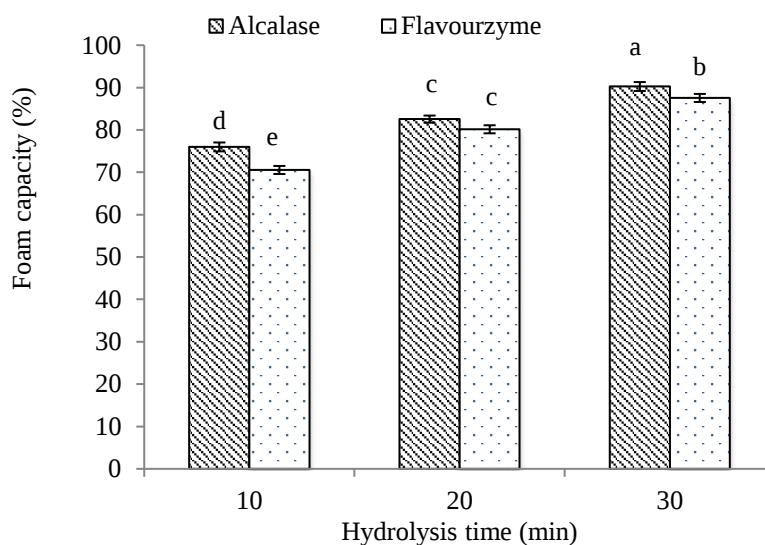


Figure 6: The foaming capacity of spurlina protein hydrolysates
Different letters in the same times showed a significant difference at $p < 0.05$.

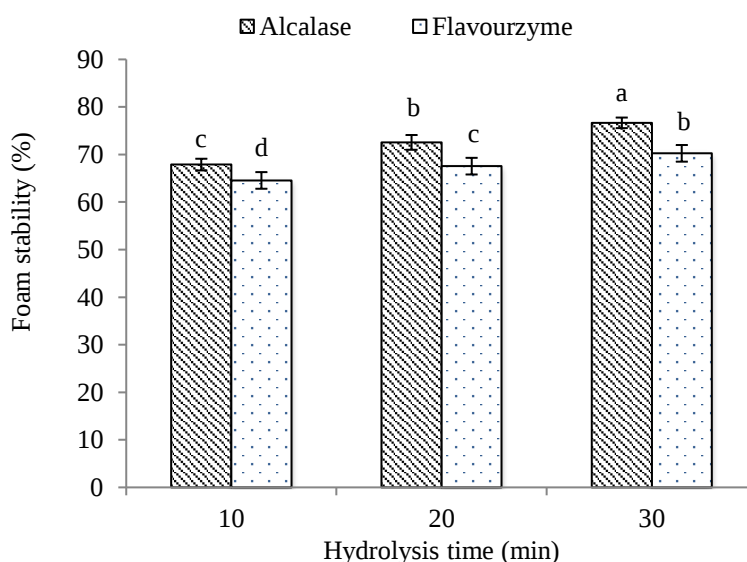


Figure 7: The foaming stability of spurlina protein hydrolysates
Different letters in the same times showed a significant difference at $p < 0.05$.

نتایج حاکی از این بررسی نشان داد که پپتیدهای حاصل از هیدرولیز آنزیمی جلبک اسپیرولینا قابلیت مهار کردن

۴- نتیجه گیری نهایی:

پپتیدهای بیولوژیکی با خواص آنتی‌اکسیدانی و عملکردی قابل قبول می‌شود. بنابراین، پپتیدهای حاصل از هیدرولیز آنزیمی جلبک اسپیرولینا به عنوان ترکیبات مفید در محصولات غذایی و سایر صنایع مورد توجه قرار می‌گیرند.

۵-منابع

- [1] Jia, J., Maa, H., Zhao, W., Wang, Z., Tian, W., & Luo, L. (2010). The use of ultrasound for enzymatic preparation of ACE-inhibitory peptides from wheat germ protein. *Food Chemistry*, 119, 336–342.
- [2] Nemati, M., Shahoseini, S. R., & Ariaii, P. (2024). Review of fish protein hydrolysates: Production Methods, Antioxidant and antimicrobial activity and nanoencapsulation. *Journal of Food Science and Biotechnology*.
- [3] Chi, C. F., Hu, F. Y., Wang, B., Li, T., & Ding, G. F. (2015). Antioxidant and anticancer peptides from the protein hydrolysate of blood clam (*Tegillarca granosa*) muscle. *Journal of Functional Foods*, 15, 301-313.
- [4] Shahosseini, S. R., Javadian, S. R., & Safari, R. (2022). Effects of Molecular Weights -Assisted Enzymatic Hydrolysis on Antioxidant and Anticancer Activities of *Liza abu* Muscle Protein Hydrolysates. *International Journal for Peptide Research & Therapeutics*, 28, 72.
- [5] Feyzi, S., Varidi, M., Zareb, F., & Varidi, M. J. (2015). Extraction Optimization of Fenugreek Seed Protein. *Science of Food and Agriculture*, 15, 3165–3176.
- [6] Shahosseini, S. R., Javadian, S. R., & Safari, R. (2023). Evaluation of antibacterial and antioxidant activities of *Liza abu* viscera protein hydrolysate. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 15(1), 143-155.
- [7] Bumandalai, O., Bayliss, K. L., & Moheimani, N. R. (2024). Innovative processes for combating contaminants in fresh *Spirulina*. *Algal Research*, 78, 103397.
- [8] Lafarga, T., Fernández-Sevilla, J. M., González-López, C., & Acién-Fernández, F. G. (2020). *Spirulina* for the food and functional food industries. *Food Research International*, 137, Article 109356.
- [9] Nemati, M., Javadian, S. R., Ovissipour, M., & Keshavarz, M. (2012). A study on the properties of alosa (*Alosa caspia*) by-products protein hydrolysates using commercial enzymes. *World Applied Sciences Journal*, 18(7), 950-956.
- [10] Yaghoobzadeh, Z., Peyravii Ghadikolaii, F., Kaboosi, H., Safari, R., & Fattahi, E. (2020). Antioxidant Activity and Anticancer Effect of Bioactive Peptides from Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Skin Hydrolysate. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 26, 625–632.
- [11] AOAC. (2005). Official Method of Analysis (17th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- [12] Dorvaj, Z., Javadian, S. R., Oveissipour, M., & Nemati, M. (2013). Use of Protein Hydrolysates From Caspian Sea Sprat (*Clupeonella Cultiventris*) As A Nitrogen Source For Bacteria Growth Media (*Vibrio Anguillarum*, *Bacillus Licheniformis*, *Bacillus Subtilis*). *Journal of Aquatic Animals & Fisheries*, 4(15), 11-18.
- [13] Kristinsson, H. G., & Rasco, B. A. (2000). Fish protein hydrolysates: Production, biochemical and functional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(1), 43-81.
- [14] Bougatef, A., Hajji, M., Balti, R., Lassoued, I., Triki-Ellouz, Y., & Nasri, M. (2009). Antioxidant and free radical-scavenging activities of smooth hound (*Mustelus mustelus*) muscle protein hydrolysates obtained by gastrointestinal proteases. *Food Chemistry*, 114, 1198-1205.
- [15] Sheih, I. C., Wu, T. K., & Fang, T. J. (2009). Antioxidant properties of a new antioxidative peptide from algae protein waste hydrolysate in different oxidation systems. *Bioresource Technology*, 100(13), 3419-3425.
- [16] Bera, M. B., & Mukherjee, R. K. (1989). Solubility, emulsifying, and foaming properties

- of rice bran protein concentrates. *Journal of Food Science*, 54(1), 142-145.
- [17] Slizyte, R., Mozuraitytė, R., Martínez-Alvarez, O., Falch, E., Fouchereau-Peron, M., & Rustad, T. (2009). Functional, bioactive, and antioxidative properties of hydrolysates obtained from cod (*Gadus morhua*) backbones. *Process Biochemistry*, 44, 668-677.
- [18] Shahidi, F., & Onoderalore, A. (1995). Water dispersions of myofibrillar proteins from capelin (*Mallotus villosus*). *Food Chemistry*, 53, 51-54.
- [19] Tańska, M., Konopka, I., & Ruskowska, M. (2017). Sensory, physico-chemical, and water sorption properties of corn extrudates enriched with *Spirulina*. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72, 250-257.
- [20] Koli, D. K., Rudra, S. G., Bhowmik, A., & Pabbi, S. (2022). Nutritional, functional, textural, and sensory evaluation of *Spirulina* enriched green pasta: A potential dietary and health supplement. *Foods*, 11(7), 979. <https://doi.org/10.3390/foods11070979>
- [21] El-Hameed, A., Mahmoud, K., El-Maatti, A., El-Saidy, S. M., & Ahmed, S. M. (2018). Effect of adding *Spirulina platensis* in pasta products (spaghetti). *Journal of Agricultural Research*, 45, 293-300.
- [22] Taghdiri, S., Emtiazjoo, M., Azizi, M. H., Ariaii, P., & Sedaghati, M. (2023). The effect of hydrolyzed protein obtained from *Chlorella vulgaris* on the shelf life and quality of oil cake during the storage period. *Food Measure. Advance online publication*. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-02186-y>
- [23] Mirsadeghi Darabi, D., Ariaii, P., Safari, R., & Ahmadi, M. (2022). Effect of clover sprouts protein hydrolysates as an egg substitute on physicochemical and sensory properties of mayonnaise. *Food Science & Nutrition*, 10, 253-263.
- [24] Ghelich, S., Ariaii, P., & Ahmadi, M. (2022). Evaluation of Functional Properties of Wheat Germ Protein Hydrolysates and Its Effect on Physicochemical Properties of Frozen Yogurt. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 28(1), 69.
- [25] FAO/WHO. (1990). Energy and protein requirements. Report of joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation Technical Report. FAO/WHO and United Nations University, Geneva, Series No. 724.
- [26] Firmansyah, M., & Abduh, M. Y. (2019). Production of protein hydrolysate containing antioxidant activity from *Hermetia illucens*. *Heliyon*, 5(6), e02005.
- [27] Yathisha, U. G., Vaidya, S., & Bangera Sheshappa, M. (2022). Functional Properties of Protein Hydrolyzate from Ribbon Fish (*Lepturacanthus Savala*) as Prepared by Enzymatic hydrolysis. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 187-203.
- [28] Chew, R. M., Mohd Zin, Z., Ahmad, A., Mohtar, N. F., Rusli, N. D., & Zainol, M. K. (2020). Physicochemical and sensory properties of deep-fried battered squid containing Brownstripe red snapper (*Lutjanus vitta*) protein hydrolysate. *Food Research*, 4(4), 1245-1253.
- [29] Morsy, O. M., Sharoba, A. M., El-Desouky, A. I., Bahlol, H. E. M., & Abd El Mawla, E. M. (2014). Production and evaluation of some extruded food products using *spirulina* algae. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, 52(4), 495-510.
- [30] Varedesara, M. S., Ariaii, P., & Hesari, J. (2021). The effect of grape seed protein hydrolysate on the properties of stirred yogurt and the viability of *Lactobacillus casei* in it. *Food Science and Nutrition*, 9, 2180-2190.
- [31] Aderinola, T., Fagbemi, T., Enujiugha, V., Monisola Alashi, A., & Emmanuel Aluko, R. (2018). Amino acid composition and antioxidant properties of *Moringa oleifera* seed protein isolate and enzymatic hydrolysates. *Heliyon*, 4(10), e00877.
- [32] Dong, S., Zeng, M., Wang, D., Liu, Z., Zhao, Y., & Yang, H. (2008). Antioxidant and biochemical properties of protein hydrolysates prepared from Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Food Chemistry*, 107, 1485-1493.
- [33] Bahram, S., Khezri, M., & Javadian, S. R. (2020). Evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of hydrolyzed protein of *Saurida tumbil*. *Experimental Animal Biology*, 9(2), 23-35.
- [34] Sheih, I. C., Wu, T. K., & Fang, T. J. (2009). Antioxidant properties of a new antioxidative peptide from algae protein waste hydrolysate in different oxidation systems. *Bioresource Technology*, 100(13), 3419-3425.

- [35] Wen, C., Zhang, J., Zhang, H., Duan, Y., & Ma, H. (2019). Effects of divergent ultrasound pretreatment on the structure of watermelon seed protein and the antioxidant activity of its hydrolysates. *Food Chemistry*, 299, 30: 125165.
- [36] Wouters, A. G. B., Rombouts, I., Fierens, E., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2016). Relevance of the functional properties of enzymatic plant protein hydrolysates in food systems. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(4), 786-800.
- [37] Ma, W., Qi, B., Sami, R., Jiang, L., Li, Y., & Wang, H. (2018). Conformational and functional properties of soybean proteins produced by extrusion-hydrolysis approach. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2018, 9182508.
- [38] Zayas, J. F. (1997). Emulsifying properties of proteins. In *Functionality of Proteins in Food* (pp. 134–227). Springer.
- [39] Boye, J. I., Aksay, S., Roufik, S., Ribéreau, S., Mondor, M., Farnworth, E., & Rajamohamed, S. H. (2010). Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Journal of Food Research International*, 43, 538–546.
- [40] García-Moreno, P. J., Guadix, A., Guadix, E. M., & Jacobsen, C. (2016). Physical and oxidative stability of fish oil-in-water emulsions stabilized with fish protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 253, 124-135.
- [41] Mazloomi-Kiyapey, S. N., Sadeghi-Mahoonak, A., Ranjbar-Nedamani, E., & Nourmohammadi, E. (2019). Production of antioxidant peptides through hydrolysis of medicinal pumpkin seed protein using pepsin enzyme and the evaluation of their functional and nutritional properties. *ARYA Atherosclerosis*, 15(5), 218-227.
- [42] Sakanaka, S., Tachibana, Y., & Okada, Y. (2005). Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea (kakinoha-cha). *Food Chemistry*, 89, 569-575.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Evaluation of the functional and antioxidant properties of peptides derived from enzymatic hydrolysis of Spirulina algae

Andisheh Tavakoli¹, Reza Farahmandfar^{2*}, Ali Motamedzadegan³, Peiman Ariaii⁴, Maryam Asnaashari⁵

1- PhD student, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

2- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

3- Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

4- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

5- Department of Animal Processing, Animal Science Research Institute of Iran (ASRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2023/5/12 Accepted: 2024/12/22	Enzymatic hydrolysis of Spirulina algae protein, commonly practiced in the food industry, leads to increased protein value and the production of biologically active and functional peptides with high digestibility and desirable antioxidant properties. This study aims to investigate the antioxidant and functional properties of bioactive peptides derived from enzymatic hydrolysis of Spirulina algae. In the evaluation process, Spirulina algae proteins were hydrolyzed using alcalase and flavozyne enzymes for different durations of 10, 20, and 30 minutes. The degree of hydrolysis, protein recovery, antioxidant properties of the peptides assessed through DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) and FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) assays, as well as the functional characteristics of the peptides including solubility, emulsifying and foam capacity and stability were evaluated. The results of these evaluations demonstrated that peptides derived from enzymatic hydrolysis of Spirulina algae exhibited high antioxidant properties and could act as scavengers of free radicals. Furthermore, these peptides displayed favorable functional properties, indicating their potential applications in various industries, including the food sector. Additionally, based on the results, alcalase enzyme showed higher capability in producing hydrolyzed proteins with higher degree of hydrolysis, protein content, and recovery, as well as better antioxidant and functional properties compared to flavozyne enzyme. The hydrolysis time also had a positive impact on these parameters. Therefore, this study highlights the antioxidant and functional properties of peptides derived from enzymatic hydrolysis of Spirulina algae, suggesting their potential utility as valuable compounds in food products and other industries.
Keywords: hydrolyzed protein, Spirulina algae, antioxidant properties, functional properties.	
DOI: 10.22034/FSCT.22.161.69. *Corresponding Author E- m.asnaashari@yahoo.com	



آنالیز انتقال حرارت و جرم طی فرآیند سرخ کردن هوای داغ و سرخ کردن عمیق میگو

بهاره معروف پور^۱، امان محمد ضیائی فر^{۲*}، محمد قربانی^۳، حسن صباغی^۴، سعید یلقی^۵

^۱ دانشجوی دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^{۲*} استاد گروه مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۳ استاد گروه شیمی مواد غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۴ استادیار گروه علوم و مهندسی مواد غذایی، دانشکده کشاورزی و دامپروری، مجتمع آموزش عالی تربت جام، خراسان رضوی، ایران

^۵ استادیار گروه شیلات، مرکز تحقیقات شیلات استان گلستان، گرگان، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۲۳

کلمات کلیدی:

میگو،

سرخ کردن هوای داغ،

انتقال جرم،

انتقال حرارت

در این پژوهش پدیده‌های انتقال طی سرخ کردن با هوای داغ و سرخ کردن عمیق بررسی شد. عملیات سرخ کردن با هوای داغ (HAF) و سرخ کردن عمیق (DFF) در دمای °C ۱۶۰ به مدت ۱۵ دقیقه برای قطعات استوانه‌ای میگو انجام گرفت. تغییرات دمای مرکزی محصول طی سرخ کردن با استفاده از ترموکوپل نوع T متصل به دستگاه ثبت داده در رایانه ثبت گردید. محتوی رطوبت و روغن نمونه‌ها در هر زمان از فرایند اندازه‌گیری شد. پارامترهای انتقال حرارت و جرم با استفاده از نمودارهای نسبت‌های دمایی و غلظت بدون بعد و معادلات تجربی برآورد شد. نتایج نشان داد که پارامترهای انتقال جرم و حرارت طی سرخ کردن با هوای داغ کمتر از روش سرخ کردن عمیق هستند. در سرخ کردن عمیق عدد بایوت و ضریب نفوذ موثر بالاتر از روش سرخ کردن هوای داغ بود. ثابت سینتیکی کاهش رطوبت در محصول در روش سرخ کردن عمیق بیشتر بود.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.86.

* مسئول مکاتبات:

ziaiifar@gau.ac.ir

۱-مقدمه

میگو به همراه ماهی قزل آلا^۱ مهم ترین محصولات تجاری ماهی در دنیا هستند. غذاهای دریایی^۲ مانند میگو، رژیم غذایی اصلی در بسیاری از کشورها هستند و در حال حاضر تقاضا برای این محصولات به عنوان منبع عالی اسیدهای چرب چند غیر اشباع^۳ تحت عنوان اُمگا^۴ و سایر اسیدهای چرب در حال افزایش است. سرانه مصرف سالیانه میگو در ایالات متحده به طور مداوم در حال افزایش است. صنعت میگو در کشورهای اقیانوس اطلس جنوبی و حوزه خلیج بسیار اهمیت دارد و از مهمترین گونه ها برای تولید غذاهای دریایی است [۱]. میگوها متعلق به خانواده خرچنگ^۵ هستند و از مهم ترین غذاهای دریایی از نظر اقتصادی در سراسر جهان در نظر گرفته می شوند. از نظر تغذیه ای پروتئین میگو زیست دسترسی^۶ بالایی دارد، زیرا به راحتی نسبت به پروتئین های منابع مختلف هضم^۷ می شود [۲]. میگو منبع غنی از ویتامین ب-۱۲، سلنیوم، اسیدهای چرب غیر اشباع اُمگا-۳ و استاکسانتین است که مشخص شده است که حمایت آنتی اکسیدانی برای سیستم عصبی^۸ و سیستم اسکلتی عضلانی^۹ فراهم می نمایند. به علاوه، برخی مطالعات نشان داده است که موجب کاهش خطر احتمال ابتلا به سرطان روده^{۱۰} با جذب آستاکسانتین و کاهش احتمال خطر برخی مشکلات مرتبط با دیابت می گردد [۳].

میگو معمولاً به شکل منجمد یا آبزدایی شده ذخیره می گردد [۴]. میگو با روش های مختلفی مانند بخاردهی و جوشاندن نیز فرآوری می شود و راندمان فرآوری و کیفیت نهایی آن بستگی به نوع و شرایط فرآیند دارد [۵]. انواع روش های پخت ماهی و میگو به صورت کبابی^{۱۱}، پروارنده^{۱۲}، سرخ شده و پخته شده از نظر تاثیر بر ترکیبات فلزات

سنگین و مواد معدنی بررسی شده است. مشخص شده است که تغییر در روش های پخت بهترین راه حل برای کاهش فلزات سنگین خطرناک و افزایش جذب مواد مغذی مفید است [۶]. میگوها منابع کاروتنوئیدها - ایزوپرنوئیدها^{۱۳} هستند. پخت میگو موجب کاهش تعداد میکروارگانیسم ها، تغییرات خصوصیات کیفی، تاثیر بر خواص حسی، فیزیکی، حرارتی و بافت (محتوی رطوبت، دانسیته، هدایت حرارتی، تغییرات حجم، چروکیدگی و غیره) و باعث اُفت بازدهی تولید (به عنوان یک عامل اقتصادی مهم ناشی از تغییرات در محتوی رطوبت) می گردد. در واقع طی فرآوری حرارتی، پروتئین های میگو دچار دناتوراسیون می شوند و توانایی نگهداری آب خود را از دست می دهند که این امر می تواند موجب کاهش بازدهی تولید و تغییرات ابعادی شود. کاهش بار میکروبی و اُفت بازدهی تولید دو معیار مهم در به کارگیری برنامه ریزی مناسب پخت برای میگو است. زمان های پخت کوتاه و دماهای بالا محصول بهتری را از نظر ایمنی و سرعت بازدهی تولید و خواص حسی فراهم می نماید. پیش بینی کشندگی برای میکروارگانیسم ها و اُفت بازدهی تولید در ترکیب های دما-زمان مختلف، اطلاعات مناسبی را جهت یک رویکرد آگاهانه در رابطه با بهینه سازی فرآیند پخت ایجاد می کند. این تغییرات با تاریخچه دمایی محصول و توزیع دمایی آن مرتبط هستند. تمام این موارد ممکن است با استفاده از مدل های ریاضی توسعه یافته برای کمک به صنعت در بهینه سازی فرآوری حرارتی میگو و افزایش کیفیت، تخمین زده شوند و ساده سازی گردند [۷].

- 8- Nervous system
- 9 -Musculoskeletal system
- 10 -Colon cancer
- 11 -Grilled
- 12- Curried
- 13- Carotenoids-isoprenoids

- 1- Salmon
- 2- Seafood
- 3- Polyunsaturated fatty acids
- 4- Omega
- 5- Crustacean
- 6 -Bioavailability
- 7 -Digestibility

به دلیل اهمیت کنترل جذب روغن در محصولات سرخ‌شده، استراتژی‌های زیادی مانند فشار پایین [۸]، حرارت‌دهی ماکروویو [۹]، حرارت‌دهی هوای داغ یا پیش تیمارهای مختلف مانند بلانچینگ، پوشش‌دهی، انجماد [۱۰] یا پیش خشک‌کردن [۱۱] با هدف کاهش مقدار جذب روغن، کاهش مدت زمان فرایند، طولانی‌شدن ماندگاری ماده اولیه و آماده‌سازی فراوده برای عرضه به صنایع غذایی، رستوران‌ها یا منازل پیشنهاد شده است. اصلاحات فرآیند می‌توانند تا حد زیادی از خطرات تهدید کننده سلامت و افت کیفیت محصول نهایی پیشگیری کند. در سال‌های اخیر سرخ‌کردن با هوای داغ^{۱۴} به عنوان یک فرآیند جایگزین سرخ‌کردن عمیق^{۱۵} معرفی شده است. تجهیزات سرخ‌کردن با هوای داغ در بازار موجود و در حال تکامل است [۱۲]. در این روش، محصول با قطرات روغن پخش شده در هوای داغ در تماس مستقیم قرار می‌گیرد و از این طریق، محصول آبدایی شده و پوسته به تدریج روی محصول سرخ شده ظاهر می‌گردد [۱۳]. افزودن روغن می‌تواند قبل یا طی فرایند با پوشش اندک روی سطح ماده غذایی با هدف ایجاد طعم، بافت و ظاهر مطلوب محصولات سرخ‌شده انجام گیرد [۱۴]. سرخ‌کن‌های با هوای داغ، انتقال حرارتی یکنواخت بین هوا و محصول در حال سرخ‌شدن را فراهم می‌کنند [۱۵] که در نتیجه تغییرات کیفی در سراسر محصول به صورت یکنواخت صورت می‌گیرد [۱۴]. در سرخ‌کردن با هوای داغ در نهایت ماده غذایی سرخ‌شده با مقدار روغن بسیار پایین و سطح رطوبتی مشابه با سرخ‌کردن عمیق بدست می‌آید [۱۳]. در روش سرخ‌کردن با هوای داغ محصول از تمامی جهات در یک زمان حرارت داده می‌شود و در بیشتر موارد نیاز به افزودن روغن نیست [۱۲]. محصول سرخ شده توسط هوای داغ، ۸۰٪ روغن کمتری در مقایسه با سرخ‌کردن عمیق دارد [۱۶] و ذخیره ۷۰٪ انرژی و کاهش انتشار پساب‌های ناشی از سرخ‌کردن را به دنبال دارد [۱۷].

بنابراین، در مجموع سرخ‌کن‌های هوای داغ به عنوان یک تکنولوژی فرآوری گرمایشی جایگزین برای سرخ‌کردن مواد غذایی و یک روش پخت سالم‌تر در نظر گرفته می‌شوند و بایستی از جنبه‌های حسی محصول نیز تحقیق گردد [۱۸]. مطالعه مقایسه روش سرخ‌کردن عمیق و هوای داغ در رابطه با محصولات مختلف اهمیت دارد؛ زیرا پذیرش فرایند سرخ‌کردن با هوای داغ به خواص ارگانولپتیکی محصول نهایی (ظاهر، تردی، طعم، طعم دهانی چرب، رنگ، آروما و پذیرش کلی) و شباهت کیفی آن به فرایند سرخ‌کردن عمیق بستگی دارد [۱۵]. مصرف‌کنندگان به محتوی چربی بسیار توجه دارند و محتوی بالای چربی پذیرش محصول را کاهش می‌دهد [۱۹]. پارامترهای کیفی عمده موثر بر پذیرش محصولات سرخ‌شده شامل محتوی روغن و بافت است. بافت و محتوی چربی تحت تاثیر فرآیندهایی مانند بلانچینگ، خشک‌کردن با هوای داغ، پیش تیمارهای اسمزی، پوشش‌دهی (هیدروکلوئیدها و مشتقات نشاسته) و شرایط فرایند سرخ‌کردن (دما، زمان) قرار می‌گیرد. با وجود اهمیت کنترل فرآیند سرخ‌کردن و بهبود کیفیت محصول میگو، فرآوری این محصول دریایی با روش سرخ‌کردن به میزان خیلی کمی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است و تاکنون در زمینه فرآوری میگو با روش سرخ‌کردن هوای داغ و مقایسه آن با روش سرخ‌کردن عمیق پژوهشی انجام نشده است. همچنین مطالعات انتقال حرارت و جرم، خواص فیزیکی و شیمیایی و مدل‌سازی‌های غیر خطی در رابطه با محصول میگو و فرآیند سرخ‌کردن به روش هوای داغ کمتر مورد توجه قرار گرفته است یا تاکنون بررسی نشده است. با توجه به نقش مهم فرآیندهای غذایی در سلامت محصول نهایی، افزایش آگاهی در مورد جزئیات فرآیندی مانند سرخ کردن عمیق و سرخ‌کردن با هوای داغ موجب بهبود کنترل شرایط این فرآیند و در نتیجه کاهش مضرات ناشی از تجزیه ترکیبات مختلف بر سلامتی انسان در اثر مصرف میگو می‌شود. در تکنولوژی نوین به صورت سرخ‌کردن با هوای داغ، در نهایت ماده غذایی

سرخ شده با مقدار روغن بسیار پایین و سطح رطوبتی مشابه با سرخ کردن عمیق بدست می آید. در این پژوهش پدیده های انتقال، تغییرات کیفی میگو و ارزیابی حسی آن طی سرخ کردن با هوای داغ بررسی شد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- آماده سازی میگو

میگوهای تازه و هم اندازه (میگوی پاسفید^{۱۶}) از پرورش میگوی گرگان در شمال ایران (شهرک صنعتی بندر ترکمن، شرکت شیل آبری گلستان) خریداری شدند و در کیسه هایی از جنس پلی اتیلن در داخل فریزر در دمای انجماد قرار گرفتند. جهت آماده سازی نمونه ها، میگوها در دمای اتاق به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفتند. میگوها ابتدا شسته شدند و به صورت قطعاتی تقریباً استوانه ای با قطر برابر با ۹ میلی متر و ارتفاع ۱۵ میلی متر جداسازی و آماده شدند.

۲-۲- عملیات سرخ کردن میگو

عملیات سرخ کردن میگو با دو روش سرخ کردن هوای داغ (HAF) و سرخ کردن عمیق (DFF) انجام گرفت:

۲-۲-۱- عملیات سرخ کردن با هوای داغ

عملیات سرخ کردن با هوای داغ برای میگو پس از توزین اولیه و ثبت وزن آن توسط ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۰۱ (Sartorius GCA803S)، با پاشش ۰/۰۱ گرم روغن روی قطعات میگو در دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد در یک سرخ کن هوای داغ (Geepas-Gaf2708) طی مدت ۱۵ دقیقه انجام گرفت. ماکزیمم سرعت هوای داغ برابر با ۶/۵ متر بر ثانیه بود که با دستگاه بادسنج (hot wire anemometer TES 1341) اندازه گیری شد.

نمونه ها با فاصله زمانی سه دقیقه از سرخ کن خارج شدند. پس از اتمام فرآیند سرخ کردن، نمونه حدود ۲ دقیقه روی کاغذ جاذب قرار گرفت تا روغن سطحی آن خارج شود. سپس میگوی سرخ شده توزین شد و برای اندازه گیری رطوبت آن گذاری شد. با هدف فراهم سازی شرایط معین در بررسی فرآیند، ترکیب شیمیایی و مقطع عرضی برای هر میگو یکسان فرض شد.

۲-۲-۲- عملیات سرخ کردن عمیق

مطابق مویانو و پدرسچی (۲۰۰۶)، پس از توزین میگو و ثبت وزن اولیه آن، فرآیند سرخ کردن عمیق در یک سرخ کن (Moulinex Olea Plus) حاوی یک لیتر روغن آفتابگردان اوپلا و مجهز شده به کنترل کننده دما دارای ترموکوپل نوع K در دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه انجام شد [۱۰]. فاصله زمانی میزان حرارت دهی نمونه ها در این روش ۱، ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ دقیقه بود.

۲-۳- تجزیه و تحلیل انتقال جرم طی سرخ کردن

به منظور بررسی پدیده های انتقال جرم طی سرخ کردن میگو به روش عمیق و هوای داغ مراحل ذیل انجام گرفت:

۲-۳-۱- اندازه گیری محتوی رطوبت محصول

ظروف فلزی مخصوص خشک کردن در آون (Memmert UFP500) با دمای ۱۲۰°C به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفت و پس از دسیکاتور گذاری و توزین، وزن ثابت ظروف فلزی بدست آمد. نمونه های سرخ شده مطابق دستورالعمل مخصوص اندازه گیری رطوبت نمونه های چرب، توزین شده و به مدت ۱۶ ساعت در دمای ۱۰۳ درجه سانتی گراد توسط آون همرفتی جهت رسیدن به وزن ثابت خشک شدند (AOAC, 1995). بعد از خشک شدن، ظرف حاوی نمونه بوسیله گیره فلزی به دسیکاتور منتقل شده و پس از

بالن پس از استخراج و m وزن نمونه خشک بدون روغن بر حسب گرم می باشد.

$$W_{oil} = \frac{W_1 - W_2}{m} \quad (2)$$

۲-۳-۳- تخمین پارامترهای انتقال جرم

داده های مربوط به تغییرات رطوبت-زمان برای میگو طی سرخ کردن برای تخمین پارامترهای انتقال جرم مانند عدد بایوت، ضریب انتقال جرم و نفوذ رطوبت همانند کار یلدیز و همکاران (۲۰۰۷) و صباغی و همکاران (۲۰۱۷) استفاده شد [۳۲، ۲۰]. میگو به صورت استوانه نامحدود در نظر گرفته شد. رابطه ۳، غلظت را به عنوان تابعی از زمان و موقعیت برای یک استوانه نامحدود بدست می دهد. در معادلات فوق $C(x, t)$ محتوی رطوبت محصول در هر نقطه و در هر زمان بر حسب گرم آب بر گرم ماده خشک (g/g) و C_i ، (db) ، محتوی رطوبت اولیه محصول $(g/g, db)$ ، C_∞ ، محتوی رطوبت تعادلی محصول (رطوبت محصول در زمان بی نهایت) یا رطوبت بستر فرآیند است که می تواند صفر در نظر گرفته شود. L بُعد مشخصه برابر با نصف شعاع استوانه میگو بر حسب متر، D ضریب نفوذ موثر (m^2/s) ، k_c ضریب انتقال جرم (m/s) ، μ ریشه تابع غیر تجربی برای تیغه نامحدود و t زمان بر حسب ثانیه می باشد. رابطه (۷) مربوط به تغییرات غلظت متوسط رطوبت در استوانه نامحدود است. در رابطه (۸) عبارت $\bar{C}(t)$ میزان متوسط رطوبت محصول در زمان t بر حسب ماده خشک $(g/g, db)$ می باشد. با در نظر گرفتن قانون انطباق^{۱۷} یا قانون مجموع^{۱۸}، رابطه (۵) برای دو بُعد میگو بدست می آید. با رسم منحنی لگاریتم طبیعی تغییرات غلظت در برابر زمان و بدست آوردن عرض از مبدا خط حاصل با استفاده از رابطه (۶)، مقدار μ_1 و سپس با استفاده از شیب آن مقدار ضریب نفوذ موثر (D) محاسبه شد. عدد بدون بُعد بایوت انتقال جرم

سرد شدن توزین گردید. با استفاده از رابطه (۱) میزان رطوبت نمونه بر مبنای وزن خشک بدون روغن محاسبه شد. آزمایش در سه تکرار انجام شد. در این رابطه، M جرم نسبی رطوبت بر مبنای وزن خشک بدون روغن $(g/g, db)$ ، W_0 وزن ثابت ظرف فلزی، W_1 وزن ظرف به همراه نمونه قبل از خشک کردن، W_2 وزن ظرف به همراه نمونه بعد از خشک کردن و W_{oil} وزن روغن جذب شده بر حسب ماده خشک (بعد از انجام آزمایش سوکسله) همگی بر حسب گرم می باشند.

(۱)

$$M = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_0 - W_{oil}}$$

۲-۳-۲- اندازه گیری محتوی روغن محصول در سرخ کردن عمیق

اندازه گیری محتوی روغن طی زمان برای میگوی سرخ شده با روش عمیق انجام گرفت. نمونه های خشک حاصل از اندازه گیری رطوبت برای اندازه گیری روغن به روش سوکسله توسط دستگاه سوکسله (Peco PSU-500) استفاده شدند (AOAC 2000). میگوی سرخ شده و خشک شده روی کاغذ صافی توزین شد و بعد از بستن کاغذ بوسیله دسته هاون چینی کاملاً خرد شد. بالن های سوکسله به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد در آون و سپس در دسیکاتور قرار گرفتند تا به وزن ثابت برسند. پس از اتصال دستگاه سوکسله به صورت سه تایی برای سه تکرار نمونه مربوط به هر تکرار در اکستراکتور دستگاه قرار گرفت. استخراج بوسیله حلال پترولیوم اتر به مدت ۶ ساعت انجام شد و جرم نسبی روغن بر حسب ماده خشک بدون روغن مطابق رابطه (۲) محاسبه شد. در این رابطه، W_{oil} میزان روغن جذب شده بر حسب ماده خشک بدون روغن $(g/g, db)$ ، W_1 وزن ثابت اولیه بالن، W_2 وزن نهایی

(Bi_m) و ضریب انتقال جرم (k_c) نیز با استفاده از رابطه (۷) محاسبه شد.

$$\frac{C(x,t) - C_\infty}{C_i - C_\infty} = \frac{2 \sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cos \mu_n} \times \cos \left(\mu_n \frac{x}{L} \right) \exp \left(-\mu_n^2 \frac{Dt}{L^2} \right) \quad (۳)$$

$$\frac{\bar{C}(t) - C_\infty}{C_i - C_\infty} = \frac{2 \sin^2 \mu_1}{\mu_1 [\mu_1 + \sin \mu_1 \cos \mu_1]} \exp \left(-\mu_1^2 \frac{Dt}{L^2} \right) \quad (۴)$$

$$\ln \left(\frac{\bar{C}(t) - C_\infty}{C_i - C_\infty} \right) = 2 \ln E - 2 \mu_1^2 \frac{Dt}{L^2} \quad (۵)$$

$$E = \frac{2 \sin^2 \mu_1}{\mu_1 [\mu_1 + \sin \mu_1 \cos \mu_1]} \quad (۶)$$

$$Bi_m = \mu_1 \tan \mu_1 = \frac{k_c L}{D} \quad (۷)$$

۲-۳-۴- بررسی سنتیک کاهش آب

۲-۴-۴- بررسی انتقال حرارت در حین سرخ کردن

۲-۴-۱- ثبت تغییرات دمای محصول

به منظور مطالعه حرارتی فرآیند سرخ کردن از روش مستقیم با قرار دادن ترموکوپل در داخل محصول استفاده شد. بدین منظور یک ترموکوپل نوع T در مرکز محصول قرار گرفت و سپس محصول در سرخ‌کن هوای داغ و سرخ‌کن عمیق که در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد که دمای آن بوسیله ترموکنترلر مجهز به ترموکوپل نوع K ثابت نگه داشته می‌شود، سرخ شد. تغییرات دمای مرکز محصول در مدت ۱۵ دقیقه با فاصله زمانی ۱ ثانیه بوسیله دیتالاگر ۲۰ (Model TC-08 "RS-232" Pico technology) و نرم‌افزار پیکولاگ ۲۱ در کامپیوتر ثبت شد. این آزمایش در سه تکرار انجام گرفت. نمودارهای حاصل از میانگین دمای ثبت شده مرکزی مورد بررسی قرار گرفت.

تغییرات رطوبت میگو طی سرخ کردن از یک تابع نمایی کاهشی پیروی می‌کند. معادله کلی جریان خروج آب از محصول طی سرخ کردن به صورت رابطه (۸) است [۲۱، ۲۲]:

در این معادله K_m نرخ ویژه^{۱۹} یا ثابت سنتیک کاهش آب محصول برحسب (۱/s) است که به خصوصیات هندسی و ترکیب اولیه محصول و شرایط فرآیند وابسته است. m_t و m_∞ به ترتیب رطوبت محصول در زمان t و زمان بی‌نهایت (g/g, db) می‌باشد. با رسم $\ln(m_t/m_\infty)$ در برابر زمان و بدست آوردن شیب خط حاصل، K_m برای دماهای مختلف آزمایش برآورد شد.

$$\ln \left(\frac{m_t - m_\infty}{m_i - m_\infty} \right) = -K_m t \quad (۸)$$

۲-۴-۲- محاسبه ویژگی های حرارتی میگو

مطابق حنان حمید و همکاران (2018)، ضریب انتقال حرارت هدایتی (k) و ظرفیت گرمایی ویژه (c_p) میگو به عنوان تابعی از پنج ترکیب مختلف نمونه (رطوبت، پروتئین، چربی، خاکستر و کربوهیدرات) به ترتیب با استفاده از رابطه (۹) و رابطه (۱۰) تخمین زده شد و تغییرات آن با زمان فرایند بررسی گردید [۲۳]. اندازه گیری پروتئین با استفاده از روش کجلدال، توسط دستگاه کجلتک (Behr InKjel 625P) و با در نظر گرفتن ضریب تبدیل 6/25 انجام شد (AOAC, 1996). مقدار خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی (Nabertherm B510) و در دمای ۵۵۰ درجه

سانتی گراد تعیین شد (AOAC, 1996). تمام اندازه گیری ها در سه تکرار انجام گرفت و نتایج بر مبنای وزن مرطوب گزارش گردید. در معادلات فوق، x_w مقدار رطوبت محصول بر حسب گرم ماده مرطوب ($g/g, wb$)، x_{pr} مقدار پروتئین محصول بر حسب گرم ماده مرطوب ($g/g, wb$)، x_f مقدار چربی محصول بر حسب گرم ماده مرطوب ($g/g, wb$)، x_c مقدار کربوهیدرات محصول بر حسب گرم ماده مرطوب ($g/g, wb$)، x_{ash} مقدار خاکستر محصول بر حسب گرم ماده مرطوب ($g/g, wb$)، k ضریب انتقال حرارت هدایتی بر حسب ($W/m.K$) و C_p ظرفیت گرمایی ویژه بر حسب ($J/kg.K$) است. نفوذ حرارتی (m^2/s) میگو با استفاده از معادله (۱۱) محاسبه شد.

$$k = 0.58x_w + 0.155x_{pr} + 0.16x_f + 0.25x_c + 0.135x_{ash} \quad (9)$$

$$C_p = 4187x_w + 1549x_{pr} + 1675x_f + 1424x_c + 837x_{ash} \quad (10)$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p} \quad (11)$$

طبیعی کسر دمایی انجام نشده در برابر زمان فرآیند، شیب بخش خطی منحنی برابر با $-2\mu_1^2 \frac{at}{L^2}$ خواهد بود [۳۲]. با توجه به اینکه نفوذ حرارتی α و نصف شعاع میگو مشخص است، μ_1 قابل محاسبه خواهد بود. در نهایت عدد بدون بُعد بایوت انتقال حرارت و ضریب انتقال حرارت جابجایی با استفاده از رابطه ۱۵ قابل تخمین است. در این معادلات $T(r, t)$ دمای محصول در هر نقطه و در هر زمان، T_i دمای اولیه محصول، T_∞ دمای بستر فرآیند بر حسب $^\circ C$ ، L نصف شعاع استوانه میگو بر حسب متر، α ضریب نفوذ حرارتی (m^2/s)، h ضریب انتقال حرارت جابجایی ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)، μ ریشه تابع غیر تجربی برای استوانه نامحدود و t زمان بر حسب ثانیه می باشد.

۲-۴-۳- تخمین ضریب انتقال حرارت جابجایی با دمای مرکزی

ضریب انتقال حرارت جابه جایی با حل معادلات برای هدایت حرارت یک بُعدی در مختصات کارتزین مطابق رابطه (۱۲) برآورد شد.

شکل هندسی محصول به صورت یک استوانه محدود می تواند حاصل برخورد یک صفحه نامحدود با استوانه نامحدود فرض شود. در این حالت کسر دمایی انجام نشده در حالت محدود از حاصل ضرب کسر دمایی دو هندسه نامحدود مطابق رابطه ۱۳ بدست می آید. با توجه به رابطه ۱۴، مطابق صباغی و همکاران (۲۰۱۷) با رسم لگاریتم

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t}, \quad 0 \leq x \leq L \quad \text{for } t > 0 \quad (12)$$

$$\left(\frac{T(r, z, t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} \right)_{\text{finite plate}} = \left(\frac{T(r, t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} \right)_{\text{infinite cylinder}} \times \left(\frac{T(z, t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} \right)_{\text{infinite plate}} \quad (13)$$

$$\ln \left(\frac{T(r, z, t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} \right) = \ln A - 2\mu_1^2 \frac{\alpha t}{L^2} \quad (14)$$

$$Bi_h = \mu_1 \tan \mu_1 = \frac{hL}{k} \quad (15)$$

در شکل (۱) تغییرات محتوی رطوبت میگو در حین سرخ کردن با هوای داغ و سرخ کردن عمیق به همراه انحراف معیار داده‌های آزمایشی به عنوان تابعی از زمان فرآیند نشان داده شده است. با شروع فرآیند سرخ کردن هوای داغ، نرخ کاهش رطوبت محصول تا زمانی که رطوبت سطحی کاملاً خشک نشده باشد افزایش می‌یابد و با کاهش رطوبت محصول به تدریج تغییرات رطوبتی به میزان ثابت می‌رسد. همان طور که انتظار می‌رود، پس از رسیدن دمای میگو به دمای جوش آب، تبخیر آب صورت می‌گیرد که در دماهای بالای سرخ کردن هوای داغ سریع‌تر اتفاق می‌افتد و شدت آن در ۳ دقیقه ابتدایی فرآیند بیشتر است که به دلیل تبخیر ناگهانی آب آزاد سطحی^{۲۳} محصول و اختلاف دمای بین سیال و نقطه جوش آب می‌باشد. در حین سرخ کردن هوای داغ، اختلاف فشار بخار جزئی بین محصول و هوای داغ باعث تبخیر آب می‌شود. این اختلاف فشار جزئی مسلماً در ابتدای فرآیند بیشتر می‌باشد. این مشاهدات با نتایج بسیاری از محققین سازگاری دارد [۱۰، ۲۲، ۲۵، ۲۶، ۲۷]. همان طور که مشخص است، شدت تغییرات رطوبت محصول طی سرخ کردن عمیق به گونه‌ای است که بعد از گذشت ۱ دقیقه از فرآیند، محتوی رطوبت محصول به حدود ۲ گرم بر گرم ماده خشک می‌رسد. شدت افت رطوبت میگو در تماس با روغن داغ در روش عمیق به نحوی است که پس از گذشت ۹ دقیقه از فرآیند،

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج بررسی میزان ترکیبات شیمیایی میگو و

ویژگی‌های حرارتی میگو

نتایج بررسی میزان آب، پروتئین، چربی، خاکستر، ماده خشک و کربوهیدرات میگوی پاسبید در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج با داده‌های (1996) USDA²² مطابقت دارد.

Table 1. Amount of shrimp chemical compounds

Chemical compounds	Amount (unit)
Protein	12.25(%) [*]
Fat	1(%) [*]
Ash	1.75 (%) [*]
Moisture	85 (%)
Dry matter	15 (%) [*]
Carbohydrate	negligible

^{*}Based on wet weight

۳-۲- نتایج بررسی انتقال جرم در حین سرخ کردن

هوای داغ

۳-۲-۱- تغییرات رطوبت محصول در حین سرخ کردن

هوای داغ

موئینگی و گرادیان فشار اتفاق می‌افتد و زمانی که به نقطه جوش آب می‌رسد، تبخیر توسط انتشار مولکولی صورت می‌گیرد [۲۸]. کاستا و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که طی سرخ کردن، نرخ کاهش آب تا تکمیل خشک شدن سطحی محصول به طور افزایشی است و سپس با افزایش زمان کاهش می‌یابد [۲۹]. فارکاس و هابارد (۲۰۰۰) و صباغی و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که حداکثر نرخ کاهش رطوبت در زمان‌های ابتدایی فرآیند سرخ کردن است [۳۰، ۳۱].

محتوی رطوبت محصول به حدود صفر می‌رسد در حالی که در روش هوای داغ این حالت مشاهده نشد. پن و همکاران (۲۰۱۵) روند مشابهی را در کاهش رطوبت میگو طی سرخ کردن تحت خلاء مشاهده کردند که با افزایش دما، شدت اثر دست رفتن آب طی زمان بیشتر شد [۲۷]. یانگ و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای که روی سرخ کردن میگو داشتند، بیان نمودند که بعد از سرخ کردن میزان رطوبت میگو تحت تاثیر بستر سرخ کردن متغیر است. مکانیسم انتقال رطوبت میگو از قسمت مرکزی به سمت بیرون توسط فشار

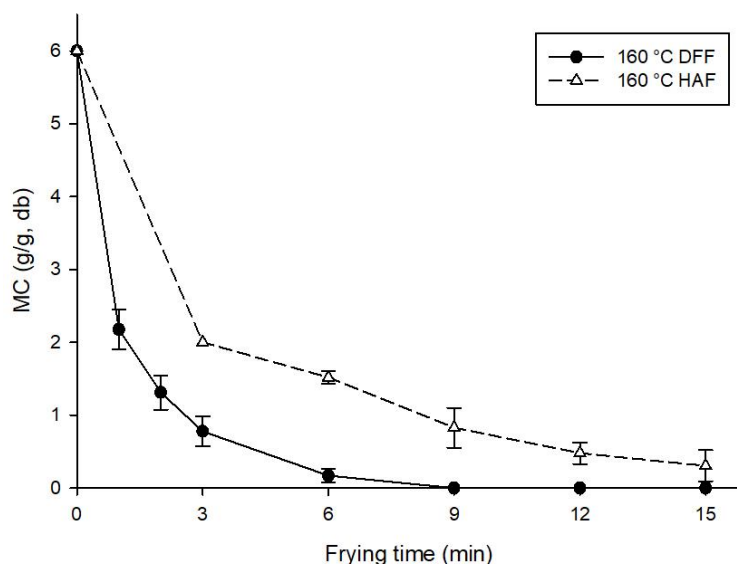


Fig 1. Moisture content during deep fat frying (DFF) and hot air frying (HAF)

مطابق جدول (۲) برای پارامترهای انتقال جرم با نتایج یلدیز و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد ولی آن‌ها برای تغییرات عدد بایوت شکل منظمی را بیان نکردند [۲۰]. با کاهش نرخ از دست رفتن رطوبت محصول، ضریب انتقال جرم به طور منظم کاهش یافت. ضریب نفوذ موثر در روش سرخ کردن عمیق بیشتر از سرخ کردن هوای داغ بود. صباغی و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که با افزایش دمای بستر فرآیند عدد بایوت، ضریب انتقال جرم و نفوذ موثر رطوبت به طور معنی داری افزایش می‌یابد [۳۲].

۳-۲-۲- پارامترهای انتقال جرم

شکل (۲) نمودار تغییرات میانگین غلظت بدون بعد را در برابر زمان سرخ کردن به روش هوای داغ و عمیق را نشان می‌دهد. از این نمودار برای محاسبه پارامترهای انتقال جرم (عدد بایوت، ضریب انتقال جرم و نفوذ موثر رطوبت) استفاده شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، شدت از دست رفتن آب میگو در روش سرخ کردن عمیق از روش سرخ کردن هوای داغ بیشتر بوده است. تغییرات بدست آمده

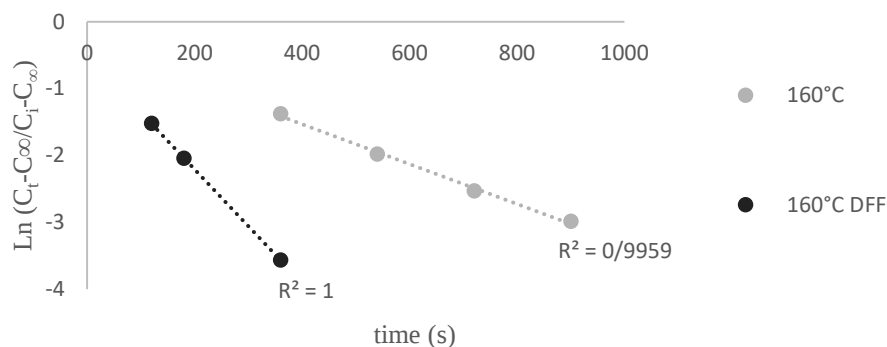


Fig 2. Mean concentration over time during deep fat frying (DFF) and hot air frying (HAF)

Table ۲. Mass transfer parameters for deep fat frying (DFF) and hot air frying (HAF)

Effective penetration coefficient ($D \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$)	Mass transfer coefficient ($K_c \times 10^{-5} \text{ m/s}$)	Biot number (B_{im})	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)
۲/۸۲	۰/۶۹	۲/۵۵	HAF ۱۶۰
۹/۱۹	۱/۴۵	۵/۵۵	DFF ۱۶۰

روش سرخ کردن عمیق برابر با $0.0098 \pm 0.0020 \text{ s}^{-1}$ محاسبه

شد که مقدار آن بالاتر از مقادیر هوای داغ بود.

همان طور که مشخص است در سرخ کردن عمیق در دمای 160°C درجه سانتی گراد ثابت سینتیکی کاهش آب از سرخ کردن با هوای داغ به طور معنی داری بیشتر بود. محبی و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که محتوی رطوبت نهایی محصول با افزایش دمای فرآیند سرخ کردن کاهش می یابد و با افزایش زمان سرخ کردن نرخ کاهش آب محدود می شود [۳۳]. دبناس و همکاران (۲۰۰۳) نیز بیان کردند که با افزایش دمای فرآیند، ثابت سینتیک کاهش آب افزایش یافت [۱۱]. رومانی و همکاران (۲۰۰۸) نیز حدود سه دقیقه پس از شروع فرآیند نرخ کاهش آب را با روند کاهشی و تقریباً ثابت گزارش کردند [۳۴].

۳-۲-۳- سنتیک خروج آب از محصول

در شکل (۳) برای برازش مدل سینتیکی روی لگاریتم طبیعی رطوبت بدون بُعد عرض از مبدا صفر در نظر گرفته شد. تغییرات رطوبت محصول در طی سرخ کردن از یک تابع نمایی کاهشی پیروی می کند. مدل سینتیک کاهش رطوبت در طی سرخ کردن توسط کروکید و همکاران (۲۰۰۱a) به صورت یک تابع به دست آمد [۲۲]. با محاسبه شیب خطوط برازش شده روی داده های لگاریتم طبیعی رطوبت بدون بُعد، مقدار ثابت سینتیک کاهش آب (K_m) برای روش سرخ کردن هوای داغ در دمای 160°C برابر $0.0033 \pm 0.0007 \text{ s}^{-1}$ بدست آمد. همچنین مقدار ثابت سینتیک کاهش آب برای

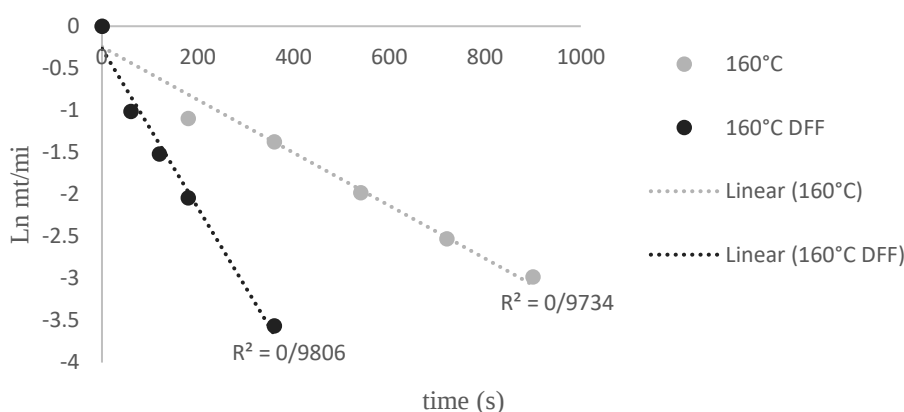


Fig 3. The natural logarithm of dimensionless moisture over time

عمقی کمتر می شود. جذب روغن زمانی که منافذ کوچکتر و شعاع کمتری داشته باشند، عمیق تر است که علت آن افزایش فشار موئینگی می باشد. پس از گذشت ۹ دقیقه از فرآیند و خشک شدن کامل محصول به علت فقدان بخار آب، جذب روغن هنگامی که محصول در داخل روغن قرار داشت، صورت گرفت. با توجه به ارتباط خطی بین ثابت های سینتیک کاهش آب و جذب روغن، اعمال پیش تیمارهایی مانند خشک کردن با کاهش ثابت سینتیک کاهش رطوبت و کاهش تخلخل^{۲۴} محصول، می تواند جذب روغن را محدود نماید. فارکاس و همکاران (۱۹۹۶) بیان کردند که تا زمانی که دمای مرکزی محصول حدود ۱۰۰ درجه سانتی گراد ثابت باقی می ماند، نرخ مهاجرت روغن به داخل محصول ناچیز است. به عبارت دیگر تا زمانی که تبخیر شدت داشته باشد، خروج بخار آب از ورود روغن به داخل ساختار و منافذ محصول جلوگیری می کند و نرخ مهاجرت روغن به داخل محصول تقریباً متوقف می شود زیرا این دو جریان انتقال جرم در جهت مخالف هم اتفاق می افتند و با توجه به خصوصیات خیس شوندگی و آبدوستی^{۲۵}، محصول به آسانی به روغن آغشته نخواهد شد [۳۵].

۳-۲-۴- جذب روغن میگو در سرخ کردن عمیق

شکل (۴) نتایج تغییرات جذب روغن میگو در طی زمان سرخ کردن را نشان می دهد. تغییرات جذب روغن در سرخ کردن عمیق از یک تابع افزایشی تقریباً خطی پیروی کرده و جذب روغن قابل توجهی در فرآوری سرخ کردن عمیق میگو توسط دو مکانیسم کندانس شدن بخار آب در داخل ماده غذایی و جریان موئینگی مشاهده شد. در زمان های ابتدایی سرخ کردن، بخار آب با فشار داخلی از بافت محصول خارج شده و در نتیجه روغن کمتری جذب محصول گردیده است. با افزایش زمان سرخ کردن و پیشرفت فرایند و انجام تبخیر، خصوصیات آبدوستی به تدریج کاهش یافت و با توجه به خاصیت موئینگی، احتمال ورود و نفوذ روغن به منافذ افزایش یافت. بعد از خروج میگو از بستر حرارتی، در اثر مکش حاصل از افت دما و فشار ناشی از کندانس بخار در منافذ، روغن سطحی چسبیده به محصول به داخل منافذ میگو نفوذ پیدا کرد. همچنین میزان نفوذ روغن به محصول به ویسکوزیته روغن و نحوه اتصال حفرات محصول بستگی دارد. افزایش ویسکوزیته موجب اتصال سطحی روغن و نفوذ

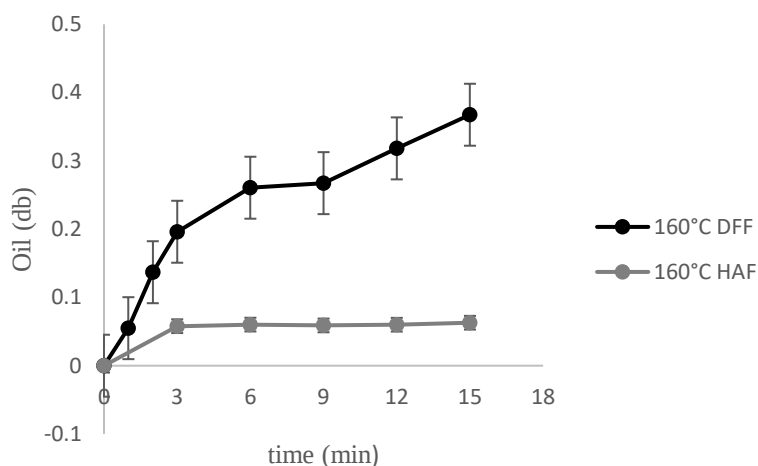


Fig 4. Oil content during deep fat frying (DFF) and hot air frying (HAF) over time

دلیل سرعت انتقال حرارت بالای روغن، زودتر به نقطه جوش آب رسیده و برای مدتی ثابت ماند و در نهایت پس از اتمام آب سطحی و تشکیل پوسته، به دمای روغن نزدیک شد. دمای مرکزی محصول برای سرخ کردن هوای داغ، پس از رسیدن به نقطه جوش آب تا پایان به صورت یکنواخت تقریباً ثابت مانده است. تغییرات دمایی مشاهده شده برای دمای مرکزی محصول در حین سرخ کردن با مشاهدات بسیاری از محققین توافق دارد [۳۱، ۳۲]. فارکاس و همکاران (۱۹۹۶) بیان کردند که در سرخ کردن، انتقال حرارت با وجود دو سینک حرارتی^{۲۹} صورت می گیرد [۳۵]. اولین سینک حرارتی به صورت حرارت محسوس است که موجب افزایش دمای محصول از دمای اولیه به نقطه جوش آب می شود. این سینک حرارتی با پیشرفت فرآیند سرخ کردن و رسیدن دمای مرکزی محصول به نقطه جوش به تدریج محدود می شود. دومین سینک حرارتی مربوط به حرارت نهان که تبخیر آب در حد واسط پوسته/هسته را شامل می شود، می باشد که آب در این نقطه تبدیل به بخار می شود و در سرتاسر فرآیند سرخ کردن حفظ می گردد. ساهین و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند هرچه دمای فرآیند بیشتر باشد، طول دوره دمای ثابت (۱۰۰ درجه سانتی گراد) در

۳-۳-۳ نتایج بررسی انتقال حرارت در حین سرخ کردن

۳-۳-۳-۱ تغییرات دمای مرکزی میگو حین سرخ کردن

شکل (۵) تغییرات مرکزی میگو طی سرخ کردن هوای داغ و سرخ کردن به روش عمیق نشان می دهد. ثبت تغییرات دمایی با استفاده از ترموکوپل انجام گرفت. سنسورهای دما در مقیاس آزمایشگاهی با استفاده از دستگاهی به نام ثبت کننده دما^{۲۶} جهت ثبت تغییرات دمایی طی فرآیند به رایانه متصل گردیدند. ثبت دمای محصول به دو صورت تغییرات با زمان (سینتیک^{۲۷}) و تغییرات با مکان داخل محصول (پروفایل^{۲۸}) انجام گرفت. در روش سرخ کردن هوای داغ، دمای مرکزی محصول به نقطه جوش آب رسیده و برای مدت زمانی ثابت باقی ماند. با رسیدن دمای مرکزی محصول به حدود نقطه جوش آب، به دلیل افزایش فشار بخار ناشی از تبخیر و حبس حباب های بخار در محصول، نقطه جوش آب طبق قوانین ترمودینامیکی افزایش یافت. با کاهش نرخ تبخیر آب و فاز جوشش، نقطه جوش آب کاهش یافت اما به دلیل وجود اجزای محلول، اندکی بیش از ۱۰۰°C باقی ماند. دمای مرکزی محصول در روش سرخ کردن عمیق به

29 -Thermal sink

26- Data logger

27 -Kinetic

28 -Profile

خشک کردن میگو بیان کردند که دمای میگو طی ۱۵ دقیقه ابتدایی خشک کردن با هوای داغ به سرعت افزایش یافت و به دمای بستر نزدیک شد [۴].

منحنی سینتیک دمایی محصول کاهش می یابد و افزایش دمای محصول به سمت دمای روغن سریع تر خواهد بود [۳۶]. این حالت به خصوص برای روش سرخ کردن عمیق در این پژوهش ملاحظه گردید. نگوئن و همکاران (۲۰۱۹) برای

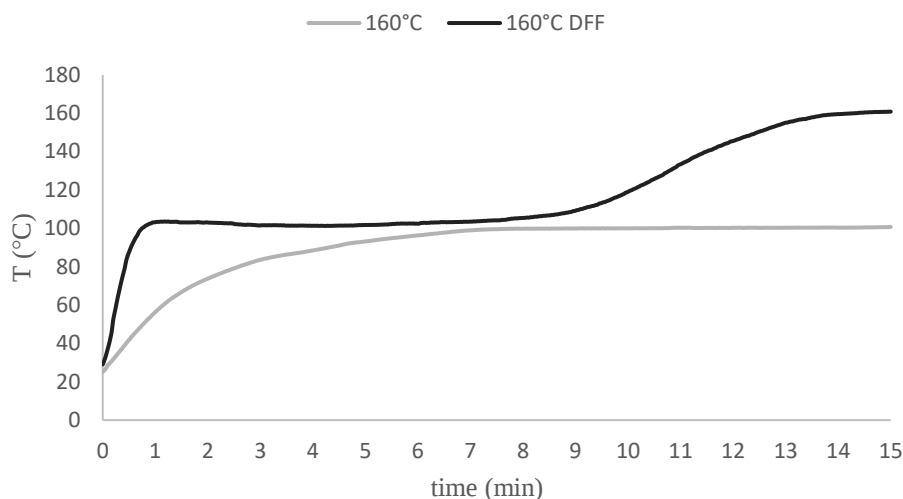


Fig 5. The Central temperature changes during deep fat frying (DFF) and hot air frying (HAF)

عمیق برای محصول میگو نشان می دهد. ضریب انتقال حرارت جابجایی در روش عمیق از روش هوای داغ بیشتر بود که علت آن، تشکیل حباب های بخار آب، افزایش تلاطم و تجزیه شدن روغن حین سرخ کردن بوده است. ضریب انتقال حرارت جابجایی نقش مهم در تشکیل خصوصیات حسی و قهوه ای شدن محصول دارد. در صورتی که انرژی لازم برای تبخیر رطوبت از محصول ثابت در نظر گرفته شود، می توان گفت با افزایش نرخ کاهش رطوبت مقدار بیشتری از انرژی ورودی به میگو به فرآیند تبخیر اختصاص می یابد. این امر موجب کاهش میزان انرژی در دسترس برای افزایش انرژی داخلی و در نتیجه کاهش ضریب انتقال حرارت جابجایی در دمای کم می شود. این امر با نتیجه کاستا و همکاران (۱۹۹۹)، ساهین و همکاران (۱۹۹۹) و بودزاک و سروگا (۲۰۰۴) موافقت دارد [۲۹، ۳۶، ۳۷] ولی با نتایج یلدیز و همکاران (۲۰۰۷) موافقت ندارد [۲۰]. برای توضیح بالا بودن ضریب انتقال حرارت در روش عمیق کاستا و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که در حین سرخ کردن

۳-۳-۲- میزان ضریب انتقال حرارت جابجایی با استفاده از دمای مرکزی

در شکل (۶) بخش خطی لگاریتم طبیعی دمای بدون بُعد در برابر زمان سرخ کردن هوای داغ نشان داده شده است. شکل (۷) همین تغییرات را برای روش سرخ کردن عمیق نشان می دهد. از تغییرات نزولی این نمودارها می توان دید که نرخ حرارت دهی میگو با توجه به دمای مرکزی، با افزایش زمان فرآیند سرخ کردن کاهش می یابد. با استفاده از شیب بخش خطی نمودار لگاریتمی دمای بدون بُعد در برابر زمان مشخص بودن خصوصیات فیزیکی و حرارتی میگو (دانسیته، ضریب هدایت حرارتی، ظرفیت گرمایی ویژه و نفوذ حرارتی به ترتیب برابر ۱۰۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب، ۰.۵۱۵۸ ژول بر مول ثانیه کلون، ۳۷۸۰ ژول بر کیلوگرم کلون و 10^{-7} مترمربع بر ثانیه)، عدد بدون بُعد بایوت انتقال حرارت (Bi_h) و در نتیجه ضریب انتقال حرارت جابجایی با توجه به دمای مرکزی تخمین زده شد. جدول (۴) نتایج تخمین پارامترهای انتقال حرارت طی سرخ کردن هوای داغ و روش

افزایش ضریب انتقال حرارت می‌گردد [۲۹]. نگوئن و همکاران (۲۰۱۹) مقادیر تقریباً مشابهی را برای ضریب انتقال حرارت طی خشک کردن میگو با هوای داغ مشاهده نمودند [۴].

جوشش هسته‌ای^{۳۰} مشاهده می‌شود. یعنی بخارات آب به شکل حباب در سطوح مختلف محصول تشکیل می‌شوند و به سمت قسمت بالایی بستر روغن حرکت می‌کنند. حرکت حباب‌های بخار بعد از تشکیل در سطح، تاثیر زیادی بر تلاطم و آشفته‌گی جریان روغن دارد و جریان متلاطم موجب

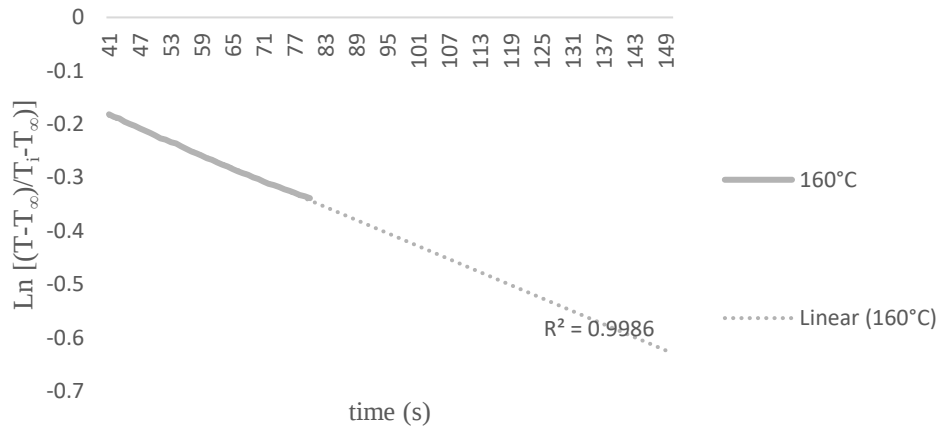


Fig 6. The natural logarithm of dimensionless temperature against time during HAF

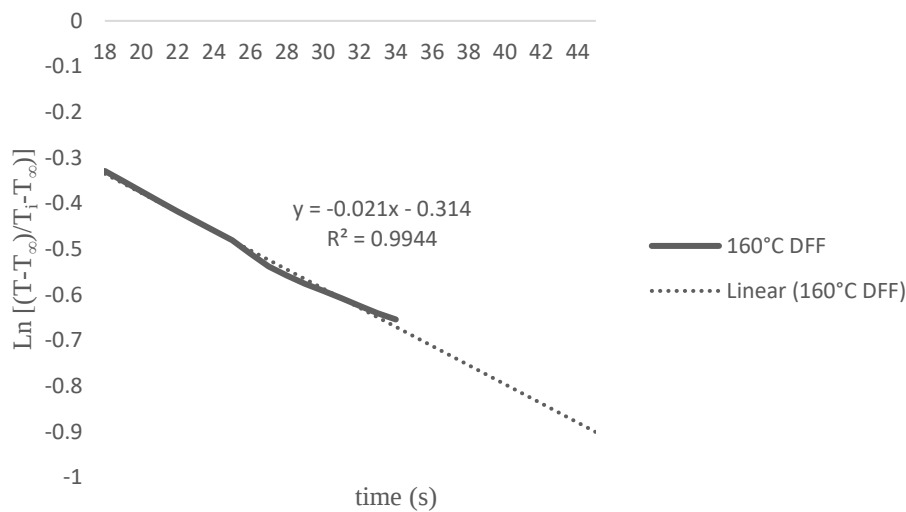


Fig 7. The natural logarithm of dimensionless temperature against time during DFF

Table ۳. Heat transfer parameters for deep fat frying (DFF) and hot air frying (HAF)

Displacement heat transfer coefficient (W/m ² °C)	Biot number (Bi _h)	Temperature (°C)
---	-----------------------------------	------------------

30 -Nucleate boiling

19/42	•/084	HAF ۱۶۰
113/15	•/493	DFE ۱۶۰

حدود صفر می‌رسد در حالی که در نمونه ی سرخ شده با هوای داغ سطح رطوبت صفر در مدت ۱۵ دقیقه مشاهده نشد. محتوی روغن میگو در روش عمیق طی ۱۵ دقیقه فرآوری همواره به صورت تقریباً خطی زیاد شد که نشان‌دهنده جذب روغن بالای این محصول است و روش هوای داغ می‌تواند این جذب روغن را محدود نماید. تغییرات دمای مرکز محصول طی سرخ کردن عمیق بعد از اتمام رطوبت داخلی محصول با سرعت زیادی به سمت دمای روغن میل می‌کند که این امر می‌تواند در صورت عدم کنترل فرآیند منجر به افزایش خطر تجزیه ترکیبات مفید و سلامت بخش میگو و در نتیجه افت تغذیه‌ای آن گردد. در روش هوای داغ تغییرات دمای مرکز محصول به طور کنترل شده‌ای مشاهده شد که می‌تواند منجر به حفظ سلامت محصول گردد.

۵-منابع

- [1] Ajifolokun, O. M., Basson, A. K., Osunsanmi, F. O., & Zharare, G. E. (2018). Effects of drying methods on quality attributes of shrimps. *Journal of Food Processing and Technology*, 10(772): 2.
- [2] AlFaris, N. A., Alshammari, G. M., AlTamimi, J. Z., AlMousa, L. A., Alagal, R. I., AlKehayez, N. M., ... & Yahya, M. A. (2022). Evaluating the effects of different processing methods on the nutritional composition of shrimp and the antioxidant activity of shrimp powder. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(1): 640-649.
- [3] Rajesh, M., & Noorjahan, A. (2021). Comparative studies on antioxidant properties of wild and cultured shrimps. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 199-208.
- [4] Nguyen, M. P., Ngo, T. T., & Le, T. D. (2019). Experimental and numerical investigation of transport phenomena and kinetics for convective shrimp drying. *Case Studies in Thermal Engineering*, 14: 100465.
- [5] Rostini, I., & Pratama, R. I. (2018). Effect of steaming on physical and chemical characteristics White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from Indramayu Waters. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 176, No. 1, p. 012046). IOP Publishing.
- [6] Musaiger, A. O., & D Souza, R. (2008). The effects of different methods of cooking on proximate, mineral and heavy metal composition of fish and shrimps consumed in the Arabian Gulf. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 58(1): 103-109.
- [7] Erdoğan, F., Balaban, M. O., & Otwell, W. S. (2003). Construction of shrimp cooking charts using previously developed mathematical models for heat transfer and yield loss predictions. *Journal of food engineering*, 60(1): 107-110.
- [8] 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.
- [9] Ngadi, M. O., Wang, Y., Adediji, A. A., & Raghavan, G. S. V. (2009). Effect of microwave pretreatment on mass transfer during deep-fat frying of chicken nugget. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1): 438-440.
- [10] Moyano, P. C., & Pedreschi, F. (2006). Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: Effect

- of pre-treatments. *LWT-Food Science and Technology*, 39(3): 285-291.
- [11] Debnath, S., Bhat, K. K., & Rastogi, N. K. (2003). Effect of pre-drying on kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of chickpea flour-based snack food. *LWT-Food Science and Technology*, 36(1): 91-98.
- [12] Zaghi, A. N., Barbalho, S. M., Guiguer, E. L., & Otoboni, A. M. (2019). Frying process: From conventional to air frying technology. *Food Reviews International*, 35(8): 763-777.
- [13] Andrés, A., Argüelles, Á., Castelló, M. L., & Heredia, A. (2013). Mass transfer and volume changes in French fries during air frying. *Food and Bioprocess Technology*, 6: 1917-1924.
- [14] Teruel, M. D. R., Gordon, M., Linares, M. B., Garrido, M. D., Ahromrit, A., & Niranjana, K. (2015). A comparative study of the characteristics of french fries produced by deep fat frying and air frying. *Journal of Food Science*, 80(2): E349-E358.
- [15] Santos, C. S., Cunha, S. C., & Casal, S. (2017). Deep or air frying? A comparative study with different vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(6): 1600375.
- [16] Heredia, A., Castelló, M. L., Argüelles, A., & Andrés, A. (2014). Evolution of mechanical and optical properties of French fries obtained by hot air-frying. *LWT-Food Science and Technology*, 57(2): 755-760.
- [17] Giovanelli, G., Torri, L., Sinelli, N., & Buratti, S. (2017). Comparative study of physico-chemical and sensory characteristics of French fries prepared from frozen potatoes using different cooking systems. *European Food Research and Technology*, 243(9): 1619-1631.
- [18] Ferreira, F. S., Sampaio, G. R., Keller, L. M., Sawaya, A. C., Chávez, D. W., Torres, E. A., & Saldanha, T. (2017). Impact of air frying on cholesterol and fatty acids oxidation in sardines: Protective effects of aromatic herbs. *Journal of food science*, 82(12): 2823-2831.
- [19] Tajner-Czopek, A., Figiel, A., & Carbonell-Barrachina, A. A. (2008). Effects of potato strip size and pre-drying method on French fries quality. *European Food Research and Technology*, 227: 757-766.
- [20] Yıldız, A., Palazoğlu, T. K., & Erdoğdu, F. (2007). Determination of heat and mass transfer parameters during frying of potato slices. *Journal of food engineering*, 79(1): 11-17.
- [21] Krokida, M. K., Oreopoulou, V., & Maroulis, Z. B. (2000b). Water Loss and Oil Uptake as a Function of Frying Time. *Journal of Food Engineering*, 44: 39-46.
- [22] Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B., & Marinou-Kouris, D. (2001a). Effects of osmotic dehydration pretreatment on quality of French fries. *Journal of Food Engineering*, 49: 339-345.
- [23] Hamid, H. H., Mitchell, M., Jahangiri, A., & Thiel, D. V. (2018). Experimental validation of new empirical models of the thermal properties of food products for safe shipping. *Heat and Mass Transfer*, 54: 1247-1256.
- [24] USDA. (2005). USDA national nutrient database for standard reference.
- [25] 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.
- [26] Ziaifar, A. M., Courtois, F., & Trystram, G. (2010). Porosity development and its effect on oil uptake during frying process. *Journal of Food Process Engineering*, 33(2): 191-212.
- [27] Pan, G., Ji, H., Liu, S., & He, X. (2015). Vacuum frying of breaded shrimps. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1): 734-739.
- [28] Yang, D., Wu, G., Lu, Y., Li, P., Qi, X., Zhang, H., ... & Jin, Q. (2021). Comparative analysis of the effects of novel electric field frying and conventional frying on the quality of frying oil and oil absorption of fried shrimps. *Food Control*, 128: 108195.
- [29] Costa, R. M., Oliveira, F. A., Delaney, O., & Gekas, V. (1999). Analysis of the heat transfer coefficient during potato frying. *Journal of Food Engineering*, 39(3): 293-299.
- [30] Farkas, B. E., & Hubbard, L. J. (2000). Analysis of convective heat transfer during immersion frying. *Drying Technology*, 18(6): 1269-1285.
- [31] Sabbaghi, H., Ziaifar, A. M., Sadeghi Mahoonak, A., Kashani-Nejad, M., & Mirzaee, H. (2015). Estimation of convective heat transfer coefficient as function of the water loss rate during frying process. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11(4): 473-484.
- [32] Sabbaghi, H., Ziaifar, A. M., & Kashani-Nejad, M. (2017). Analysis of heat and mass transfer during frying process of potato strips. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 13(2): 379-392.
- [33] Mohebbi, M., Akbarzadeh-T, M. R., Shahidi, F.,

- Moussavi, M., & Ghoddusi, H. B. (2009). Computer vision systems (CVS) for moisture content estimation in dehydrated shrimp. *Computers and electronics in agriculture*, 69(2): 128-134.
- [34] 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.
- [35] 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.
- [36] Sahin, S. E. R. P. I. L., Sastry, S. K., & Bayindirli, L. (1999). Heat transfer during frying of potato slices. *LWT-food science and technology*, 32(1): 19-24.
- [37] Budžaki, S., & Šeruga, B. (2005). Determination of convective heat transfer coefficient during frying of potato dough. *Journal of Food Engineering*, 66(3): 307-314.



Scientific Research

Analysis of heat and mass transfer during hot air frying and deep frying of shrimp

Bahareh Maroufpour¹, Aman Mohammad Ziaifar^{*2}, Mohammad Ghorbani³, Hassan Sabbaghi⁴, Saeed Yalghi⁵

¹ Ph.D. student of food industry science and engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

^{2*} Professor, Department of Food Industry Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran (corresponding author)

³ Professor, Department of Food Chemistry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

⁴ Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Animal Science, University of Torbat-e Jam, Razavi Khorasan Province, Iran

⁵ Assistant Professor of Fisheries Department, Golestan Province Fisheries Research Center, Gorgan, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2023/11/29 Accepted: 2024/5/12	In this research, transfer phenomena during hot air frying and deep frying were investigated. Hot air frying (HAF) and deep frying (DFF) were carried out at 160 °C for 15 minutes for shrimp cylindrical pieces. Temperature variations at the product's core were recorded using a T-type thermocouple equipped Data Logger and PicoLog software on a computer. Moisture content and oil of the product were determined. Heat and mass transfer parameters estimate by using the logarithmic plot of dimensionless temperature against time and empirical equations. Results showed that Mass and heat transfer parameters during hot air frying were lower than deep frying method. In deep frying, the Biot number and the effective diffusion coefficient were higher than the hot air frying method. The kinetic constant of moisture reduction in the product was higher in the deep frying method.
Keywords: Shrimp, Hot air frying, Mass transfer, Heat transfer.	
DOI: 10.22034/FSCT.22.161.86. *Corresponding Author E- ziaifar@gau.ac.ir	



ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی پودر نوشیدنی تولید شده از پوره زردآلو و عصاره هویج، با روش خشک کردن کف‌پوشی

مریم عبوض محمدی^۱، اکرم شریفی^{۱*}

۱- گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۷

کلمات کلیدی:

پوره زردآلو،

عصاره هویج،

خشک کردن کف‌پوشی،

خشک کردن انجمادی.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.104.

* مسئول مکاتبات:

asharifi81@gmail.com

هدف از این پژوهش، تولید پودر نوشیدنی از پوره زردآلو و عصاره هویج به روش کف‌پوشی و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی پودر تولید شده بود. ابتدا مخلوط عصاره هویج، پوره زردآلو و عصاره هل تهیه و سپس برخی خصوصیات شیمیایی مخلوط حاصل اندازه‌گیری شد. برای تهیه کف از این مخلوط، عصاره هویج و پوره زردآلو و هل با نسبت ۶۸: ۲۸/۵: ۰/۵ درصد با یکدیگر ترکیب شدند. از آلبومین به مقدار ۳ درصد به عنوان ماده کف‌کننده و از مالتودکسترین در سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد به عنوان پایدار کننده کف استفاده شد. خشک کردن کف‌های تهیه شده به دو روش انجمادی و هوای داغ انجام گرفت. خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی پودرهای تهیه شده اندازه‌گیری شد. روش خشک کردن تاثیر معنی‌داری بر روی درصد رطوبت، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنول کل، محتوای بتاکاروتن و ویژگی‌های حسی داشت. در حالی که حلالیت پودر و شاخص قهوه‌ای شدن تحت تاثیر روش خشک کردن قرار نگرفتند. پودرهای خشک شده به روش کف‌پوشی - انجمادی محتوای رطوبت، بتاکاروتن بیشتری در مقایسه با پودرهای خشک شده به روش کف‌پوشی - هوای داغ داشتند. در نمونه‌های خشک شده به روش هوای داغ، محتوای فنول، ظرفیت آنتی‌اکسیدان، و ویژگی‌های حسی بیشتر از نمونه پودرهای خشک شده به روش کف‌پوشی - انجمادی بود. با افزایش غلظت مالتودکسترین، شاخص قهوه‌ای شدن، محتوای بتاکاروتن، محتوای فنول، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های حسی کاهش پیدا کردند. علاوه بر این، تیمار صفر درصد مالتودکسترین هوای داغ در ارزیابی حسی برتری نسبی دارد. پودر تولید شده به هر دو روش کف‌پوشی - انجمادی و کف‌پوشی - هوای داغ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی قابل قبولی داشت.

۱-مقدمه

سرطان، ضد دیابت، ضد التهاب، ضد قارچ، ضد ویروس و محافظ گوارش هستند [۸].

اکثر میوه‌ها و سبزی‌ها حاوی مقادیر زیادی آب و مواد قندی هستند که آن‌ها را فسادپذیر می‌کند. برای جلوگیری از فساد این محصولات و نگهداری طولانی مدت آنها، روش‌های مختلفی وجود دارد [۹]. خشک کردن، یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری و افزایش ماندگاری مواد غذایی است [۱۰]. خشک کردن ماده غذایی موجب کاهش وقوع واکنش‌های شیمیایی نامطلوب و افزایش ماندگاری فرآورده می‌شود. همچنین خشک کردن ماده غذایی و تبدیل آن به پودر موجب کاهش وزن، حجم و هزینه بسته‌بندی می‌شود. از طرف دیگر حمل و نقل و ذخیره‌سازی آسان‌تر صورت می‌گیرد [۱۱]. خشک کردن انجمادی یا لیوفیلیزاسیون یکی از سودمندترین و مناسب‌ترین روش‌ها برای خشک کردن ترکیبات حساس به حرارت مانند عصاره میوه‌ها و رنگدانه‌های طبیعی محسوب می‌شود [۱۲]. خشک کردن انجمادی فرایندی است که در طی آن ماده‌ای را منجمد می‌کنند و سپس با کاهش فشار سامانه، آب منجمد درون ماده مورد نظر را به طور مستقیم به بخار تبدیل می‌کنند (فرایند تصعید) [۱۳]. روش خشک کردن انجمادی برای ریزپوشانی ترکیبات حساس به حرارت مانند عصاره گیاهان و ترکیبات زیست فعال مانند آنتوسیانین‌ها نیز استفاده می‌شود [۱۴]. خشک کردن همرفتی با هوای داغ، رایج‌ترین روش خشک کردن مواد غذایی است [۱۵]. با این حال، این روش با وجود سهولت و سادگی، دارای معایبی نظیر مصرف انرژی زیاد و زمان خشک شدن طولانی به دلیل هدایت حرارتی پایین مواد غذایی است. همچنین، چروکیدگی قابل توجهی از طریق فروپاشی سلولی در نتیجه حذف آب ایجاد می‌شود [۱۶]. با تبدیل مواد غذایی به کف می‌توان فرایند خشک کردن را تسریع کرد. کف دیسپرسیون حباب‌های گاز در مایع و یا ماتریس جامد است و به صورت یک سیستم دو فازی، دارای یک فاز پراکنده (معمولاً هوا) و یک فاز پیوسته می‌باشد که

زردآلو با نام علمی *Prunus armeniaca* متعلق به خانواده *Rosaceae* زیر خانواده *Prunoideae* است [۱]. زردآلو سرشار از ترکیبات آنتی اکسیدانی از جمله کاروتنوئیدها، فلاونوئیدها و لیکوپن است. ترکیبات فنولی زردآلو شامل کاتکین، اپی کاتکین، پی کوماریک اسید، کافئیک اسید، فرولیک اسید و استرهای آن است [۲]. زردآلو حاوی اسیدهای آلی مانند اسید مالیک و اسید سیتریک و منبع غنی بتاکاروتن است که پیشساز ویتامین A می‌باشد [۳]. زردآلوهایی که رنگ نارنجی تیره دارند، حاوی بتاکاروتن بیشتری هستند. زردآلو به دلیل داشتن بتاکاروتن باعث کاهش خطر بروز بیماری‌های قلبی، سکنه، آب مروارید و بعضی از سرطان‌ها می‌شود همچنین از پوست در برابر اشعه ماورای بنفش خورشید محافظت می‌کند، بدین ترتیب باعث جوان شدن پوست می‌شود [۴].

هویج با نام علمی *Daucus carota L* سبزی ریشه‌ای خوراکی و دوساله از خانواده چتریان است که از زمان‌های قدیم در آسیا و اروپا به صورت هویج خودرو یافت می‌شد [۵]. اندام خوراکی هویج ریشه گوشتی و ذخیره‌ای آن است که به رنگ‌های متفاوت از قبیل زرد، قرمز، نارنجی، بنفش و سفید دیده می‌شود. هویج‌های نارنجی غالباً حاوی ۴۵-۸۰ درصد بتاکاروتن و مقداری آلفاکاروتن هستند. هویج‌های قرمز حاوی مقادیر قابل توجهی لیکوپن و مقدار بسیار کمی بتاکاروتن هستند. هویج‌های ارغوانی دارای ترکیب کاروتنوئیدی مشابه هویج‌های نارنجی هستند اما وجود آنتوسیانین‌های تیره، رنگ نارنجی را می‌پوشاند. هویج‌های سفید فاقد هرگونه رنگیزه هستند [۶].

هل با نام علمی *Elettaria cardamomum* از خانواده زنجبیل و گیاهی گرمسیری است. منشأ هل جنوب شرق آسیا و جنگل‌های کوهستانی هند و سریلانکا است. هل به صورت وحشی و پرورشی در مناطق کوهستانی و در سایه درختان می‌روید [۷]. اسانس هل عمدتاً دارای ترکیبات مونوترپنی است که دارای فواید درمانی از جمله آنتی‌اکسیدانی، ضد

مالتودکسترین می‌توان خصوصیات کاربردی پودرها را بهبود بخشید و با روش کف‌پوشی- انجمادی می‌توان پودر نوشیدنی دارای خصوصیات فیزیکی مناسب تولید نمود [۲۳].

۲- مواد و روش‌ها

مواد اولیه مورد استفاده در این پژوهش، شامل زردآلو ماهنشان (*Prunus armeniaca*)، هویج (*Daucus carota L*)، هل، آلبومین تخم مرغ و مالتودکسترین (DE=18) بود. زردآلو ماهنشان از بازار زنجان، هویج از بازار ابهر، عصاره هل از شرکت آمیتیدا (ساخت ایران) و مالتودکسترین از شرکت زرماکارون (ساخت ایران) تهیه شدند. مواد شیمیایی مورد نیاز از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

۲-۱- تهیه پوره و کف

میوه‌ها شسته شده و مواد خارجی آن جدا گردید. در هر آزمایش مقدار ۸۰۰ گرم میوه زردآلو توسط غذاساز (Moulinex ساخت فرانسه) کاملاً له گردید و برای یکنواخت کردن اندازه ذرات از الک (مش شماره ۳۰) عبور داده شد. سپس پالپ تولید شده در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شد. عصاره هویج با استفاده از دستگاه آبمیوه‌گیری خانگی (Rotel ساخت سوئیس) تهیه شد و دوبار از صافی عبور داده شد تا از وجود ذرات معلق در آن جلوگیری شود. در نهایت پوره زردآلو، عصاره هویج و عصاره هل با نسبت ۶۸: ۲۸/۵: ۰/۵ درصد وزنی/وزنی بر حسب آزمون‌های حسی اولیه با هم مخلوط شده و آزمایشات روی مخلوط حاصل انجام شد. از آلبومین سفیده تخم مرغ به عنوان ماده کف‌کننده استفاده شد. آلبومین در سطح ثابت ۳ درصد به مخلوط اضافه شد. برای ایجاد پایداری در کف، از مالتودکسترین استفاده شد. مالتودکسترین در سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد (T1: آون صفر درصد مالتودکسترین، T2: آون ۱۰ درصد مالتودکسترین، T3: آون ۲۰ درصد مالتودکسترین، T4: انجمادی صفر درصد مالتودکسترین، T5: انجمادی ۱۰ درصد مالتودکسترین، T6: انجمادی ۲۰ درصد مالتودکسترین) به مخلوط اضافه شد. مقدار عصاره در همه تیمارها ثابت بود. ترکیب حاصل با استفاده از همزن

فاز پراکنده آن به وسیله لایه نازکی از فیلم مایع که به عنوان لاملا (دیواره نازک حباب) شناخته می‌شود از فاز پیوسته جدا می‌شود [۱۷]. خشک کردن کف پوشی فرآیندی است که طی آن، ماده غذایی مایع و شبه مایع با افزودن ترکیبات کف‌زا و پایدارکننده کف، به شکل کف نسبتاً پایداری در می‌آید تا متعاقباً به صورت لایه نازک خشک شوند [۱۸]. ساده و ارزان بودن از جمله مزایای خشک کردن کف‌پوشی می‌باشد [۱۹]. همچنین کف پوشی از جمله روش‌هایی است که در آن امکان خشک کردن ماده غذایی در دمای پایین و مدت زمان کم وجود دارد [۱۸].

از تحقیقات انجام شده در زمینه کف‌پوشی، می‌توان به اثر زمان و دما بر مشخصات پودر خشک شده میوه جامبولان به روش کف‌پوشی توسط کاروالیو تاواریس و همکاران (۲۰۲۰)، اشاره کرد. نتایج نشان داد که از نظر میزان فلاونول‌ها در بین نمونه‌های مختلف، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد؛ میزان آنتوسیانین اندکی کاهش یافت؛ پودر جامبولان از نظر غلظت آنتوسیانین و فلاونول در تمامی دماهای ذخیره‌سازی بسیار پایدار است [۲۰]. گزارش شده است که برار و همکاران (۲۰۲۰) به بهینه‌سازی پارامترهای فرآیند خشک کردن کف‌پوشی هلو پرداختند. نتایج نشان داد که با افزایش ضخامت کف، زمان خشک شدن افزایش پیدا کرده و با افزایش دما و غلظت عامل کف‌کننده کاهش می‌یابد. نتایج حاکی از آن بود که پودر هلو خشک شده حاوی ایزوله پروتئین نخود نسبت به ایزوله پروتئین سویا، ترکیبات فعال زیستی بیشتری داشت [۲۱]. ویژگی‌های فیزیکی پودر عصاره چغندر قرمز کف‌پوشی شده به دو روش هوای داغ و انجمادی توسط حاجی آقایی و شریفی (۱۳۹۹) بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد با روش خشک کردن کف‌پوشی در هوای داغ می‌توان پودر نوشیدنی دارای خصوصیات فیزیکی مناسب و مقرون به صرفه تولید نمود [۲۲]. اثر عوامل حامل بر خواص فیزیکوشیمیایی پودر گل گاوزبان تولید شده به روش کف‌پوشی- خشک کردن انجمادی توسط حاجی علی اصغری و شریفی (۱۴۰۰) بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد با کاربرد حامل‌هایی نظیر صمغ عربی و

برای تعیین ظرفیت آنتی اکسیدانی از روش کلانتری و همکاران (۲۰۲۰) که بر اساس ارزیابی مهار رادیکال آزاد دی فنیل پیکریل هیدرازیل (DPPH) است انجام گرفت. به ۳۰ میکرولیتر از مخلوط پوره زردآلو و عصاره‌های هویج و هل، یک میلی‌لیتر محلول متانولی DPPH اضافه شد. سپس به مدت یک دقیقه با استفاده از ورتکس (VELP, Classic) ساخت ایتالیا) هم زده شد و ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه و در مکان تاریک نگهداری شد. پس از آن، جذب محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Lambda 35 UV/VIS Spectrometer, PerkinElmer، ایالات متحده آمریکا) در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری شد [۲۵].

$$\%AC = \left[1 - \frac{A_{\text{نمونه}}}{A_{\text{کنترل}}} \right] \times 100 \quad \text{معادله (۱)}$$

که در معادله (۱) A میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر می‌باشد.

۴-۳-۲- اندازه‌گیری محتوای فنول کل عصاره

اندازه‌گیری میزان فنول کل بر اساس روش فولین - سیوکالتیو انجام شد. در این روش، یک میلی‌لیتر از عصاره برداشته شده و به آن ۱ میلی‌لیتر آب مقطر و یک میلی‌لیتر واکنشگر فولین سیوکالتیو اضافه شد. پس از ۵ دقیقه، به مخلوط حاصل، ۱۰ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷ درصد اضافه شده و به مدت یک ساعت در دمای اتاق نگهداری شد. پس از گذشت یک ساعت، جذب مخلوط در طول موج ۷۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر در مقابل محلول بلانک قرائت شد. مقدار فنول کل بر اساس میلی‌گرم اسیدگالیک در گرم عصاره گزارش شد [۲۶].

۴-۳-۵- اندازه‌گیری بتاکاروتن

استخراج بتاکاروتن بر اساس روش AOAC انجام شد. بدین ترتیب که ۱۰ گرم نمونه با ۵۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در یک ارلن مایر مخلوط شد و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس با اضافه کردن ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر، غلظت اتانول به ۸۵ درصد

مکانیکی (IKA LABORTECHNIK, Germany) با بیشترین سرعت (۷۸۸ دور بر دقیقه)، به مدت ۸ دقیقه در دمای محیط هم زده شد تا کف مناسب و پایدار ایجاد شود [۲۲].

۲-۲- فرآیند خشک کردن

پس از تهیه کف خشک کردن کف‌های تهیه شده به دو روش انجمادی و هوای داغ انجام شد. در روش خشک کردن انجمادی نمونه‌های کف شده با ضخامت یک سانتی‌متر درون پلیت ریخته شدند و به مدت ۲۴ ساعت داخل دیپ فریز ۷۰ - درجه سانتی‌گراد (فراک، ساخت ایران) قرار گرفتند. سپس نمونه‌های منجمد شده در دستگاه خشک‌کن انجمادی (زیست فرآیند تجهیز سهند SBPE، ساخت ایران) خشک شدند. فرآیند خشک کردن در دمای ۶۵ - درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۹۰ mtorr به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. در نهایت نمونه‌های خشک شده از دستگاه خارج و داخل دسیکاتور قرار گرفته و پس از آن کف خشک شده از پلیت‌ها تراشیده و آسیاب شد.

در روش خشک کردن با هوای داغ، کف‌های تهیه شده، با ضخامت ۳ میلی‌متر در داخل پتری دیش‌ها ریخته شدند و در داخل خشک‌کن غیرمداوم کابینتی (SH-Scientific, republic of Korea) دارای جریان هوای داغ با سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت قرار گرفتند و تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند [۲۲].

۳-۲- آزمایشات انجام شده روی مخلوط پوره زردآلو،

هویج و هل

۱-۲-۳- اندازه‌گیری pH

بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۴۹ اندازه‌گیری شد [۲۴].

۲-۲-۳- اندازه‌گیری بریکس

طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۴۹ اندازه‌گیری شد [۲۴].

۳-۲-۳- اندازه‌گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی

برای تعیین میزان حلالیت پودرهای تولیدی، یک گرم پودر در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شده و محلول تولیدی به منظور جدا شدن بخش های نامحلول در درون دستگاه سانتریفوژ یخچال دار (HERMLE Z 323 K ، HermleLaborTechnik GmbH ساخت آلمان) قرار گرفت و به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۷۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. سپس ۲۵ میلی لیتر از محلول شفاف بالای لوله آزمایش برداشته شد و به مدت ۵ ساعت در دستگاه آون (مدل BINDER ساخت USA) با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار داده شد و مقدار حلالیت بر حسب درصد از رابطه زیر به دست آمد [۲۸].

معادله (۳)

$$\%S = \frac{m_2 - m_1}{0.25} \times 100$$

در معادله (۳) S درصد حلالیت، m_1 وزن پلیت خالی، m_2 وزن پلیت حاوی نمونه بعد از خارج کردن از آون می‌باشد.

۴-۴-۲- شاخص قهوه‌های شدن

برای تعیین شاخص قهوه‌ای شدن پودرهای تولیدی از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد. ۱ گرم از نمونه آسیاب شده با مخلوط آب و متانول به نسبت حجمی ۱:۳ مخلوط شده و سپس در سانتریفیوژ با دور rpm ۸۵۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه جدا سازی گردید. دانسیته نوری محلول شفاف رویی به عنوان شاخصی از میزان قهوه ای شدن در اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانو متر خوانده شد [۲۹].

۵-۴-۲-محتوای بتاکاروتن پودر نوشیدنی تولیدی

۵ گرم از پودر نوشیدنی توزین شده و با ۱۰ میلی لیتر استون و مقدار کمی کریستال سولفات سدیم بدون آب مخلوط شد. مایع رویی به درون بشر انتقال یافته و این عمل دوبار تکرار شد. مایع رویی جمع آوری شده به یک قیف جدا کننده منتقل شده و سپس ۱۰-۱۵ میلی لیتر پترولیوم اتر به آن اضافه شد و به خوبی مخلوط گردید. لایه پایینی دور ریخته شده و لایه رویی در یک فلاکس ۱۰۰ میلی لیتری جمع آوری و حجم آن با پترولیوم اتر به ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. جذب نوری محلول در ۴۵۲ نانومتر ثبت شده و مقدار بتاکاروتن بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ گرم محاسبه گردید [۳۰].

۶-۴-۲- تعیین محتوای فنولی کل یودر نوشیدنی

تعیین محتوای فنولی کل به روش رنگ سنجی فولین - سیوکالتیو و با توجه به روش زارعی و همکاران (۲۰۱۹) اندازه‌گیری شد. ۲۰ گرم پودر نوشیدنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد و با استفاده از همزن مغناطیسی (VELP SCIENTIFICA ساخت ایتالیا) همگن گردید. سپس این ترکیب به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد و قسمت رویی آن جهت آزمون محتوای فنولی استفاده شد. ۰/۳ میلی‌لیتر از عصاره استخراج شده با ۲/۵ میلی‌لیتر فولین - سیوکالتو ۱۰ درصد ترکیب شد و عمل ورتکس (VELP, Classic)

۸-۴-۲-ارزیابی حسی

ارزیابی حسی پودر نوشیدنی تولید شده به روش سلیمانی و همکاران (۱۳۹۵) انجام شد. پودر تولید شده با نسبت‌های معینی با آب مخلوط شد و نوشیدنی بازسازی گردید. سپس نوشیدنی تولید شده در اختیار ۱۰ ارزیاب آموزش دیده قرار گرفت و محصول به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای تحت ارزیابی حسی قرار گرفت در این روش، امتیازات شامل امتیاز ۱ (خیلی ضعیف)، ۲ (ضعیف)، ۳ (متوسط)، ۴ (خوب)، ۵ (خیلی خوب) بود [۲۹].

۵-۲-آنالیز آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از نرم افزار SAS نسخه ۱۴ استفاده شد. برای تعیین معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین داده‌ها، از روش آنالیز واریانس یک طرفه آنوا در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. کلیه نمونه‌ها در سه تکرار بررسی شدند. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel ۲۰۱۹ رسم شد.

۳-نتایج و بحث

در این پژوهش، برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مخلوط پوره زردآلو، عصاره هویج و هل اندازه‌گیری شد و نتایج مربوط به آن در جدول (۱) نشان داده شده است.

ساخت ایتالیا) به مدت ۱۵ ثانیه انجام شد. سپس به مدت ۵ دقیقه در دمای محیط در تاریکی نگه داشته شد. پس از آن، دو میلی‌لیتر سدیم کربنات به آن افزوده شد و به مدت ۹۰ دقیقه در محیط نگهداری شد. در پایان میزان جذب در طول موج ۷۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (قرائت شد [۲۶].

۷-۴-۲-تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پودر نوشیدنی

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی پودر نوشیدنی از ماده ۲ و ۲-دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده شد. برای تهیه عصاره متانولی، ۱ گرم از پودر نوشیدنی تولیدی در ۱۰ میلی‌لیتر متانول حل شد، پس از آن محلول حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در دستگاه سانتریفوژ یخچال دار با دور ۴۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ شد. روش اندازه‌گیری به این صورت بود که ۶۰۰ میکرولیتر از مایع رویی حاصل از سانتریفوژ با ۶۰۰ میلی‌لیتر محلول DPPH آماده شده مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه در مکان تاریک قرار گرفت. سپس میزان جذب در طول ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از رابطه زیر بدست آمد [۳۱].

معادله (۴)

$$\%AC = \left[1 - \frac{A_{\text{نمونه}}}{A_{\text{کنترل}}} \right] \times 100$$

A میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر می باشد.

Table 1 Average pH, Brix, antioxidant capacity, total phenol and beta-carotene content of apricot puree and carrot extract mixture

SAMPLE	PH	BRIX (%)	ANTIOXIDANT CAPACITY (%)	TOTAL PHENOL CONTENT (MG GAE/100G)	BETA-CAROTENE CONTENT (MG*100G)
APRICOT PUREE AND CARROT EXTRACT MIXTURE	3.94±0.05 ^a	16±2 ^a	50.93±1.95 ^a	0.509±0.05 ^a	0.862±0.20 ^a

*Different Latin letters above the numbers indicate a significant difference ($p < 0.05$) and the same letters indicate a non-significant difference ($p > 0.05$) between the data.

۳-۱- رطوبت پودر

مولکولی کم در ساختار آن است [۳۲] به طور مشابهی گزارش شده که با افزایش درصد مالتودکسترین، رطوبت پودر تولید شده از عصاره چغندر کف پوشی شده به دو روش هوای داغ و انجمادی کاهش پیدا کرد [۲۲]. بررسی تاثیر مالتودکسترین بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی پودر عصاره برگ مالبری خشک شده به روش انجمادی نشان داد که با افزایش مالتودکسترین میزان رطوبت پودرهای تولید شده کاهش یافت. محققین علت این کاهش رطوبت را افزایش غلظت کربوهیدرات‌ها دانستند [۳۳]. در مطالعه دیگری گزارش شد که، افزایش مالتودکسترین تاثیر معنی‌داری بر روی میزان رطوبت پودر زرشک خشک شده به روش افشانه‌ای داشت ($p < 0.05$) و افزایش مقدار مالتودکسترین منجر به کاهش رطوبت شد [۳۴].

با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌شود که روش خشک کردن تاثیر معنی‌داری بر روی درصد رطوبت نمونه‌های پودر داشت ($p < 0.05$). نمونه‌های خشک شده با روش انجمادی به طور معنی‌داری دارای رطوبت بالاتری نسبت به نمونه‌های خشک شده با روش هوای داغ بودند. همچنین مقدار مالتودکسترین تاثیر معنی‌داری بر روی محتوای رطوبت پودرهای تولید شده دارد ($p < 0.05$). در روش خشک کردن انجمادی، با افزایش غلظت مالتودکسترین، رطوبت کاهش پیدا کرد. در حالی که در روش خشک کردن با هوای داغ، با افزایش مقدار مالتودکسترین، رطوبت افزایش یافت. دلیل کاهش رطوبت پودر تولید شده در اثر افزایش غلظت مالتودکسترین در روش انجمادی را می‌توان به افزایش غلظت کربوهیدرات‌ها نسبت داد. افزایش رطوبت عمدتاً ناشی از خاصیت آبدوستی و جاذب‌الرطوبه بودن مالتودکسترین و همچنین وجود قندهای با وزن

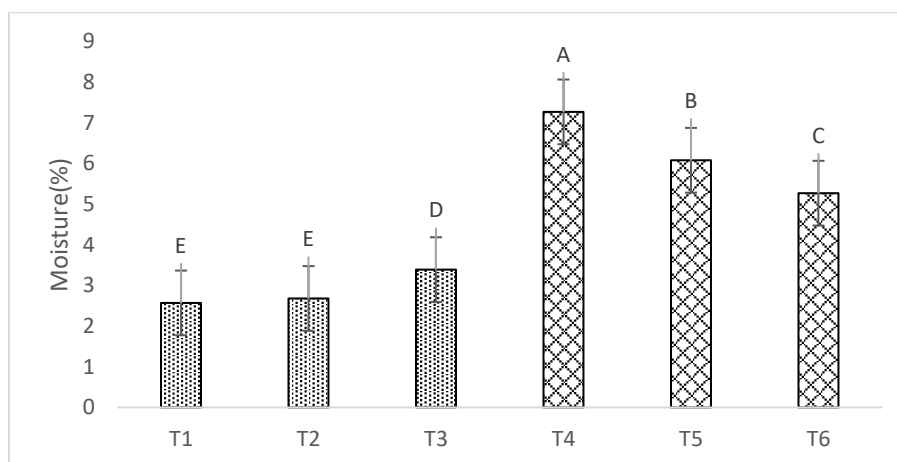


Figure 1 The effect of different ratios of maltodextrin on the moisture content of mixed apricot, carrot and cardamom produced by foam-mat freeze drying and hot air drying methods (T1= Oven, 0% MD: maltodextrin, T2= Oven, 10% MD, T3=Oven, 20% MD, T4= freeze drying, 0% MD, T5= freeze drying, 10% MD, T6=freeze drying, 20% MD)

*Different Latin letters above the numbers indicate a significant difference ($p < 0.05$) and the same letters indicate a non-significant difference ($p > 0.05$).

تاثیر معنی‌داری بر حلالیت پودر تهیه شده از مخلوط زردآلو، هویج و هل نداشت ($p > 0.05$) (شکل ۲). در پودرهای خشک شده به هر دو روش انجمادی و هوای داغ، با افزایش مالتودکسترین تا ۱۰٪، حلالیت پودر کمی افزایش پیدا کرد. اما با افزایش مقدار مالتودکسترین تا ۲۰٪، حلالیت پودر کاهش پیدا کرد. اما تفاوت بین نمونه‌ها از نظر آماری

۳-۲- حلالیت پودر

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که روش خشک کردن تاثیر معنی‌داری بر روی حلالیت پودرهای تهیه شده به دو روش خشک کردن کف‌پوشی- انجمادی و هوای داغ نداشت ($p > 0.05$) (شکل ۲). همچنین غلظت مالتودکسترین نیز

متعددی از جمله ترکیبات اولیه نمونه، اجزای فرمولاسیون، روش و شرایط تولید و توزیع اندازه ذرات پودر حاصل، ارتباط دارد [۳۷]. در فرآیند خشک کردن انجمادی به دلیل ایجاد ساختار متخلخل و پراز خلل و فرج، نمونه‌های تولید شده مانند یک اسفنج آب جذب می‌نمایند. همچنین بخشی از آب غیرمنجمد از طریق پیوند هیدروژنی به پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها متصل می‌باشد که در طول فرآیند خشک کردن انجمادی این بخش از آب تبخیر می‌گردد که با قرارگیری این نمونه‌ها در معرض آب، سبب جذب سریع آب توسط آنها برای جبران پیوندهای هیدروژنی از دست رفته خواهد شد. لذا این فرآیند سبب ایجاد ساختار باز و سطح بالا برای جذب آب می‌گردد [۳۸].

معنی‌دار نبود. گزارش شده که، در خشک کردن پاششی پودر زرشک افزایش غلظت مالتودکسترین، صمغ عربی و افزایش دما تاثیر معنی‌داری بر حلالیت پودر زرشک نداشتند. نمونه تهیه شده در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد که در آن فقط از مالتودکسترین به عنوان حامل استفاده شده بود کمترین درصد حلالیت را داشت که علت این امر می‌تواند تشکیل یک لایه سطحی سخت در روی ذرات پودر در دمای بالا باشد که از انتشار مولکول‌های آب در ذره جلوگیری می‌کند [۳۵]. یافته‌های مطالعه‌ی انجام شده دیگری نشان داد که افزودن مالتودکسترین باعث افزایش حلالیت پودر خرما شد و پودر خرما شاهد به طور معنی‌داری حلالیت کمتری نسبت به پودرهای دارای ماده حامل مالتودکسترین و صمغ عربی داشت [۳۶]. میزان حلالیت پودرهای غذایی به عوامل

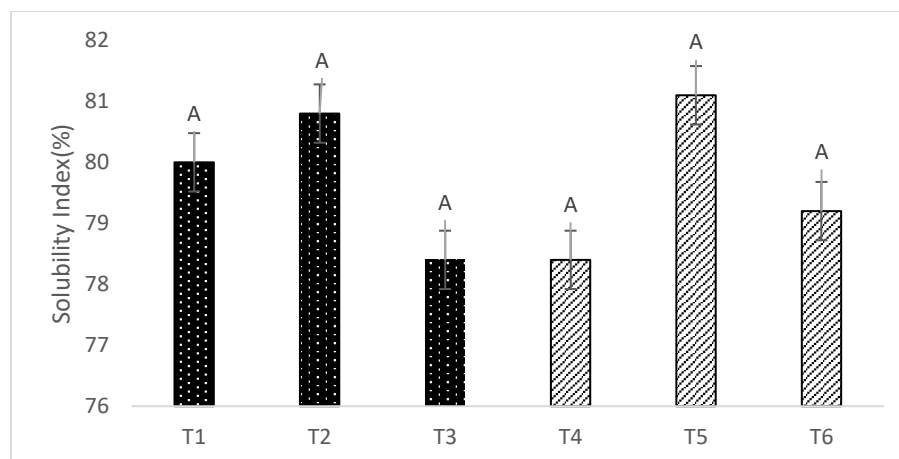


Figure 2 The effect of different ratios of maltodextrin on the solubility of mixed apricot, carrot and cardamom powder produced by foam-mat freeze drying and hot air drying methods

*Different Latin letters above the numbers indicate a significant difference ($p < 0.05$) and the same letters indicate a non-significant difference ($p > 0.05$).

کمک خشک کن‌ها با تشکیل یک لایه و فیلم نازک اطراف ذرات به عنوان یک حفاظ عمل کرده و از تماس مستقیم هوای گرم با ذرات جلوگیری می‌کنند [۳۹]. در حالی که تفاوت معنی‌داری بین سایر نمونه‌های پودر مشاهده نشد ($p > 0.05$). با افزایش غلظت مالتودکسترین، شاخص قهوه‌ای شدن نمونه‌های پودر مخلوط هویج، هل و زردآلو کاهش پیدا کرد که این روند کاهش در نمونه‌های خشک شده به روش کف‌پوشی - هوای داغ معنی‌دار بود ($p < 0.05$). در حالی که در نمونه‌های خشک شده به روش کف‌پوشی - انجمادی، با وجود کاهش شاخص قهوه‌ای شدن در اثر

۳-۳- شاخص قهوه‌ای شدن پودر

نتایج مقایسه پودرهای تولید شده به دو روش کف‌پوشی - انجمادی و هوای داغ نشان داد که شاخص قهوه‌ای شدن در نمونه پودر شاهد (فاقد مالتودکسترین) خشک شده به روش هوای داغ به طور معنی‌داری بیشتر از سایر نمونه‌ها بود ($p < 0.05$). دو دلیل برای این امر وجود دارد: اولاً برای خشک کردن نمونه‌های خشک شده به وسیله آون از دمای بالاتری نسبت به خشک‌کن انجمادی استفاده می‌شود، مضافاً اینکه چون نمونه شاهد فاقد مالتودکسترین می‌باشد چرا که

این نتیجه رسیدند که هرچه زمان خشک کردن طولانی تر باشد شاخص قهوه ای شدن بیشتر می‌شود لذا شاخص قهوه‌ای شدن برای خشک کردن با هوای داغ نسبت به دیگر روش ها بیشتر است زیرا در زمان طولانی تری اتفاق می افتد [۴۱]. نتایج به دست آمده از اندازه گیری شاخص قهوه‌ای شدن پودر شیر موز تولید شده به روش‌های خشک کردن کف‌پوشی هوای داغ، مایکروویو و انجمادی نشان داد که میزان قهوه‌ای شدن پودر توسط خشک‌کن هوای داغ بیشتر از روش مایکروویو بود [۴۲]. به علاوه، نتایج به دست آمده از بررسی روش‌های مختلف خشک کردن سبب نشان داد که میزان اندیس قهوه‌ای شدن در روش خشک کردن انجمادی کمتر از سایر روش‌ها است، چون دمای خشک کن انجمادی برابر با ۱۸- درجه است بنابراین تغییر خاصی در میزان شاخص قهوه‌ای شدن مشاهده نشد [۴۳].

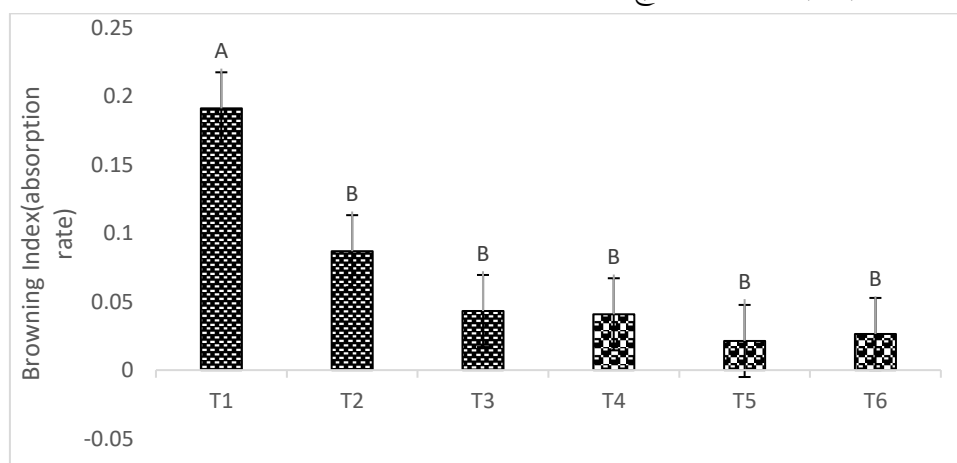


Figure 3- The effect of different ratios of maltodextrin on the browning index of mixed apricot, carrot and cardamom powder produced by foam-mat freeze drying and hot air drying methods

*Different Latin letters above the numbers indicate a significant difference ($p < 0.05$) and the same letters indicate a non-significant difference ($p > 0.05$).

داشتند. همچنین غلظت مالتودکسترین تاثیر معنی‌داری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی پودر مخلوط هویج، زردآلو و هل داشت ($p < 0.05$). در پودرهای تولید شده به هر دو روش کف‌پوشی- هوای داغ و کف‌پوشی- انجمادی، با افزایش غلظت مالتودکسترین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی پودرها کاهش یافت. در نمونه‌های خشک شده به روش هوای داغ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه شاهد برابر با $44/44 \pm 3$ درصد بود. با افزودن مالتودکسترین به میزان ۱۰ و ۲۰٪، فعالیت

افزایش غلظت مالتودکسترین، از نظر آماری، تفاوت بسیار معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده نشد ($p > 0.05$). بررسی اثر شرایط خشک کردن در خشک‌کن کابیتی و پیش‌تیمارهای مختلف بر شدت خشک شدن انگور و ویژگی‌های کیفی کشمش نشان داد که افزایش دمای خشک کردن با افزایش شاخص قهوه‌ای شدن همراه بود. با توجه به تاثیر دما بر شدت واکنش‌های قهوه‌ای شدن، افزایش شاخص قهوه‌ای شدن کشمش با افزایش دمای هوای خشک‌کننده دور از انتظار نیست [۴۰]. محققین با بررسی شاخص‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی درکنسانتره انگور سیاه سردشت با روش سطح پاسخ به این نتیجه رسیدند که با افزایش بریکس و دمای نگهداری کنسانتره میزان شاخص قهوه‌ای شدن افزایش می‌یابد. محققین با بررسی اثر پیش تیمار و روش‌های مختلف خشک کردن بر روند خشک شدن، بافت، رنگ، مقدار و سرعت باز جذب آب ورقه‌های قارچ دکمه‌ای به

۳-۴- ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پودر

آنالیز واریانس نشان داد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند ($p < 0.05$) (۴). نتایج حاکی از آن است که روش خشک کردن تاثیر معنی‌داری بر روی فعالیت آنتی‌اکسیدانی پودر مخلوط هویج، زردآلو و هل داشت ($p < 0.05$). نمونه‌های خشک شده به روش کف‌پوشی- هوای داغ نسبت به نمونه‌های خشک شده به روش کف‌پوشی- انجمادی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری

پدیده رقیق سازی می باشد [۴۶]. مرحله انجماد باعث ایجاد بلورهای یخ و پاره شدن ساختارهای سلولی از جمله دیواره های سلولی شده و باعث آزاد شدن ترکیبات آنتی اکسیدان از شبکه سلولی می شود. از طرف دیگر، ممکن است برخی از آنتی اکسیدان های درونی در یک نمونه با اعمال حرارت و افزایش دما تخریب شده و از بین بروند. به علاوه بررسی تاثیر دما و روش خشک کردن بر فعالیت آنتی اکسیدانی پودر تفاله انگور نشان داد که، افزایش دمای آون از ۸۰ درجه سانتی گراد به ۱۰۰ درجه سانتی گراد منجر به افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی شده و علت آن ایجاد فراورده های حاصل از واکنش مایلارد و یا خروج ترکیبات سلولی با خاصیت آنتی اکسیدانی بیان شد [۴۷]. بررسی اثر ریز کپسوله سازی عصاره زنجبیل با استفاده از مالتودکسترین و صمغ عربی به عنوان عوامل کپسوله ساز، بر روی ۶ ژن مؤثر زنجبیل، نشان داد که ریزپوشانی باعث کاهش مقدار ترکیب مؤثر زنجبیل یعنی جینجیرو و به دنبال آن کاهش محتوای فنول و آنتی اکسیدانی می شود [۴۸].

آنتی اکسیدانی به ترتیب تا $2 \pm 14/86$ و $13/23 \pm 0/95$ درصد کاهش پیدا کرد. در نمونه های خشک شده به روش کف پوشی - هوای داغ نیز، فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه شاهد $16/1 \pm 0/9$ بود که با افزودن مالتودکسترین به مقدار ۱۰٪ و ۲۰٪، فعالیت آنتی اکسیدانی به ترتیب به $7/46 \pm 1$ و $5/34 \pm 0/9$ رسید. اثر زیان بخش رادیکال های آزاد را می توان توسط آنتی اکسیدان ها کاهش داد چون این مواد باعث به دام انداختن و مهار رادیکال های آزاد می شوند و از این طریق باعث پیشگیری از بیماری های احتمالی ناشی از رادیکال های آزاد می شوند [۴۴]. در پژوهشی مشابه افزودن مالتودکسترین و صمغ عربی تاثیر معنی داری بر فعالیت آنتی اکسیدانی پودر گل گاوزبان خشک شده به روش کف پوشی - انجمادی داشت. در این تحقیق بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی در پودر شاهد مشاهده شد و با افزایش غلظت مالتودکسترین و صمغ عربی، فعالیت آنتی اکسیدانی پودر گل گاوزبان کاهش یافت [۲۳]. به علاوه، گزارش شده که نسبت مالتودکسترین و صمغ عربی تاثیری در فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره انگور ریزپوشانی شده نداشت [۴۵]. افزایش میزان حامل، فعالیت آنتی اکسیدانی را کاهش می دهد و علت آن

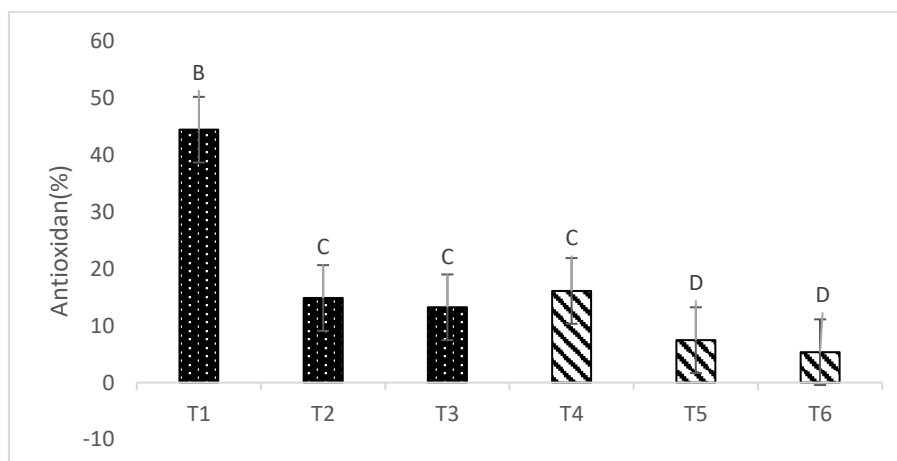


Figure 4 The effect of different ratios of maltodextrin on the antioxidant capacity of mixed apricot, carrot and cardamom powder produced by foam-mat freeze drying and hot air drying methods

*Different Latin letters above the numbers indicate a significant difference ($p < 0.05$) and the same letters indicate a non-significant difference ($p > 0.05$).

۳-۵- محتوای فنول کل پودر

خشک کردن کف به روش هوای داغ، محتوای فنولی به طور معنی داری بیشتر از روش انجمادی بود. کاهش محتوای فنل کل در طول خشک شدن را می توان به وقوع واکنش های اکسیداتیو برگشتناپذیر و تجزیه حرارتی که در طول گرم

روش خشک کردن تاثیر معنی داری بر روی محتوای فنولی پودر مخلوط زردآلو، هویج و هل داشت ($p < 0/05$). در

با افزایش غلظت مالتودکسترین تا ۱۰٪، ابتدا محتوای فنولی کمی افزایش پیدا کرد و در ادامه با افزایش بیشتر غلظت مالتودکسترین تا ۲۰٪، محتوای فنولی کاهش یافت. علت کاهش محتوای فنولی در پودرهای حاوی مالتودکسترین در مقایسه با نمونه شاهد می‌تواند به اضافه کردن مالتودکسترین و آلبومین مربوط باشد. مالتودکسترین به عنوان یک حامل و سپر حفاظتی برای ترکیبات زیست فعال در طی نگه‌داری پودر عمل می‌کند [۲۳]. مالتودکسترین انحلال‌پذیری بالایی در آب دارد، باعث ایجاد امولسیون پایدار شده و مواد فرار را به خوبی نگه می‌دارد. بنابراین افزایش مالتودکسترین می‌تواند باعث بهبود خصوصیات فنولی شود [۳۷]. افزایش ترکیبات فنلی در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد (خشک کردن با هوای داغ) را می‌توان بیشتر به غیر فعال شدن آنزیم تجزیه کننده ترکیبات فنلی دانست [۵۱]. محققین گزارش دادند که با افزایش غلظت مالتودکسترین تا ۱۳٪، محتوای فنولی پودر زرشک افزایش یافت اما با افزایش بیشتر غلظت مالتودکسترین محتوای فنولی پودر زرشک کمی کاهش پیدا کرد [۳۴]. در مطالعه‌ی دیگری، نتایج به دست آمده از بررسی اثر عوامل حامل (مالتودکسترین و صمغ عربی) بر ترکیبات فنولی پودر گل گاوزبان خشک شده به روش کف‌پوشی-انجمادی نشان داد که نمونه شاهد دارای فنول کل بیشتری نسبت به پودرهای حاوی حامل بود [۲۳].

کردن طولانی رخ می‌دهد، نسبت داد [۴۹]. احتمال داده می‌شود یکی از دلایل افزایش مقدار ترکیبات فنلی در اثر حرارت دهی، تجزیه پلی فنل های سنگین وزن به انواع با وزن مولکولی کمتر باشد. ترکیبات فنلی، در اثر واکنش های غیرآنزیمی ناشی از حرارت دهی از پیشسازهای شان رها شده و از این رو مقدار آنها افزایش پیدا می‌کند [۵۰]. پودر شاهد خشک شده به روش هوای داغ، بیشترین محتوای فنولی محتوای فنولی نیز متعلق به پودر حاوی ۲۰٪ مالتودکسترین خشک شده به روش انجمادی بود. همچنین نتایج نشان داد که غلظت مالتودکسترین تاثیر معنی‌داری بر محتوای فنولی پودر مخلوط زردآلو، هویج و هل داشت ($p < 0.05$). افزایش غلظت مالتودکسترین در پودرهای خشک شده به روش هوای داغ، محتوای فنولی کاهش پیدا کرد. این ممکن است به افزودن عوامل حامل نسبت داده شود که ممکن است محتوای فنلی را رقیق کند که منجر به کاهش محتوای فنل کل شود [۳۶]. در نمونه‌های خشک شده به روش کف‌پوشی- هوای داغ، محتوای فنولی نمونه شاهد 0.787 ± 0.04 mg GAE/100g بود که با افزودن مالتودکسترین به میزان ۱۰٪، این مقدار تا 0.496 ± 0.05 mg GAE/100g کاهش یافت. با افزایش بیشتر غلظت مالتودکسترین تا ۲۰٪، محتوای فنولی به 0.323 ± 0.03 mg GAE/100g در نمونه‌های خشک شده به روش انجمادی،

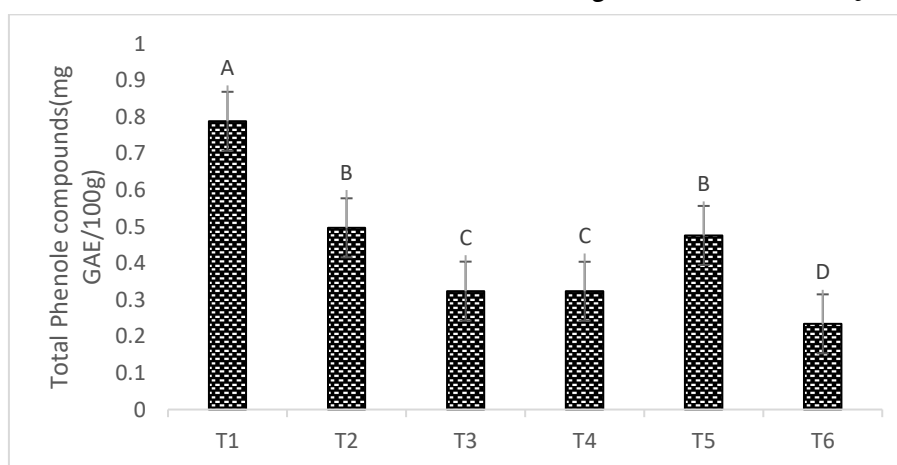


Figure 5 The effect of different ratios of maltodextrin on the total phenol of mixed apricot, carrot and cardamom powder produced by foam-mat freeze drying and hot air drying methods

*Different Latin letters above the numbers indicate a significant difference ($p < 0.05$) and the same letters indicate a non-significant difference ($p > 0.05$).

مقدار بتاکاروتن ابتدا کمی کاهش و سپس افزایش یافت که این روند از نظر آماری بسیار معنی دار نبود. مقدار بتاکاروتن در نمونه شاهد خشک شده به روش انجمادی، 0.953 ± 0.04 بود و با افزایش غلظت مالتودکسترین تا ۱۰ و ۲۰٪ به ترتیب به 0.868 ± 0.02 و 0.903 ± 0.05 رسید. نتایج به دست آمده از بررسی رفتار کف کنندگی و خشک کردن کف پوشی پالپ طالبی نشان داد که پودر طالبی تولید شده با ضخامت ۳ میلی متر و دمای خشک شدن ۴۰ درجه سانتی گراد بیشترین میزان بتاکاروتن را داشت. با افزایش دمای خشک کردن به ۵۵ و ۷۰ درجه سانتی گراد، محتوای بتاکاروتن کاهش پیدا کرد [۵۲]. در طی خشک کردن پاششی هندوانه محققین نتیجه گرفتند که ترکیباتی که سبب تشکیل رنگ قرمز در این محصول می شوند از جمله آنتوسیانین، بتاکاروتن و لیکوپن، با افزایش دمای خشک کردن به طور معنی داری کاهش می یابند [۵۳]. به علاوه در تولید پودر پایا به روش کف پوشی گزارش شد که با افزایش ضخامت کف، دمای بالا و زمان زیاد، میزان بتاکاروتن پودر پایا کاهش چشمگیری داشت [۵۴]. تخریب بتاکاروتن به عوامل مختلفی از جمله دمای خشک کردن، زمان خشک کردن و میزان اکسیژن بستگی دارد [۳۴].

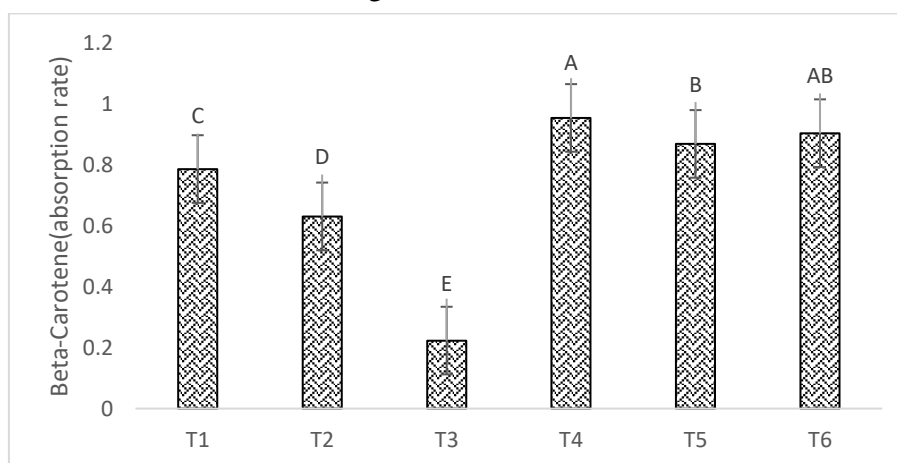


Figure 6 The effect of different ratios of maltodextrin on the amount of beta-carotene of mixed apricot, carrot and cardamom powder produced by foam-mat freeze drying and hot air drying methods

*Different Latin letters above the numbers indicate a significant difference ($p < 0.05$) and the same letters indicate a non-significant difference ($p > 0.05$).

ارزیاب ها قرار گرفته و امتیاز بیشتری را دریافت کردند. آنالیز واریانس نیز نشان داد که روش خشک کردن به طور معنی داری بر روی ویژگی های حسی پودرها تاثیر داشت

۳-۶- محتوای بتاکاروتن پودر

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که روش خشک کردن تاثیر معنی داری بر روی محتوای بتاکاروتن پودر مخلوط هویج، زردآلو و هل داشت ($p < 0.05$). محتوای بتاکاروتن پودرهای خشک شده به روش کف پوشی - انجمادی بیشتر از روش کف پوشی - هوای داغ بود. بیشترین محتوای بتاکاروتن (0.953 ± 0.04) متعلق به نمونه شاهد خشک شده به روش کف پوشی - انجمادی بود. نمونه حاوی ۲۰٪ مالتودکسترین خشک شده به روش کف پوشی - هوای داغ نیز کمترین مقدار بتاکاروتن را داشت. همچنین نتایج نشان داد که افزایش غلظت مالتودکسترین تاثیر معنی داری بر محتوای بتاکاروتن پودر مخلوط زردآلو، هویج و هل داشت ($p < 0.05$). در نمونه های پودر خشک شده به روش هوای داغ، با افزایش غلظت مالتودکسترین، محتوای بتاکاروتن کاهش پیدا کرد. به طوری که بتاکاروتن نمونه شاهد برابر با 0.953 ± 0.04 بود و با افزایش غلظت مالتودکسترین تا ۱۰ و ۲۰٪ مقدار بتاکاروتن پودرها کاهش یافته و به ترتیب به 0.868 ± 0.02 و 0.903 ± 0.05 رسید. در نمونه های پودر خشک شده به روش کف پوشی - انجمادی با افزایش غلظت مالتودکسترین،

۳-۷- ارزیابی حسی

با توجه به شکل ۷ مشاهده می شود که به طور کلی پودرهای تولید شده به روش کف پوشی - هوای داغ بیشتر مورد پسند

به نمونه پودر شاهد و ۱۰٪ مالتودکسترین خشک شده به روش کف‌پوشی- هوای داغ بیشترین امتیاز را اختصاص دادند و هر سه نمونه خشک شده به روش انجمادی حداقل امتیاز را دریافت نمودند. از نظر ظاهر و احساس دهانی نیز نمونه پودر شاهد خشک شده به روش کف‌پوشی- هوای داغ بهتر از سایر نمونه‌ها بود و سه نمونه خشک شده به روش کف‌پوشی- انجمادی کمترین امتیاز را کسب کردند. با بررسی ویژگی‌های حسی پودر نوشیدنی پرتقال تهیه شده به روش کف‌پوشی گزارش شده است که نمونه پودر نوشیدنی خشک شده تحت دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد بالاترین امتیاز پذیرش کلی را به دست آورد. محققین بیان کردند که فرآیند حرارتی می‌تواند موجب تخریب ترکیبات مولد عطر و طعم شود. بنابراین استفاده از روش‌های غیرحرارتی مانند خشک‌کن انجمادی و خشک‌کن پاششی می‌تواند موجب تولید پودرهایی با مطلوبیت بیشتر شود [۵۵].

($p < 0.05$). پودرهای تولید شده به روش کف‌پوشی- هوای داغ، از نظر ویژگی‌های حسی ظاهر، رنگ، طعم و مزه، عطر و بو و احساس دهانی بهتر از نمونه‌های تولید شده به روش کف‌پوشی- انجمادی بودند. همچنین در هر دو نوع پودر خشک شده به روش هوای داغ و انجمادی، نمونه‌های شاهد از نظر ویژگی‌های حسی بهتر بودند و امتیاز بیشتری را دریافت کردند. با افزایش غلظت مالتودکسترین، ویژگی‌های حسی کاهش پیدا کردند. از نظر ویژگی رنگ، ارزیاب‌ها به نمونه شاهد (فاقد مالتودکسترین) خشک شده به روش کف‌پوشی- هوای داغ، بیشترین امتیاز را دادند. کمترین امتیاز رنگ نیز به نمونه‌های حاوی ۱۰ و ۲۰٪ مالتودکسترین خشک شده به روش انجمادی تعلق گرفت. از نظر عطر و بو، نمونه‌های پودر شاهد و ۱۰٪ مالتودکسترین خشک شده به روش هوای داغ، بهتر از سایر نمونه‌ها بودند و نمونه پودر حاوی ۲۰٪ مالتودکسترین خشک شده به روش انجمادی، کمترین عطر را داشت. از نظر ویژگی طعم و مزه، ارزیاب‌ها

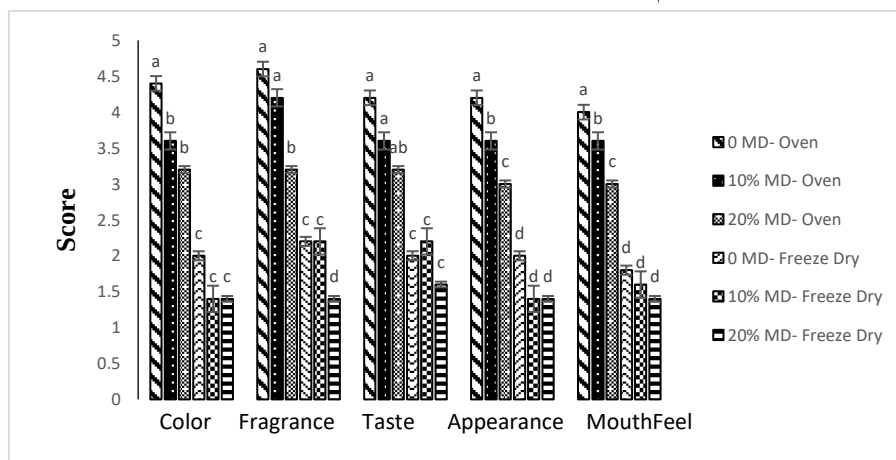


Figure 7 Sensory characteristics of mixed apricot, carrot and cardamom powder samples produced by foam-mat freeze drying and hot air drying method (MD: maltodextrin, FD: freeze drying, Oven: oven)

*Different Latin letters above the numbers indicate a significant difference ($p < 0.05$) and the same letters indicate a non-significant difference ($p > 0.05$).

خشک کردن استفاده کرد به همین دلیل در راستای تولید محصولات غذایی سلامت بخش می‌توان از عصاره یا پوره این میوه برای تولید یک نوشیدنی فوری استفاده کرد. بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پودر نشان داد که روش خشک کردن تاثیر معنی‌داری بر روی درصد رطوبت، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنول کل، محتوای بتاکاروتن و ویژگی‌های حسی داشت. در حالی که حالیت پودر و شاخص قهوه‌ای

۴- نتیجه‌گیری کلی

با توجه به فراوانی ترکیبات آنتی‌اکسیدان در زردآلو و تاثیر بالای این ترکیبات در سلامتی انسان و کم بودن سهم تازه خوری این میوه، زردآلو یک محصول ارزشمند به شمار می‌رود که برای افزایش مدت زمان نگهداری و امکان مصرف همیشگی آن می‌توان از روش‌های مختلفی مانند

شدن تحت تاثیر روش خشک کردن قرار نگرفتند. نمونه‌های پودر خشک شده به روش کف‌پوشی - انجمادی محتوای رطوبت و بتاکاروتن بیشتری در مقایسه با پودرهای خشک شده به روش کف‌پوشی - هوای داغ داشتند. همچنین در نمونه‌های خشک شده به روش هوای داغ، محتوای فنول، ظرفیت آنتی‌اکسیدان و ویژگی‌های حسی بیشتر از نمونه‌های پودر خشک شده به روش کف‌پوشی - انجمادی بود. نتایج بررسی تاثیر مالتودکسترین بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی پودر نوشیدنی مخلوط هویج، زردآلو و هل تهیه شده به روش کف‌پوشی - انجمادی و کف‌پوشی - هوای داغ نشان داد که در روش خشک کردن انجمادی، با افزایش غلظت مالتودکسترین، رطوبت کاهش و در روش هوای داغ، رطوبت افزایش یافت. همچنین با افزایش غلظت مالتودکسترین، شاخص قهوه‌ای شدن، محتوای بتاکاروتن، محتوای فنول، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های حسی کاهش پیدا کردند. نتایج بررسی‌ها نشان داد پودر دارای ۱۰٪ مالتودکسترین و خشک شده با هوای داغ را می‌توان به عنوان نمونه بهینه معرفی نمود. و به طور کلی نتایج حاکی از آن بود که پودر نوشیدنی مخلوط هویج، زردآلو و هل تولید شده به هر دو روش کف‌پوشی - انجمادی و کف‌پوشی - هوای داغ ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی قابل قبولی داشت و محصول تولید شده می‌تواند به عنوان پودر نوشیدنی در تمام فصول مورد استفاده قرار گیرد.

۵-منابع

- [1] Fatahi, A. (2016) Production of apricot pastille and investigation of water activity and its color, texture and acceptance characteristics. *Iranian Journal of Food Science and Industry*. 14(68):27-35.
- [2] Hodek, P., Hanustiak, P., Krizkova, J., Mikelová, R., Krizkova, S., Stiborová, M., ... & Kizek, R. (2006). Toxicological aspects of flavonoid interaction with biomacromolecules. *Neuroendocrinol. Lett*, 27(6), 14-17.
- [3] Gurrieri, F., Audergon, J. M., Albagnac, G., & Reich, M. (2001). Soluble sugars and carboxylic acids in ripe apricot fruit as parameters for distinguishing different cultivars. *Euphytica*, 117(3), 183-189.
- [4] Najafzadeh, R.; Hadipour, M.; Fakharian, Z. (2011). *Applied scientific principles of apricot tree cultivation*. First edition, Serva Publishing House, Tehran.
- [5] Kamali Sarostani, M. Mohabi, M. and Taghizadeh, M. (2021). Optimizing the production of foam in drying the floor coating of celery juice and evaluating the properties of the production powder. *Iranian Journal of Food Science and Industry Research*, 17(2): 217-231.
- [6] Baranska, M., Baranski, R., Schulz, H., & Nothnagel, T. (2006). Tissue-specific accumulation of carotenoids in carrot roots. *Planta*, 224, 1028-1037.
- [7] El-Baroty, G. S., Abd El-Baky, H. H., Farag, R. S., & Saleh, M. A. (2010). Characterization of antioxidant and antimicrobial compounds of cinnamon and ginger essential oils. *African journal of biochemistry research*, 4(6), 167-174.
- [8] Hamzaa, R. G., & Osman, N. N. (2012). Using of coffee and cardamom mixture to ameliorate oxidative stress induced in γ -irradiated rats. *Biochem Anal Biochem*, 1(113), 2161-1009.
- [9] Jaya, S. Das, H., (2004). Effect of Maltodextrin, Glycerol Monostearate and Tricalcium Phosphate on Vacuum Dried Mango Powder Properties. *J. Food Eng*, 63, 125-134
- [10] Kumar, C., Karim, M. A., & Joardder, M. U. (2014). Intermittent drying of food products: A critical review. *Journal of Food Engineering*, 121, 48-57.
- [11] Sangamithra, A., Venkatachalam, S., Gabriela, S., & Kuppuswamy, K. (2015). Foam mat drying of food materials: a Review. *J. Food Process. Preserv.*, 39, 3165-3174.
- [12] Desai, K. G. H., & Jin Park, H. (2005). Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying technology*, 23(7), 1361-1394.
- [13] Abascal, K., Ganora, L., Yarnell, E., (2005). The effect of freeze-drying and its implications for botanical medicine: a review. *Journal of phytotherapy research*.
- [14] Fang, Z., & Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols—a review. *Trends in Food Science & Technology*, 21(10), 510-523.
- [15] Yanyang, X., Min, Z., Mujumdar, A. S., Le-qun, Z., & Jin-cai, S. (2004). Studies on hot air and microwave vacuum drying of wild cabbage. *Drying Technology*, 22(9), 2201- 2209.

- [16] Dehghannya, J., Pourahmad, M., Ghanbarzadeh, B., & Ghaffari, H. (2018). Influence of foam thickness on production of lime juice powder during foam-mat drying: Experimental and numerical investigation. *Powder technology*, 328, 470-484.
- [17] Hardy, Z., & Jideani, V.A. (2017). Foam-mat drying technology: A review. *Critical Reviews in Food Sci & Nut.*, 57, 2560-2572.
- [18] Kadam, D.M., Patil, R.T., and Kaushik, P., (2010). foam mat drying of fruit and vegetable products In *drying of foods, vegetables & fruits*. Majumdar, A.S published in singapapopore, 1, 124.
- [19] Lewicki, P. P. (2006). Design of hot air drying for better foods. *Trends in Food Science & Technology*, 17(4), 153-163.
- [20] de Carvalho Tavares, I. M., Sumere, B. R., Gómez-Alonso, S., Gomes, E., HermosínGutiérrez, I., Da-Silva, R., & Lago-Vanzela, E. S. (2020). Storage stability of the phenolic compounds, color and antioxidant activity of jambolan juice powder obtained by foam mat drying. *Food research international*, 128, 108750.
- [21] Brar, A. S., Kaur, P., Kaur, G., Subramanian, J., Kumar, D., & Singh, A. (2020). Optimization of process parameters for foam-mat drying of peaches. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup3), S1495-S1518.
- [22] Haji Aghaei, M.; Sharifi, A. (2019). Investigating some physical characteristics of instant drink powder based on red beetroot extract, coated by hot air and freezing methods. *Iranian journal of food science and industry*. 17 (107), 67-80.
- [23] Haji Ali Asghari, M.; Sharifi, A. (2021). Investigating the effect of carrier factors on the physicochemical properties of borage flower powder produced by floor coating-freeze drying method. *Quarterly Journal of New Technologies in the Food Industry*, 9(2): 149-165.
- [24] Iran Institute of Standards and Industrial Research, 2013. Carbonated drinks - chemical test methods. National Standard of Iran, No. 1249, first revision
- [25] Kalantari, S., Roufegarinejad, L., Pirs, S., & Gharekhani, M. (2020). Green extraction of bioactive compounds of pomegranate peel using β -Cyclodextrin and ultrasound. *Main Group Chemistry*, 19(1), 61-80.
- [26] Zareei, E., Zaare-Nahandi, F., Oustan, S., & Hajilou, J. (2019). Effects of magnetic solutions on some biochemical properties and production of some phenolic compounds in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticulturae*, 253, 217-226.
- [27] Affandi, N., Zzaman, W., Yang, T. A., & Easa, A. M. (2017). Production of *Nigella sativa* beverage powder under foam mat drying using egg albumen as a foaming agent. *Beverages*, 3(1), 9.
- [28] Raftani Amiri, Z.; Hosseini, S.Kh. (2019). Preparation of barberry powder produced by floor covering method and the effect of dryer temperature on its characteristics. *New Technologies in Food Industry*, 8(2), 253-272.
- [29] Soleimani, S; Sharifi, A; Armin, M. (2015). Optimization of temperature and formulation of persimmon powder production by response surface method. *Innovation in Food Science and Technology (Food Science and Technology)*, 8(4), 27-36.
- [30] Hossain, M. A., Mitra, S., Belal, M., & Zzaman, W. (2021). Effect of foaming agent concentration and drying temperature on biochemical properties of foam mat dried Tomato powder. *Food Research*, 5(2).
- [31] Khalafi, R., Goli, S. A. H., & Behjatian, M. (2016). Characterization and classification of several monofloral Iranian honeys based on physicochemical properties and antioxidant activity. *International journal of food properties*, 19(5), 1065-1079.
- [32] Naushad, M.; Hojjati, M.; Ghasemi, P; Mustaan, A. (2019). Optimizing and modeling mass transfer kinetics during the drying process of date palm sap flooring. *New Technologies in Food Industry*, 7(4), 535-550
- [33] Tchabo, W., Ma, Y., Kaptso, G. K., Kwaw, E., Cheno, R. W., Wu, M., ... & Farooq, M. (2018). Carrier effects on the chemical and physical properties of freeze-dried encapsulated mulberry leaf extract powder. *Acta Chimica Slovenica*, 65(4), 823-835.
- [34] Naji-Tabasi, S., Emadzadeh, B., Shahidi-Noghabi, M., Abbaspour, M., & Akbari, E. (2021). Physico-chemical and antioxidant properties of barberry juice powder and its effervescent tablets. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1), 1-11.
- [35] Sharifi, A., Niakousari, M., Maskooki, A., & Mortazavi, S. A. (2015). Effect of spray drying conditions on the physicochemical properties of barberry (*Berberis vulgaris*) extract powder. *International Food Research Journal*, 22(6), 2364.
- [36] Seerangurayar, T., Manickavasagan, A., Al-Ismaili, A. M., & Al-Mulla, Y. A. (2018). Effect of carrier agents on physicochemical properties of foam-mat freeze-dried date powder. *Drying Technology*, 36(11), 1292-1303.
- [37] Shahidi, F; Veridi, M.; Mohabi, M.; Khalilian, p.; Khalilian, M. (2016). Investigating the physicochemical characteristics of pomegranate

- powder produced by floor drying method. *Iranian Journal of Food Science and Industry*. 14(63):230-221.
- [38] Mahsa Faridnia, Ali Mohammadi Thani, & Masoud Najaf Najafi. (2020) Encapsulation of red beetroot extract by maltodextrin carriers and whey protein isolate using spray and freeze dryers
- [39] Rahmati, Idris, Sharifian, Farouq, & Fatahi, Mohammad. (2017). Investigating the effect of different drying methods and additive compounds on the physical and chemical properties of the extract of the plant (*Dracocephalum moldavica* L.). *Research of medicinal and aromatic plants of Iran* 34(5), 781-793. doi: 10.22092/ijmapr.2018.115678.2150
- [40] Ayoubi De Paini, Sedaghat, Nasser, Kashaninejad, Mohebi, Mohabbate, & Nasiri Mahalati. (2016). Investigating the effect of drying conditions in a cabinet dryer and different pretreatments on the severity of grape drying and quality characteristics of raisins. *Iran's Food Science and Industry Research*, 12.
- [۴۱]Hojjat Bakhshlo, Mirkhalil Pirouzi Fard, Mohammad Alizadeh Khaled Abad, & Saber Amiri. (2020). Investigation of non-enzymatic browning indicators in Sardasht black grape concentrate by response surface method. *Journal of Food Science & Technology* (2008-8787), 16(97).
- [42] Pourhaji, F; Tabatabai Yazdi, F; Mortazavi, SA; Mohabi, M.; Mazaheri Tehrani, M. (2017). Examining the production and drying conditions of banana milk by microwave coating method and checking the properties of the powder. *Journal of Iranian Food Science and Industry Research*, Volume 14, Issue 2, pp. 283-296.
- [43] Michalska, A., Wojdyło, A., Lech, K., Łysiak, G. P., & Figiel, A. (2016). Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying technologies. *Food chemistry*, 207, 223-232.
- [44] Shahsavari, N., Barzegar, M., Sahari, M. A., & Naghdibadi, H. (2008). Antioxidant activity and chemical characterization of essential oil of *Bunium persicum*. *Plant foods for human nutrition*, 63(4), 183-188.
- [45] Matini, S., Mortazavi, S. A., Sadeghian, A. R., & Sharifi, A. (2018). Studying physicochemical properties of Sardasht red grape skin encapsulated extract and stability evaluation of these compounds in yoghurt. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 7(3), 241-254.
- [46] Ahmadi Rad, Imam Juma, Asadi, & Hassan. (2016). Optimization of spray drying process of blueberry juice using response surface method. *Iranian Journal of Food Sciences and Industries*, 13(50), 67-78.
- [47] Demirkol M, Tarakci Z. 2018. Effect of grape (*Vitis labrusca* L.) pomace dried by different methods on physicochemical microbiological and bioactive properties of yoghurt. *LWT*.97:770-7.
- [48] Simon-Brown, K., Solval, K. M., Chotiko, A., Alfaro, L., Reyes, V., Liu, C., ... & Sathivel, S. (2016). Microencapsulation of ginger (*Zingiber officinale*) extract by spray drying technology. *LWT*, 70, 119-125.
- [49] Abbaspour Gilande, Kaveh, & Mohammad. (2023). Investigating the effects of hot air drying conditions on some qualitative and bioactive characteristics of cantaloupe slices using the response surface method. *New technologies in food industry*, 10(2), 171-188
- [50] Jalali Jivan Mahdi, Sadeghi Saeed, Maddlou Ashkan, & Yarmand Mohammad Saeed. (2013). The effect of heating and acidification on total phenol content and antioxidant activity of date kernel extract.
- [51] Ghasem Nejad Azim, Bagheri Fard Amin Elah, & Asghari Ali. (2013). Studying the effect of drying temperature on some phytochemical properties of conifer leaves (*Cynara scolymus* L).
- [52] Salahi, M. (2014). Optimizing production conditions of melon flooring process and investigating its physicochemical properties, Master's thesis, Ferdowsi University of Mashhad.
- [53] Quek, S., Chok, N.K., Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Journal of Chemical Engineering and Processing*, 46, 386-392
- [54] Kandasamy, P., Varadharaju, N., Kalemullah, S., & Maladhi, D. (2014). Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. *Journal of food science and technology*, 51(10), 2526-2534
- [55] Nemati, A; Motamedzadegan, F; Mohammadzadeh Milani, c. (2022). The effect of different floor drying methods on the properties of orange drink powder prepared from Permit. *Iranian journal of food science and industry*. 19 (126):256-239



Scientific Research

Evaluation of Beverage Powder Produced from Apricot Puree and Carrot extract by Foam-Mat Drying Method

Maryam Eyvaz Mohammadi¹, Akram Sharifi^{1*}

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

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2024/8/3 Accepted: 2025/2/25	The purpose of this research was to produce a beverage powder from apricot puree and carrot extract using the foam mat method and to investigate the physicochemical and sensory properties of the produced powder. First, a mixture of carrot extract, apricot puree and cardamom extract was prepared and then some chemical properties of the resulting mixture were measured. To prepare foam from this mixture, apricot, carrot and cardamom extracts were combined with each other with a ratio of 68:28.5: 0.5%. 3% albumin was used as a foaming agent and maltodextrin was used at 0, 10 and 20% levels as a foam stabilizer. The prepared foams were dried by two methods, freezing and hot air. The physicochemical and sensory characteristics of the prepared powders were measured. The drying method had a significant effect on the moisture content, antioxidant capacity, total phenol, beta-carotene content and sensory characteristics. While powder solubility, browning index were not affected by the drying method. Powders dried by foam mat-freezing method had more moisture content, beta-carotene compared to powders dried by hot air method. In samples dried by hot air method, phenol content, antioxidant capacity, and sensory characteristics were higher than samples of powders dried by foam mat freezing method. With increasing maltodextrin concentration, browning index, beta-carotene content, phenol content, antioxidant capacity and sensory characteristics decreased. Maltodextrin concentration had no significant effect on powder solubility. In addition, the 0% hot air maltodextrin treatment has relative superiority in sensory evaluation. In general, the results indicated that the powder produced by both foam mat freezing and hot air methods had acceptable physicochemical characteristics.
Keywords: apricot puree, carrot extract, foam mat drying, freeze drying	
DOI: 10.22034/FSCT.22.161.104. *Corresponding Author E- asharifi81@gmail.com	



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

پیش‌بینی رطوبت و دانسیته در میگو طی سرخ‌کردن هوای داغ با مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی

بهاره معروف پور^۱، امان محمد ضیائی فر^{۲*}، محمد قربانی^۳، حسن صباغی^۴، سعید یلقی^۵

^۱ دانشجوی دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۲ * استاد گروه مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۳ استاد گروه شیمی مواد غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۴ استادیار گروه علوم و مهندسی مواد غذایی، دانشکده کشاورزی و دامپروری، مجتمع آموزش عالی تربت جام، خراسان رضوی، ایران

^۵ استادیار گروه شیلات، مرکز تحقیقات شیلات استان گلستان، گرگان، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۱۶

کلمات کلیدی:

شبکه‌های عصبی مصنوعی،

رطوبت،

دانسیته،

میگو،

سرخ کردن هوای داغ.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.121.

* مسئول مکاتبات:

ziaiifar@gau.ac.ir

در این پژوهش، شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) برای پیش‌بینی تغییرات رطوبت و دانسیته میگو طی فرآیند سرخ‌کردن هوای داغ (در سه دمای ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه) ارائه گردید. شبکه‌های عصبی به صورت پرسپترون چند لایه (MLP) با تابع انتقال تانژانت سیگموئید در لایه پنهان و تابع انتقال خطی در لایه خروجی برای پیش‌بینی رطوبت (با دو ورودی: دما و زمان) و دانسیته (با سه ورودی: دما، زمان و رطوبت) در نرم افزار MATLAB طراحی شد. الگوریتم‌های مختلف پس‌انتشار شامل لونیبرگ-مارکوارت، گرادیان نزولی، گرادیان نزولی با نرخ تطبیقی یادگیری، انتشار برگشتی با نرخ یادگیری متغیر، گرادیان نزولی با مومنتم و گرادیان مزدوج مقیاس‌شده بودند. ساختار مدل‌ها با محاسبه ضریب تبیین (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطای مطلق (MAE) اعتبار سنجی شد. در نهایت، اهمیت ورودی‌ها از نظر تاثیر بر متغیر خروجی برای پیش‌بینی رطوبت و دانسیته با طراحی شبکه‌های عصبی پیش فرض تانژانت هایپربولیک در نرم افزار SPSS بررسی گردید. نتایج نشان داد که با کاهش رطوبت و توسعه منافذ در میگو، دانسیته محصول نیز طی سرخ‌کردن هوای داغ به تدریج کاهش یافت و با افزایش دمای فرآیند کاهش بیشتری در دانسیته مشاهده شد. در مدل رطوبت، الگوریتم پس انتشار گرادیان نزولی با مومنتم ($R^2=0.989$, RMSE=0.171, MAE=0.131) و در مدل دانسیته، الگوریتم لونیبرگ-مارکوارت ($R^2=0.974$, RMSE=0.0096, MAE=0.0066) کمترین میزان خطا را در آموزش نشان دادند. در محاسبات عصبی رطوبت، اهمیت متغیر زمان و دما به ترتیب برابر با ۰/۸۸۳ و ۰/۱۱۷ بود. در محاسبات عصبی دانسیته نیز اهمیت متغیر رطوبت، زمان و دما به ترتیب برابر با ۰/۵۸۸، ۰/۲۷۸ و ۰/۱۳۴ بود. از یافته‌های این پژوهش در طراحی هوش مصنوعی برای کنترل و ایجاد اتوماسیون در سرخ‌کن‌های هوای داغ می‌توان استفاده کرد.

۱-مقدمه

در سال‌های اخیر، به دلیل خطرات رژیم غذایی پرچرب، تمایل فزاینده‌ای در مصرف کنندگان وجود دارد که به جای مواد غذایی سرخ‌شده به دنبال غذاهای مغذی‌تر و ایمن باشند. همچنین، کاهش مصرف روغن در غذاهای سرخ‌شده به یک ضرورت تبدیل شده است. در این رابطه، جایگزینی فرآیند سرخ‌کردن سنتی با سیستم‌هایی که می‌توانند خواصی شبیه به غذاهای سرخ‌شده ارائه دهند و در عین حال علاوه بر سهولت دسترسی، کیفیت غذایی بالاتری را برای محصول ایجاد نمایند، در حال پژوهش است. بنابراین، سرخ‌کردن با هوای داغ به عنوان یک فرآیند جایگزین برای سرخ‌کردن عمیق معرفی شده است. تجهیزات با تکنولوژی سرخ‌کردن با هوای داغ در بازار موجود است [1] که برخی به طور مداوم با هوادهی مداوم و تماس مستقیم با سطوح ضد چسبندگی در حال تکامل هستند، اما تمامی طراحی‌ها نرخ انتقال حرارت یکنواخت میان هوا و محصول در حال سرخ‌شدن را فراهم نمی‌نمایند [2]. در این روش، محصول با قطرات روغن پخش شده در هوای داغ در تماس مستقیم قرار می‌گیرد و از این طریق محصول آبدایی شده و پوسته به تدریج روی محصول سرخ شده ظاهر می‌گردد [3]. افزودن روغن می‌تواند قبل یا طی فرایند با پوشش اندک روی سطح ماده غذایی با هدف ایجاد طعم، بافت و ظاهر مطلوب محصولات سرخ‌شده انجام گیرد [4]. سرخ‌کن‌های با هوای داغ، انتقال حرارتی یکنواخت بین هوا و محصول در حال سرخ‌شدن را فراهم می‌کنند [2] که در نتیجه تغییرات کیفی در سراسر محصول به صورت یکنواخت صورت می‌گیرد [4]. در سرخ‌کردن با هوای داغ در نهایت ماده غذایی سرخ‌شده با مقدار روغن بسیار پایین و سطح رطوبتی مشابه با سرخ‌کردن عمیق بدست می‌آید [3]. در روش سرخ‌کردن با هوای داغ محصول از تمامی جهات در یک زمان حرارت داده می‌شود و در بیشتر موارد نیاز به افزودن روغن نیست [1]. محصول سرخ شده توسط هوای داغ، ۸۰٪ روغن کمتری در مقایسه

با سرخ‌کردن عمیق دارد [5] و ذخیره ۷۰٪ انرژی و کاهش انتشار پساب‌های ناشی از سرخ‌کردن را به دنبال دارد [6].

انجمن قلب آمریکا مصرف انواع ماهی، صدف و میگو را حداقل دو بار در هفته توصیه می‌کند [7]. مطالعات اپیدمیولوژی نشان داده است که در آن دسته از جوامعی که فرهنگ مصرف غذاهای دریایی را دارند، شیوع کم حملات قلبی مشاهده می‌شود [8]. گوشت میگو به دلیل قابلیت هضم آسان (۸۵٪) در مقایسه با بسیاری از منابع پروتئینی دیگر ارزش بیولوژیکی بالایی دارد. ارزش غذاهای دریایی برای انسان حفظ وضعیت مثبت سلامتی و عملکرد مطلوب با تامین تمام مواد مغذی ضروری در مقادیر کافی است تا از بیماری‌های ناشی از کمبود مواد مغذی و همچنین اختلالات مزمن مرتبط با رژیم غذایی جلوگیری نماید [9]. میگو غنی از پروتئین با کیفیت بالا، کلسیم، ترکیبات معدنی و انواع مواد قابل استخراج برای بدن انسان است که کم کالری و کم چرب هستند. میگو دارای ترکیبات با کیفیتی شامل پروتئین، چربی و اسیدهای آمینه است که حضور آن‌ها به عنوان شاخص وجود شرایط فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مطلوب در نظر گرفته می‌شود. زیرا چربی‌های جانوران آبزی منابع خوبی از اسیدهای چرب ضروری هستند که نمی‌توانند در بدن انسان تولید شوند و برای حفظ رشد، تولید مثل و سنتز ویتامین‌ها مورد نیاز هستند. بنابراین فراوری این محصولات بایستی به نحوی باشد که ارزش غذایی بالای آن برای مصرف‌کننده حفظ شود [10; 11; 12; 13].

یکی از مهمترین الزامات جهت کنترل یک پارامتر کیفی آشنایی با روند تغییرات آن طی سرخ‌کردن است و هر گونه نوسان در شرایط فرآیند سرخ‌کردن می‌تواند منجر به تغییرات کیفی نامطلوب شود [14]. مطالعه تغییرات رطوبت و یک شاخص بیوفیزیکی محصول مانند بافت یا دانسیته می‌تواند در کنترل این فرآیند نوین موثر باشد. آنجایی که میگو یک ماده زیستی با شکل نامنظم است و در هنگام

است [18]. شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) یک مدل براساس یادگیری ماشین^۱ می‌باشد که مشابه سیستم عصبی بیولوژیکی شامل نورون^۲، دندریت^۳، آکسون^۴ طراحی شده است و می‌تواند فرآیندهای پیچیده غیر خطی در صنایع غذایی را مدل‌سازی نماید. این روش یک رویکرد نوین در حل مسائل مهندسی و ایجاد فناوری است که مزایایی را نسبت به مدل‌سازی ریاضی دارد و می‌تواند در حل مسائل مهندسی در شرایط واقعی پیاده‌سازی شود و کاهش قابل توجه زمان و صرف هزینه را به دنبال خواهد داشت [19].

پژوهشگران در رابطه با تاثیر سرخ کردن هوای داغ در کیفیت محصولات دریایی مانند ماهی ساردین [20]، کتلت ماهی [21]، لیپیدومی^۵ سوریمی^۶ (محصول ماهی) [22] و ماهی [23] تحقیقاتی انجام دادند که نتایج نشان می‌دهد روش سرخ کردن هوای داغ با کاهش تخریب چربی موجود در محصولات دریایی موجب حفظ خصوصیات کیفی و ارزیابی حسی مطلوب‌تر از نظر مصرف‌کننده شد. بررسی منابع نشان می‌دهد که مطالعه سرخ کردن هوای داغ برای محصول میگو تاکنون انجام نشده است. همچنین، در زمینه سرخ کردن با هوای داغ به ارائه مدل شبکه عصبی مصنوعی با هدف پیش‌بینی رطوبت و دانسیته توجه نشده است. اگر چه در پژوهشی، پارامترهای کیفیت فیزیکی میگو فریز شده توسط روش شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیکی بررسی شد [24]. متغیرهای ورودی شامل سرعت انجماد، سرعت انجمادزدایی، زمان نگهداری، ضخامت میگو و متغیرهای خروجی شامل رنگ و بافت بودند. نتایج نشان داد که مدل GANN با کمترین RMSE و بالاترین R^2 در مقایسه با رگرسیون خطی چند متغیره^۷ (MLR) و پس‌انتشار^۸ (BP) پیش‌بینی بهتری دارد.

آبزدایی و سرخ کردن به شدت متقبض می‌گردد. طی آبزدایی، رطوبت از طریق حفرات میگو خارج می‌شود و این امر باعث کاهش حجم حفرات و حجم ظاهری میگو و تغییرات پارامتر کیفی دانسیته محصول می‌گردد. اگر چه شیب رطوبت در داخل میگو منجر به چروکیدگی غیر یکنواخت نیز خواهد شد که تغییر شکل غیریکنواخت را به دنبال دارد و تغییرات رطوبت و دانسیته می‌تواند روی بافت و رفتار آبزدایی محصول طی فرآیند تاثیر داشته باشد [15]. آشنایی با شرایط بافتی محصول می‌تواند در پیش‌بینی آسیب پذیری آن طی حمل و نقل نیز موثر باشد [16]. از طرفی پخت میگو می‌تواند موجب افت بازدهی تولید به عنوان یک عامل اقتصادی مهم ناشی از تغییرات در محتوی رطوبت گردد. در واقع طی فرآوری حرارتی، پروتئین‌های میگو دچار دناتوراسیون می‌شوند و در نتیجه از دست دادن طولانی نگهداری آب می‌تولند موجب کاهش بازدهی تولید میگو و تغییرات ابعادی محصول شود. افت بازدهی تولید یک معیار مهم در به کارگیری برنامه‌ریزی مناسب پخت برای میگو است و بررسی تغییرات رطوبتی و ابعادی میگو یک رویکرد آگاهانه در رابطه با بهینه‌سازی فرآیند پخت ایجاد می‌کند. تمام این موارد ممکن است با استفاده از مدل‌های ریاضی و مدل‌های هوشمند برای کمک به متخصصان در صنعت با هدف بهینه‌سازی فرآوری حرارتی میگو و افزایش کیفیت، تخمین زده شوند و جهت بررسی رابطه بین متغیرهای مختلف و موثر ساده‌سازی گردند. به عنوان مثال، "نمودارهای پخت" برای انواع بزرگ، متوسط و کوچک میگو با دستیابی به سطح میکروبی هدف با استفاده از مدل‌های ریاضی توسعه یافته ایجاد شده است [17]. در مجموع، مدیریت خصوصیات کیفی محصولات غذایی از مرحله تولید با هدف کنترل آن‌ها کار پیچیده‌ای

4- Axon

5-Lipidomic

6-Surimi

7-Multiple Linear Regression

8-Back Propagation

1-Machine learning

2-Neuron

3-Dendrite

ترازوی حساس آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۰۱ (Sartorius GCA803S) انجام گرفت.

۲-۲- عملیات سرخ کردن با هوای داغ

عملیات سرخ کردن هوای داغ با پاشش ۰/۰۱ گرم روغن روی برش های میگو در سه دمای ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی گراد در یک دستگاه سرخ کن هوای داغ (Geepas-Gaf2708) به مدت ۱۵ دقیقه انجام گرفت. حداکثر سرعت جریان هوای داغ در سرخ کن برابر با ۶/۵ متر بر ثانیه بود که توسط دستگاه بادسنج (hot wire anemometer TES 1341) اندازه گیری شد. نمونه ها با فاصله زمانی سه دقیقه از سرخ کن خارج شدند. پس از اتمام فرآیند سرخ کردن، نمونه حدود ۲ دقیقه روی کاغذ جاذب قرار گرفت تا روغن سطحی جزئی آن خارج شود. سپس میگوی سرخ شده با هوای داغ توزین شد. عملیات سرخ کردن در سه تکرار انجام شد.

۲-۳- اندازه گیری محتوی رطوبت محصول

جهت اندازه گیری محتوی رطوبت نمونه های سرخ شده مطابق با دستورالعمل مخصوص اندازه گیری رطوبت برای نمونه های چرب عمل شد و خشک کردن در آون هوای داغ با دمای ۱۰۳ درجه سانتی گراد و به مدت ۱۶ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت انجام گرفت [25]. بعد از اتمام خشک شدن، ظرف حاوی نمونه پس از سرد شدن توزین گردید. با استفاده از رابطه (۱) میزان رطوبت میگو بر مبنای وزن خشک بدون روغن محاسبه شد. در این رابطه، M جرم نسبی رطوبت بر مبنای وزن خشک بدون روغن ($g/g, db$)، W وزن ثابت ظرف فلزی، W_1 وزن ظرف به همراه نمونه قبل از خشک کردن، W_2 وزن ظرف به همراه نمونه بعد از خشک کردن و W_{oil} وزن روغن پاشش شده (برابر با ۰/۰۱ گرم) همگی بر حسب گرم می باشند [26].

هدف از این پژوهش استفاده از شبکه عصبی مصنوعی با هدف پیش بینی رطوبت و دانسیته محصول به عنوان دو معیار کیفی مهم در افت تولید اسنک میگو است. مدل شبکه های عصبی مصنوعی اول برای پیش بینی محتوی رطوبت (یک متغیر خروجی) میگو تحت تاثیر زمان و دمای فرآیند سرخ کردن هوای داغ (دو متغیر ورودی) طراحی شد. مدل شبکه های عصبی دوم نیز برای پیش بینی دانسیته (یک متغیر خروجی) تحت تاثیر زمان و دمای فرآیند و محتوی رطوبت محصول (سه متغیر ورودی) بر اساس داده های آزمایشگاهی طراحی شد. اهمیت هر یک از متغیرهای ورودی نیز در ساختار شبکه های عصبی مصنوعی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این پژوهش، با هدف ایجاد شرایط معین در بررسی فرآیند سرخ کردن هوای داغ، ترکیب شیمیایی و مقطع عرضی برای هر میگو یکسان فرض گردید و به دلیل کم بودن میزان روغن افزوده شده به میگو (۰/۰۱ گرم برای هر نمونه) اختلاف جذب آن در محصول در نظر گرفته نشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- آماده سازی میگو

از پرورش میگوی گرگان در شمال ایران (شهرک صنعتی بندر ترکمن، شرکت شیل آبی گلستان) مقدار لازم میگوهای تازه و هم اندازه (میگوی پسفید^۱) خریداری شد و در بسته بندی از جنس پلی اتیلن در داخل سردخانه در دمای انجماد قرار گرفت. قبل از آماده سازی نمونه ها، میگوها در دمای اتاق به مدت ۱۰ دقیقه به منظور انجماد زدایی قرار گرفتند. میگوها پس از شستشو به صورت قطعاتی تقریباً استوانه ای با قطر ۹ میلی متر و ارتفاع ۱۵ میلی متر جداسازی و برش داده شد. قبل از عملیات سرخ کردن هوای داغ، توزین اولیه و ثبت وزن میگو توسط

۲-۵- طراحی مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی

$$M = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_0 - W_{oil}} \quad (1)$$

۲-۵-۱- ساختار شبکه

۲-۴- اندازه‌گیری حجم و دانسیته

شکل (۱) ساختار یک شبکه عصبی به صورت پرسپترون چند لایه^{۱۱} (MLP) را نشان می‌دهد. مشابه کار پژوهشگران [30]، در توضیح این مدل می‌توان گفت که در لایه ورودی به داده‌های ورودی وزن داده می‌شود و سپس در لایه پنهان این داده‌های وزن‌دار مطابق رابطه (۴) با یکدیگر جمع می‌شوند و یک تابع فعال‌سازی متناسب با ورودی‌ها، یک خروجی را می‌دهد. در این رابطه، y_i متغیر وابسته، x_i متغیر مستقل، w_{ij} وزن اتصال بین نورون i و نورون j و b_j اتصال بایاس با نورون j است [24]. تعداد نورون‌ها در لایه پنهان از ۱ تا ۲۵ بسته به خطای لایه خروجی متغیر می‌باشد، در حالی که تعداد لایه‌ها بین ۱ تا ۳ متغیر است. تمام داده‌ها به سه گروه داده‌های آموزش^{۱۲}، داده‌های آزمون^{۱۳} و داده‌های اعتبارسنجی^{۱۴} تقسیم شدند.

$$y_i = \sum_{j=1}^n f(w_{ij}x_j) + b_j \quad (4)$$

محاسبه حجم نمونه‌ها با روش جابه‌جایی حلال^{۱۰} تولوئن با اندازه‌گیری اختلاف وزن حلال موجود در یک فلاسک ۱۵۰ میلی‌لیتری در حضور و غیاب نمونه انجام شد. پس از توزین، نمونه‌های سرخ‌شده در فلاسک قرار گرفت. حجم نمونه از رابطه (۲) قابل محاسبه است. در این رابطه، V حجم نمونه (cm^3)، V_f حجم فلاسک (cm^3)، M_s جرم حلال (g) اضافه‌شده به فلاسک و ρ_s دانسیته حلال (0.866 g/cm^3) است [27; 28].

$$V = V_f - \frac{M_s}{\rho_s} \quad (2)$$

به منظور تخمین دانسیته (ρ) نمونه‌ها، از طریق رابطه (۳) عمل شد. واحد جرم (m) برحسب گرم و حجم (V) برحسب سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شد. دانسیته برحسب (g/cm^3) محاسبه شد [29].

$$\rho = \frac{m}{V}$$

(۳)

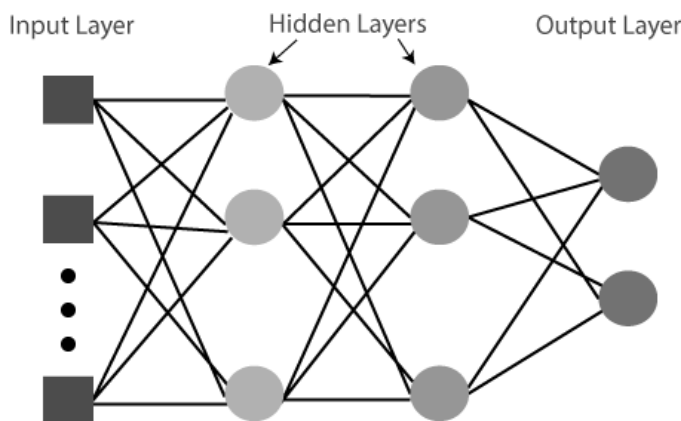


Figure 1- Schematic diagram on the structure of artificial neural networks as multilayer perceptron (MLP)

مشابه مطالعه پژوهشگران [31]، شبکه عصبی به صورت پرسپترون چند لایه (MLP) با تابع بهینه در پیش‌بینی دقیق میزان متغیر مورد مطالعه (رطوبت و دانسیته) با استفاده از

۲-۵-۲- طراحی شبکه

13- Testing Dataset
14 -Validation Dataset

10 -Solvent displacement technique
11 -Multilayer perceptron
12 -Training Dataset

برای تشکیل شبکه، ۴۵ داده برای ورودی‌ها و خروجی‌ها به صورت مستقل و وابسته بود.

۲-۵-۳- اعتبار سنجی

در اعتبار سنجی کارایی مرحله آموزش و آزمون در طراحی شبکه‌های عصبی مصنوعی با در نظرگیری انواع الگوریتم آموزشی مورد استفاده و ساختار مدل مورد مطالعه با محاسبه ضریب تبیین (R^2) مطابق رابطه (۵)، ریشه میانگین مربعات خطا^{۲۱} (RMSE) مطابق رابطه (۶) و میانگین خطای مطلق^{۲۲} (MAE) مطابق رابطه (۷) بررسی شد [32].

در این روابط، O_i مقدار مشاهده شده نمونه i ام، P_i مقدار برآورد شده همان نمونه، n تعداد تعداد داده‌ها، $\bar{O}$ میانگین مقادیر مشاهده شده و $\bar{P}$ میانگین نظیر برای مقادیر برآورد شده است. هر چه مقادیر RMSE و MAE به صفر نزدیکتر باشد، شرایط پیش‌بینی مطلوب‌تر است و نشان‌دهنده این است که مدل از قابلیت پیش‌بینی مطلوبی برخوردار است.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2} \quad (5)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - P_i| \quad (6)$$

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 \right]}} \right)^2 \quad (7)$$

فرض تانژانت هایپر بولیک^{۲۳} در نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ بررسی شد. جعبه ابزار شبکه عصبی در نرم افزار SPSS با طراحی تعداد زیادی شبکه عصبی در کوتاه‌ترین زمان ممکن،

جعبه ابزار اختصاصی در نرم افزار MATLAB نسخه 2018a طراحی شد. در این پژوهش سه لایه از شبکه‌های الگوریتم پس انتشار با تابع انتقال تانژانت سیگموئید در لایه پنهان و تابع انتقال خطی در لایه خروجی به کار گرفته شد. الگوریتم-های مختلف پس انتشار استفاده شده در این مطالعه، لونبرگ-مارکوارت^{۱۵}، گرادیان نزولی^{۱۶}، گرادیان نزولی با نرخ تطبیقی یادگیری^{۱۷}، گرادیان نزولی با مومنتم^{۱۸}، انتشار برگشتی با نرخ یادگیری متغیر^{۱۹} و گرادیان مزدوج مقیاس شده^{۲۰} می‌باشند. در شبکه عصبی پیش‌بینی رطوبت، متغیرهای ورودی، دما برحسب درجه سانتی‌گراد و زمان برحسب ثانیه است. متغیر خروجی، رطوبت برحسب گرم بر گرم ماده خشک می‌باشد. در شبکه عصبی پیش‌بینی دانسیته، متغیرهای ورودی دما برحسب درجه سانتی‌گراد، زمان برحسب ثانیه و رطوبت برحسب گرم بر گرم ماده خشک است. متغیر خروجی دانسیته برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. ۳۰ داده در قسمت آموزش (۶۷ درصد از داده‌ها) و ۱۵ داده در مرحله آزمون (۳۳ درصد از داده‌ها) استفاده شد. تعداد کل داده‌ها

۲-۵-۴- بررسی اهمیت ورودی‌ها در طراحی شبکه

اهمیت ورودی‌ها از نظر تاثیر بر متغیر خروجی برای پیش‌بینی رطوبت و دانسیته با طراحی شبکه عصبی پیش

21- Root mean square error

22 -Mean absolute error

23 -Hyperbolic tangent

15 -Levenberg-Marquardt

16 -Gradient descent

17 -Gradient descent with adaptive learning rate

18 -Gradient descent with momentum

19 -Adaptive learning rate backpropagation

20 -Scaled conjugate gradient

تبخیر آب در دماهای بالای سرخ کردن هوای داغ سریع‌تر اتفاق می‌افتد و شدت آن در ۳ دقیقه ابتدایی فرآیند بیشتر است که به دلیل تبخیر ناگهانی آب آزاد سطحی^{۲۶} محصول می‌باشد. در حین سرخ کردن هوای داغ اختلاف فشار بخار جزئی بین محصول و هوای داغ باعث تبخیر آب می‌شود. این اختلاف فشار جزئی مسلماً در ابتدای فرآیند بیشتر می‌باشد. این مشاهدات با نتایج بسیاری از محققین سازگاری دارد [33; 34; 35; 36; 37]. پژوهشگران روند مشابهی را در کاهش رطوبت میگو طی سرخ کردن تحت خلاء مشاهده کردند و با افزایش دما سطح رطوبتی محصول کاهش بیشتری را طی زمان نشان داد [37]. محققین در مطالعه‌ای که روی سرخ کردن میگو داشتند، بیان نمودند که بعد از سرخ کردن میزان رطوبت میگو تحت تاثیر شرایط بستر سرخ کردن متغیر است [38]. پژوهشگران بیان کردند که طی سرخ کردن نرخ کاهش آب تا تکمیل خشک شدن سطحی محصول به طور افزایشی است و سپس کاهش می‌یابد [39]. در مطالعات مشابه بیان کردند که حداکثر نرخ کاهش رطوبت در زمان‌های ابتدایی فرآیند سرخ کردن بود [26; 40].

بهترین حالت را پیشنهاد می‌دهد که با فرض این شبکه می‌توان اهمیت ورودی‌ها را ارزیابی نمود. در این مرحله تعداد کل داده‌ها برای تشکیل شبکه ۵۴ داده برای ورودی‌ها و خروجی‌ها به صورت مستقل و وابسته بود. همچنین تعداد داده‌های لازم برای مرحله آموزش و آزمون توسط نرم افزار محاسبه شد. اعتبارسنجی مرحله آموزش و آزمون به طور خلاصه با استفاده از مجموع مربعات خطا^{۲۴} (SSE) و خطای نسبی^{۲۵} (RE) مطابق گزارش نرم افزار بررسی شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تغییرات رطوبت محصول در حین سرخ کردن

هوای داغ

در شکل (۲) تغییرات محتوی رطوبت میگو در حین سرخ کردن هوای داغ به همراه انحراف معیار داده‌های آزمایشی به عنوان تابعی از زمان فرآیند نشان داده شده است. با شروع فرآیند سرخ کردن هوای داغ نرخ کاهش رطوبت محصول زیاده‌تر است و با کاهش رطوبت محصول به تدریج تغییرات رطوبتی به میزان ثابت می‌رسد. همان طور که انتظار می‌رود،

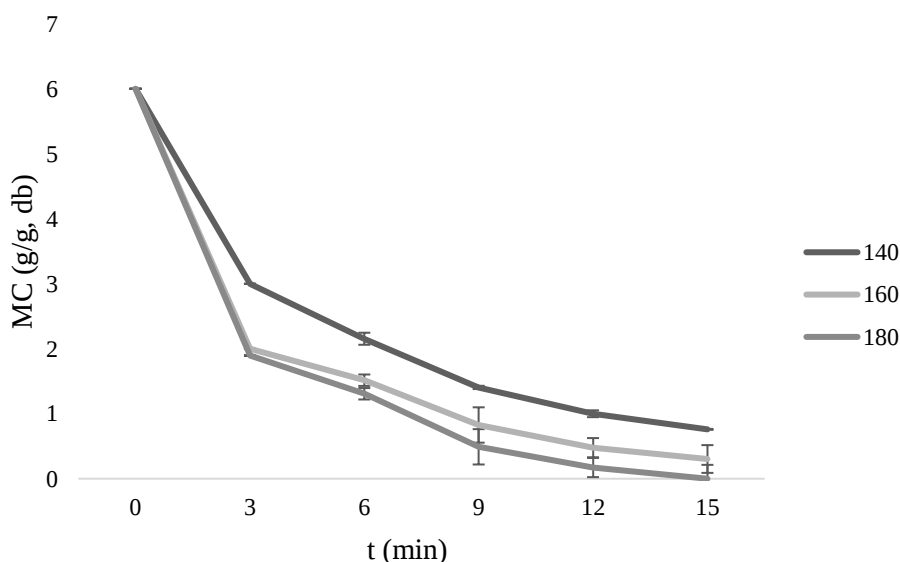


Figure 2- Changes in shrimp moisture content during hot air frying at different temperatures

منافذ هوا می‌تواند باشد. آنها بیان کردند که دمای فرآیند سرخ کردن روی دانسیته تأثیر منفی دارد و با افزایش دما پدیده‌های انتقال بیشتر می‌شوند و دانسیته کاهش می‌یابد. بنابراین در شرایطی که پدیده‌های انتقال شدت بیشتری را نشان می‌دهند دانسیته کمتری مشاهده شد. همچنین، دانسیته در زمان‌های اولیه فرآیند که پدیده‌های انتقال با شدت بیشتری اتفاق می‌افتند، کاهش بیشتری را نشان داد [41]. همچنین مشخص شده است که طی سرخ کردن خروج آب طی تبخیر منجر به کاهش دانسیته می‌گردد و طی زمان با شیب تندتری آغاز می‌گردد [42].

۳-۲- تغییرات دانسیته میگو

شکل (۳) تغییرات دانسیته میگو طی سرخ کردن با هوای داغ را نشان می‌دهد. همان طور که مشخص است، دانسیته میگو طی زمان سرخ کردن به تدریج کاهش یافت. با افزایش دمای سرخ کردن با هوای داغ دانسیته میگو کاهش یافت. در زمان‌های طولانی فرآیند اختلاف میان دانسیته محصول در دماهای مختلف بیشتر شد. پژوهشگران بیان کردند که دانسیته تا حد زیادی تحت تأثیر متغیرهای فرآیند است و در حین سرخ کردن کاهش می‌یابد که به دلیل تبخیر آب و توسعه

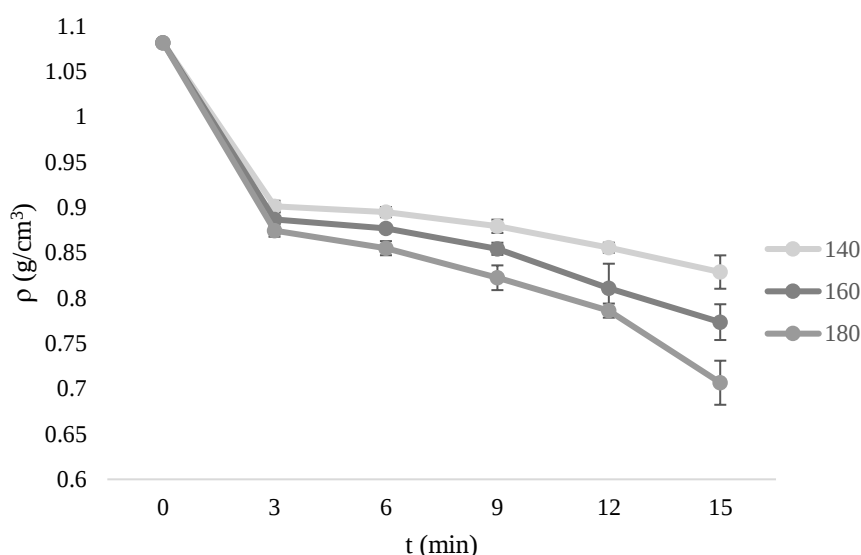


Figure 3- Changes in shrimp density during hot air frying

الگوریتم آموزشی در مرحله آزمون به ترتیب ۰/۹۸۹، ۰/۱۷۱ (g/g, db) و ۰/۱۳۱ (g/g, db) است. برای تایید دقت مدل و ساختار انتخابی (گرادیان نزولی با مومنتم) مطابق شکل (۴) از نمودار پراکنش برای مرحله آموزش (شکل ۴-A) و آزمون (شکل ۴-B) استفاده شد. در این نمودارها مقدار واقعی رطوبت در برابر مقدار پیش‌بینی شده رطوبت توسط شبکه عصبی نشان داده است و نحوه در نظرگیری ضریب تصحیح‌سازی با برازش خط روی داده‌های تجربی متناظر با داده‌های مدل مشخص است.

۳-۳- مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی محتوی رطوبت

جدول (۱) نتایج مربوط به مدل‌سازی رطوبت توسط شبکه عصبی مصنوعی برای مرحله آموزش و آزمون را به تفکیک نشان می‌دهد. همان طور که مشخص است، کمترین مقدار برای شاخص‌های خطا در مرحله آزمون مربوط به الگوریتم آموزشی گرادیان نزولی با مومنتم است. در این حالت، ساختار مدل به صورت ۱-۱۶-۲ است که نشان دهنده دو ورودی در لایه اول، ۱۶ نرون در لایه پنهان و یک خروجی در لایه سوم است. مقادیر R^2 ، RMSE و MAE در این

Table 1- The results of the training and testing stages of the neural networks for moisture prediction

Training algorithm	Model structure	Training stage			Testing stage		
		R ²	RMSE (g/g, db)	MAE (g/g, db)	R ²	RMSE (g/g, db)	MAE (g/g, db)
Levenberg-Marquardt	1-2-2	0.9891	0.0877	0.0697	0.9720	0.1843	0.1454
Gradient descent	1-16-2	0.9892	0.0873	0.0682	0.9786	0.1714	0.1319
Gradient descent with adaptive learning rate	1-2-2	0.9854	0.1017	0.0842	0.9750	0.1758	0.1432
Gradient descent with momentum	1-16-2	0.9891	0.0878	0.0686	0.9787	0.1711	0.1317
Adaptive learning rate backpropagation	1-3-2	0.9904	0.0822	0.0583	0.9727	0.1830	0.1456
Scaled conjugate gradient	1-3-2	0.9909	0.0804	0.0574	0.9725	0.1836	0.1474

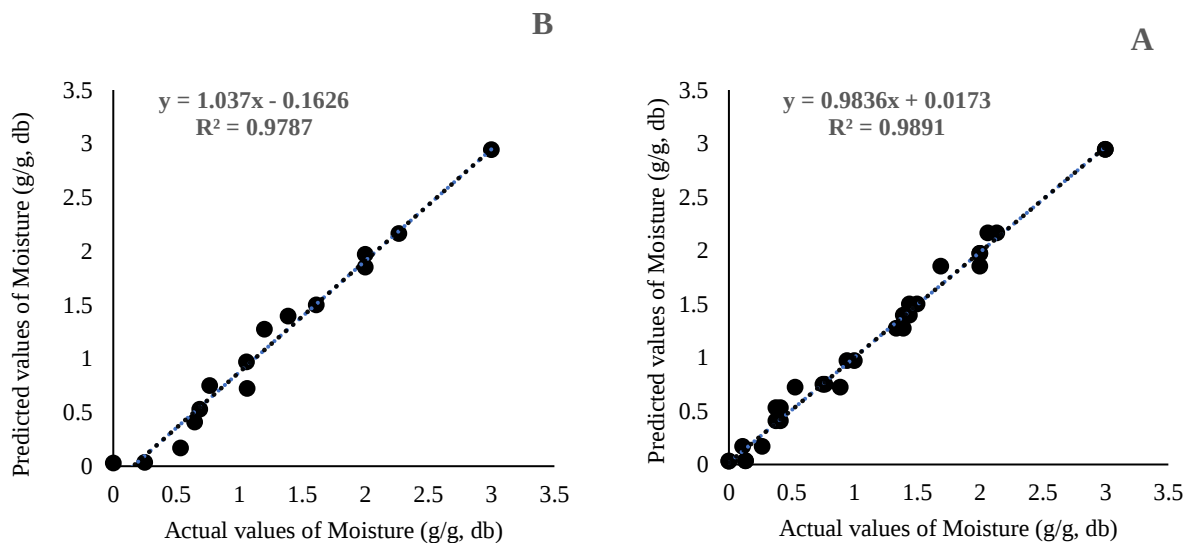


Figure 4- The actual values of moisture (g/g, db) versus the predicted values by the artificial neural networks in the training (A) and test (B) stages

است. مقادیر R^2 ، RMSE و MAE در این الگوریتم آموزشی در مرحله آزمون به ترتیب ۰/۹۷۴۰، ۰/۰۰۹۶ (g/cm^3) و ۰/۰۰۶۶ (g/cm^3) است. برای تایید دقت مدل و ساختار انتخابی (لونبرگ-مارکوارت) مطابق شکل (۵) از نمودار پراکنش برای مرحله آموزش (شکل ۵-A) و آزمون (شکل ۵-B) استفاده شد. در این نمودارها مقدار واقعی دانسیته در برابر مقدار پیش‌بینی شده دانسیته توسط شبکه عصبی نشان داده است و نحوه در نظرگیری ضریب تصحیح‌سازی با برازش خط روی داده‌های تجربی متناظر با داده‌های مدل مشخص است.

۳-۴- مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی دانسیته

جدول (۲) نتایج مربوط به مدل‌سازی دانسیته توسط شبکه عصبی مصنوعی برای مرحله آموزش و آزمون را به تفکیک نشان می‌دهد. همان طور که مشخص است، کمترین مقدار برای شاخص‌های خطا در مرحله آزمون مربوط به الگوریتم آموزشی لونبرگ-مارکوارت است. در این حالت، ساختار مدل به صورت ۱-۳-۱ است که نشان دهنده سه ورودی در لایه اول، ۱ نرون در لایه پنهان و یک خروجی در لایه سوم

Table 2- The results of the training and testing stages of the neural networks for density prediction

Training algorithm	Model structure	Training stage			Testing stage		
		R ²	RMSE (g/cm^3)	MAE (g/cm^3)	R ²	RMSE (g/cm^3)	MAE (g/cm^3)
Levenberg-Marquardt	1-1-3	0.9356	0.0123	0.0089	0.9740	0.0096	0.0066

Gradient descent	1-20-3	0.9385	0.0121	0.0090	0.9692	0.0102	0.0071
Gradient descent with adaptive learning rate	1-1-3	0.9328	0.0126	0.0089	0.9647	0.0107	0.0067
Gradient descent with momentum	1-20-3	0.9385	0.0121	0.0090	0.9686	0.0102	0.0071
Adaptive learning rate backpropagation	1-1-3	0.9344	0.0124	0.0089	0.9685	0.0101	0.0066
Scaled conjugate gradient	1-1-3	0.9354	0.0124	0.0089	0.9728	0.0097	0.0066

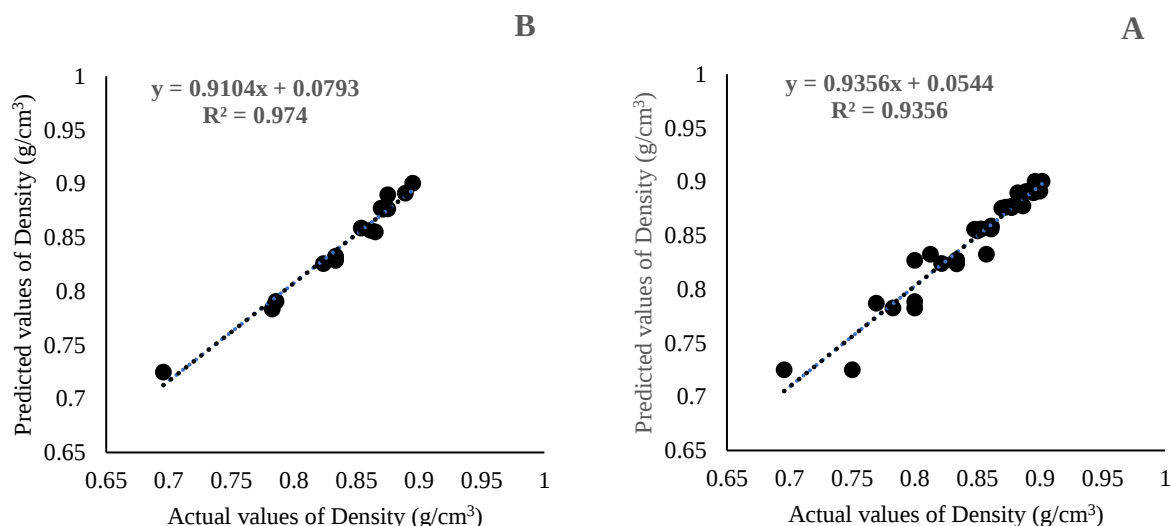
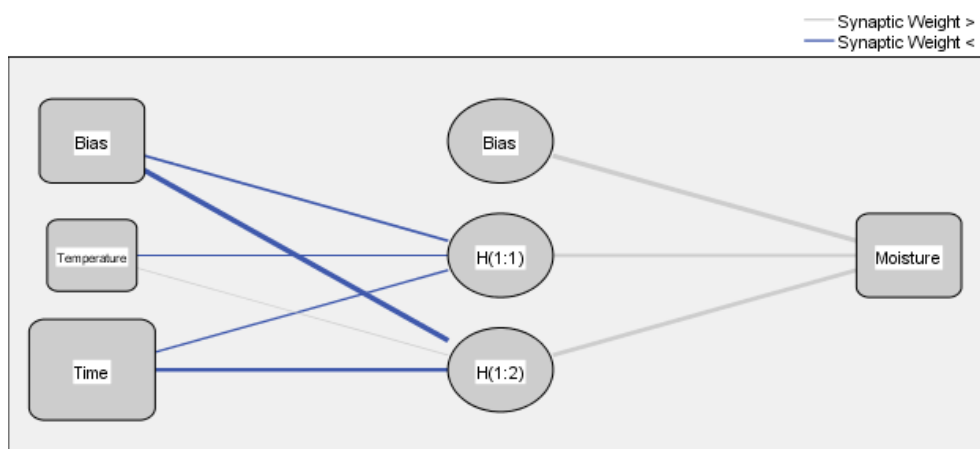


Figure 5- The actual values of density (g/cm^3) versus the predicted values by the artificial neural networks in the training (A) and test (B) stages

۳-۵- اهمیت ورودی‌های شبکه در پیش‌بینی رطوبت

عصبی رطوبت با هدف بررسی اهمیت متغیرهای ورودی با توجه به محاسبات دقیق که توسط نرم افزار SPSS انجام شد، مجموع مربعات خطا (SSE) و خطای نسبی (RE) برای مرحله آموزش به ترتیب برابر با ۰/۱۸ و ۰/۰۰۹ بود و برای مرحله آزمون به ترتیب برابر با ۰/۰۷ و ۰/۰۰۸ برآورد شد که بسیار مطلوب بود.

شکل (۶) ساختار شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی رطوبت میگو با تعداد دو متغیر در لایه ورودی، یک لایه پنهان با تابع تانژانت هایپربولیک و یک متغیر در لایه خروجی است. ۷۲/۲ درصد از داده‌ها برای برای مرحله آموزش و ۲۷/۸ درصد برای مرحله آزمون استفاده شد. در تشکیل شبکه



Hidden layer activation function: Hyperbolic tangent

Output layer activation function: Identity

Figure 6- Artificial neural network for predicting moisture content of shrimp during hot air frying: input variables: temperature and time and output variable: moisture content.

برای پیش‌بینی رطوبت اهمیت دارد، برای دما برابر با ۱۳/۲ درصد بود. محققین به طور مشابهی اهمیت زمان سرخ کردن را در پیش‌بینی رطوبت طی سرخ کردن عمیق را نسبت به سایر ورودی‌ها بیشتر معرفی نمودند [43].

شکل (۷) اهمیت متغیرهای مستقل در تشکیل شبکه عصبی پیش‌بینی رطوبت را نشان می‌دهد. اهمیت متغیر دما برابر با ۰/۱۱۷ و اهمیت متغیر زمان برابر با ۰/۸۸۳ بود. اهمیت نرمال شده بر حسب درصد با فرض اینکه زمان ۱۰۰ درصد

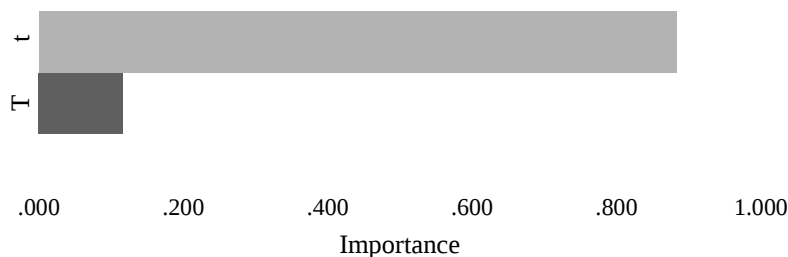


Figure 7- The importance of independent variables (Temperature “T” and time “t”) in the formation of artificial neural network for moisture prediction

۲۲/۲ درصد برای مرحله آزمون استفاده شد. در تشکیل شبکه عصبی دانسیته با هدف بررسی اهمیت متغیرهای ورودی با توجه به محاسبات دقیق که توسط نرم افزار SPSS انجام شد، مجموع مربعات خطا (SSE) و خطای نسبی (RE) برای مرحله آموزش به ترتیب برابر با ۰/۱۶۱ و ۰/۰۰۸ بود و برای مرحله آزمون به ترتیب برابر با ۰/۱۴ و ۰/۰۳۷ برآورد شد که بسیار مطلوب بود.

۳-۶- اهمیت ورودی‌های شبکه در پیش‌بینی دانسیته

شکل (۸) ساختار شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی دانسیته میگو با تعداد سه متغیر در لایه ورودی، یک لایه پنهان با تابع تانژانت هایپربولیک و یک متغیر در لایه خروجی است. ۷۷/۸ درصد از داده‌ها برای برای مرحله آموزش و

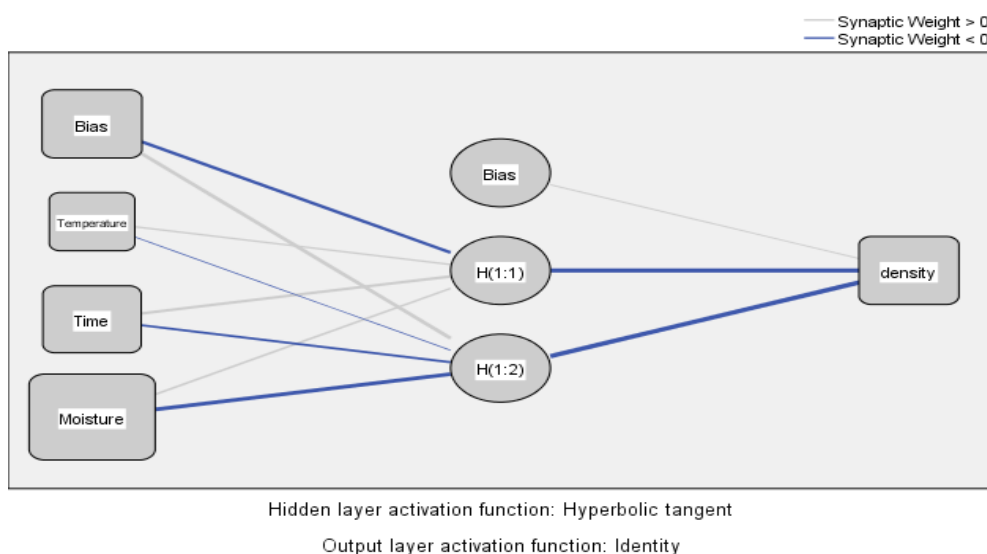


Figure 8- Artificial neural network for predicting density of shrimp during hot air frying: input variables: temperature, time and moisture and output variable: density.

فرآیند به شدت تبخیر آب و زمان فرآیند مرتبط دانستند. به طوری که با افزایش شدت تبخیر یا طولانی شدن زمان فرآیند دانسیته کاهش می‌یابد. آن‌ها نیز بیان کردند در دماهای بالا به دلیل اُفت شدید رطوبت محصول کاهش بیشتری در دانسیته اتفاق می‌افتد که دلیل بر اهمیت رطوبت محصول در تخمین دانسیته است [28].

پژوهشگران با استفاده از مدل‌های مشابه، به نتایج امیدوارکننده‌ای در پیش‌بینی ویژگی‌های کیفی و متغیرهای فرآیندی دست یافته‌اند. توسعه سیستم‌های فازی برای پیش‌بینی ویژگی‌های کیفی و خصوصیات حسی محصولات سرخ‌شده با هوای داغ، همچنین شبیه‌سازی مدل‌ها برای خودکارسازی فرآیند، اهمیت این یافته‌ها را برای تحقیقات آینده بیشتر برجسته می‌کند [۴۶؛ ۴۵].

شکل (۹) اهمیت متغیرهای مستقل در تشکیل شبکه عصبی پیش‌بینی دانسیته را نشان می‌دهد. اهمیت متغیر رطوبت، زمان و دما به ترتیب برابر با ۰/۵۸۸، ۰/۲۷۸ و ۰/۱۳۴ بود. اهمیت رطوبت در پیش‌بینی دانسیته در استفاده از هوش مصنوعی به خوبی مشخص شد. اهمیت نرمال‌شده بر حسب درصد با فرض اینکه رطوبت ۱۰۰ درصد برای پیش‌بینی دانسیته اهمیت دارد، برای زمان و دما به ترتیب برابر با ۴۷/۳ و ۲۲/۸ درصد بود. در همین راستا، پژوهشگران تاثیر رطوبت را روی دانسیته در تعیین شرایط بهینه برای محصول سرخ‌شده مهم دانستند. آن‌ها اشاره کردند که طی سرخ‌کردن با افزایش دما، زمان و بیا به عبارتی ادامه قرار گیری محصول در شرایط سرخ‌کردن، به دلیل تبخیر و کاهش رطوبت توسعه منافذ هوا و افزایش انبساط محصول مشاده شد که این امر منجر به افزایش حجم مخصوص و کاهش دانسیته گردید [43]. در سایر مطالعات نیز محققین تغییرات دانسیته محصول را طی

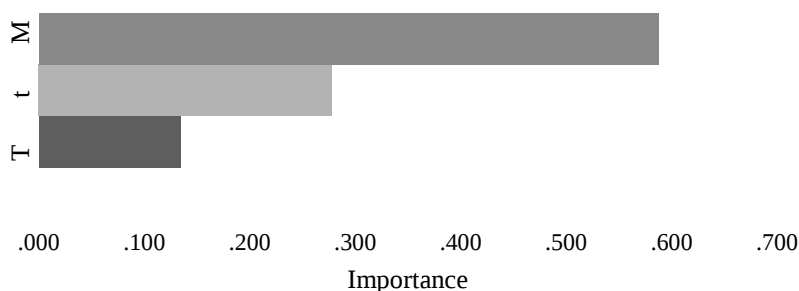


Figure 9- The importance of independent variables (Temperature "T", time "t" and Moisture "M") in the formation of artificial neural network for density prediction

۴- نتیجه‌گیری

به خوبی توانست این خصوصیات کیفی را پیش‌بینی نماید. زمان فرآیند نسبت به دمای فرآیند در طراحی مدل پیش‌بینی‌کننده رطوبت اهمیت بیشتری نشان داد. به ترتیب متغیر رطوبت، زمان و دما در پیش‌بینی دانسیته بیشترین اهمیت را نشان دادند. تاکنون میزان اهمیت عوامل مختلف در پیش‌بینی رطوبت و دانسیته محصول به صورت کمی ارائه نشده بود و نتایج این مطالعه در تخمین و تحلیل افت تولید میگو می‌تواند به تولیدکنندگان کمک نماید. در به کارگیری هر روش فرآوری نوین در صنایع غذایی، آشنایی با پارامترهای فرآیندی موثر بر کیفیت محصول می‌تواند

در این پژوهش مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی تغییرات رطوبت و دانسیته میگو طی سرخ‌کردن هوای داغ بررسی شد. در ابتدای فرآیند سرخ‌کردن به دلیل اختلاف فشار بخار جزئی بین محصول و هوای داغ و در نتیجه خروج ناگهانی آب آزاد سطحی، تبخیر آب شدیدتر مشاهده شد. به همین ترتیب با کاهش رطوبت و توسعه منافذ در میگو، دانسیته محصول نیز طی سرخ‌کردن هوای داغ به تدریج کاهش یافت که با افزایش دمای فرآیند کاهش بیشتری در دانسیته اتفاق افتاد. مدل‌سازی شبکه‌های عصبی مصنوعی

خصوصیات کیفی مانند رنگ بایستی بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

۵-منابع

- متخصصین را در بهبود کنترل فرآیند راهنمایی نماید. در پژوهش‌های آینده، مطالعات مدل‌سازی هوشمند فرآیند سرخ کردن هوای داغ با هدف طراحی و توسعه دستگاه‌های دارای اتوماسیون در مقیاس صنعتی متناسب با سایر
- [1] Zaghi, A. N., Barbalho, S. M., Guiguer, E. L., & Otoboni, A. M. (2019). Frying Process: From Conventional to Air Frying Technology. *Food Reviews International*, 35(8), 763-777.
 - [2] Santos, C. S., Cunha, S. C., & Casal, S. (2017). Deep or air frying? A comparative study with different vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(6), 1600375.
 - [3] Andrés, A., Argüelles, Á., Castelló, M. L., & Heredia, A. (2013). Mass transfer and volume changes in French fries during air frying. *Food and Bioprocess Technology*, 6(8), 1917-1924.
 - [4] Teruel, M. D. R., Gordon, M., Linares, M. B., Garrido, M. D., Ahromrit, A., & Niranjana, K. (2015). A comparative study of the characteristics of french fries produced by deep fat frying and air frying. *Journal of Food Science*, 80(2), E349-E358.
 - [5] Heredia, A., Castelló, M. L., Argüelles, A., & Andrés, A. (2014). Evolution of mechanical and optical properties of French fries obtained by hot air-frying. *LWT-Food Science and Technology*, 57(2), 755-760.
 - [6] Giovanelli, G., Torri, L., Sinelli, N., & Buratti, S. (2017). Comparative study of physico-chemical and sensory characteristics of French fries prepared from frozen potatoes using different cooking systems. *European Food Research and Technology*, 243(9), 1619-1631.
 - [7] Czech, A., Grela, E. R., & Ognik, K. (2015). Effect of frying on nutrients content and fatty acid composition of muscles of selected freezing seafoods. *Journal of Food and Nutrition Research*, 3(1), 9-14.
 - [8] Akuamo, F., Odamtten, G. T., & Kortei, N. K. (2018). Nutritional and shelf-life studies of dry smoked and gamma irradiated shrimps (*Penaeus notialis*) from three different water sources in Ghana. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1), 1505803.
 - [9] Jeyasanth, K. I., & Patterson, J. (2017). Effect of formulated feed on the biochemical composition of cultured shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798). *International Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 2, 15-22.
 - [10] Ali, S. S. R., Ramachandran, M., Chakma, S. K., & Sheriff, M. A. (2017). Proximate composition of commercially important marine fishes and shrimps from the Chennai coast, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(5), 113-119.
 - [11] Dincer, M. T., & Aydin, I. (2014). Proximate composition and mineral and fatty acid profiles of male and female jinga shrimps (*Metapenaeus affinis*, H. Milne Edwards, 1837). *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 38(4), 445-451.
 - [12] Dayal, J. S., Ponniah, A. G., Khan, H. I., Babu, E. M., Ambasankar, K., & Vasagam, K. K. (2013). Shrimps—a nutritional perspective. *Current science*, 1487-1491.
 - [13] Peralta, E. M., Hatate, H., Watanabe, D., Kawabe, D., Murata, H., Hama, Y., & Tanaka, R. (2005). Antioxidative activity of Philippine salt-fermented shrimp and variation of its constituents during fermentation. *Journal of Oleo Science*, 54(10), 553-558.
 - [14] Sabbaghi, H., Ziaifar, A. M., Sadeghi, A. R., Kashaninejad, M., and Mirzaei, H. (2017). Kinetic modeling of color changes in french fries during frying process. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 14(1), 65-76.
 - [15] Niamnuy, C., Devahastin, S., Soponronnarit, S., & Raghavan, G. V. (2008). Modeling coupled transport phenomena and mechanical deformation of shrimp during drying in a jet spouted bed dryer. *Chemical Engineering Science*, 63(22), 5503-5512.
 - [16] Sabbaghi H, Ziaifar, AM, and Kashaninejad M. (2017). Mechanical study for texture degradation of potato strip during frying process. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 13(1): 92-104.
 - [17] Erdoğan, F., Balaban, M. O., & Otwell, W. S. (2003). Construction of shrimp cooking charts using previously developed mathematical models for heat transfer and yield loss predictions. *Journal of food engineering*, 60(1), 107-110.
 - [18] Sabbaghi H, Ziaifar AM, and Kashaninejad M. (2020). Textural profile analysis (TPA) of dried apple slices using infrared radiation with intermittent heating method. *Iranian Food Science and Technology Research Journal* 16(1): 57-72.
 - [19] Bhagya Raj, G. V. S., & Dash, K. K. (2022). Comprehensive study on applications of artificial neural network in food process modeling. *Critical reviews in food science and nutrition*, 62(10), 2756-2783.
 - [20] Ferreira, F. S., Sampaio, G. R., Keller, L. M., Sawaya, A. C., Chávez, D. W., Torres, E. A., &

- Saldanha, T. (2017). Impact of air frying on cholesterol and fatty acids oxidation in sardines: Protective effects of aromatic herbs. *Journal of food science*, 82(12), 2823-2831.
- [21] Joshy, C. G., Ratheesh, G., Ninan, G., Kumar, K. A., & Ravishankar, C. N. (2020). Optimizing air-frying process conditions for the development of healthy fish snack using response surface methodology under correlated observations. *Journal of Food Science and Technology*, 1-8.
- [22] Yu, X., Li, L., Xue, J., Wang, J., Song, G., Zhang, Y., & Shen, Q. (2020). Effect of air-frying conditions on the quality attributes and lipidomic characteristics of surimi during processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 60, 102305.
- [23] Fang, M., Huang, G. J., & Sung, W. C. (2021). Mass transfer and texture characteristics of fish skin during deep-fat frying, electrostatic frying, air frying and vacuum frying. *Lwt*, 137, 110494.
- [24] Ahmad, I., Jeenanunta, C., Chanvarasuth, P., & Komolavanij, S. (2014). Prediction of physical quality parameters of frozen shrimp (*Litopenaeus vannamei*): an artificial neural networks and genetic algorithm approach. *Food and bioprocess technology*, 7(5), 1433-1444.
- [25] AOAC. (1995). Official methods of analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, Unites States.
- [26] Sabbaghi, H., Ziaifarf, A. M., Sadeghi Mahoonak, A., Kashani-Nejad, M., & Mirzaee, H. (2015). Estimation of convective heat transfer coefficient as function of the water loss rate during frying process. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11(4), 473-484.
- [27] Yan, Z., Sousa-Gallagher, M. J., & Oliveira, F. A. (2008). Shrinkage and porosity of banana, pineapple and mango slices during air-drying. *Journal of Food Engineering*, 84(3), 430-440.
- [28] Sabbaghi, H., Ziaifarf, A. M., & Kashaninejad, M. (2021). Estimation of shrinkage and rehydration in apple slices dried by infrared radiation using intermittent heating method. *Food Research Journal*, 31(4), 35-49.
- [29] Mayor, L., & Sereno, A. (2004). Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. *Journal of Food Engineering*, 61(3), 373-386.
- [30] Gouyo, T., Mestres, C., Maraval, I., Fontez, B., Hofleitner, C., & Bohuon, P. (2020). Assessment of acoustic-mechanical measurements for texture of French fries: Comparison of deep-fat frying and air frying. *Food Research International*, 131, 108947.
- [31] Kim, D. S., Lee, J. H., & Shin, H. J. (2023). Optimization of Vacuum Frying Process for Sweet Potato Chip Manufacturing Using Response Surface Methodology and Artificial Neural Network Model. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 28(4), 554-567.
- [32] Samuel, O. D., & Okwu, M. O. (2019). Comparison of Response Surface Methodology (RSM) and Artificial Neural Network (ANN) in modelling of waste coconut oil ethyl esters production. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 41(9), 1049-1061.
- [33] Duran, M., Pedreschi, F., Moyano, P., and Troncoso, E. (2007). Oil partition in pre-treated potato slices during frying and cooling. *Journal of Food Engineering*, 81:257-265.
- [34] Ziaifarf, A.M., Heyd, B., and Courtois, F. (2009). Investigation of effective thermal conductivity kinetics of crust and core regions of potato during deep-fat frying using a modified Lees method. *Journal of Food Engineering*, 95: 373-378.
- [35] Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B., and Marinos-Kouris, D. (2001). Effects of osmotic dehydration pretreatment on quality of French fries. *Journal of Food Engineering*, 49: 339-345.
- [36] Pedreschi, F., Herna' ndez, P., Figueroa, C., and Moyano, P.C. (2005). Modeling water loss during frying of potato slices. *International Journal of Food Properties*, 8: 289-299.
- [37] Pan, G., Ji, H., Liu, S., & He, X. (2015). Vacuum frying of breaded shrimps. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 734-739.
- [38] Yang, D., Wu, G., Lu, Y., Li, P., Qi, X., Zhang, H., ... & Jin, Q. (2021). Comparative analysis of the effects of novel electric field frying and conventional frying on the quality of frying oil and oil absorption of fried shrimps. *Food Control*, 128, 108195.
- [39] Costa, R.M., Oliveira, F.A.R., Delaney, O., and Gekas, V. (1999). Analysis of the heat transfer coefficient during potato frying. *Journal of Food Engineering*, 39:293-299.
- [40] Farkas, B.E., and Hubbard, L.J. (2000). Analysis of convective heat transfer during immersion frying. *Drying Technology*, 18: 1269-1285.
- [41] Krokida, M. K., Oreopoulou, V., & Maroulis, Z. B. (2000). Effect of frying conditions on shrinkage and porosity of fried potatoes. *Journal of food engineering*, 43(3), 147-154.
- [42] Pinthus, E. J., Weinberg, P., & Saguy, I. S. (1995). Oil uptake in deep fat frying as affected by porosity. *Journal of Food Science*, 60(4), 767-769.
- [43] Mittal, G. S., & Zhang, J. (2001). Artificial neural network for the prediction of temperature, moisture and fat contents in meatballs during deep-fat frying. *International journal of food science & technology*, 36(5), 489-497.

- [44] Math, R. G., Velu, V., Nagender, A., & Rao, D. G. (2004). Effect of frying conditions on moisture, fat, and density of papad. *Journal of Food Engineering*, 64(4), 429-434.
- [45] Sabbaghi, H., Ziaiiifar, A.M., and Kashaninejad, M. (2019). Design of fuzzy system for sensory evaluation of dried apple slices using infrared radiation. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 50(1), 77-89.
- [46] Sabbaghi, H., Ziaiiifar, A.M., an Kashani-Nejad, M. (2021). Simulation of temperature fuzzy controller during infrared dry blanching and dehydration of apple slices by intermittent heating method. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 16(6), 133-150.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Prediction of moisture and density in shrimp during hot air frying with artificial neural networks model

Bahareh Maroufpour¹, Aman Mohammad Ziaifar^{*2}, Mohammad Ghorbani³, Hassan Sabbaghi⁴, Saeed Yalghi⁵

¹ Ph.D. student of food industry science and engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

^{2*} Professor, Department of Food Industry Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran (corresponding author)

³ Professor, Department of Food Chemistry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

⁴ Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Animal Science, University of Torbat-e Jam, Razavi Khorasan Province, Iran

⁵ Assistant Professor of Fisheries Department, Golestan Province Fisheries Research Center, Gorgan, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2024/8/15 Accepted: 2024/10/7 Keywords: Artificial neural networks, Moisture, Density, Shrimp, Hot air frying. DOI: 10.22034/FSCT.22.161.121. *Corresponding Author E- ziaifar@gau.ac.ir	In this research, artificial neural networks (ANN) was presented to predict changes in moisture and density of shrimp during hot air frying process (at three temperatures of 140, 160 and 180 degrees Celsius for 15 minutes). Neural networks in the form of multilayer perceptron (MLP) with sigmoid tangent transfer function in the hidden layer and linear transfer function in the output layer was designed to predict moisture (with two inputs: temperature and time) and density (with three inputs: temperature, time and moisture) in MATLAB software. Different backpropagation algorithms include Levenberg-Marquardt, Gradient descent, Gradient descent with adaptive learning rate, Adaptive learning rate backpropagation, Gradient descent with momentum, and Scaled conjugate gradient. The structure of the models was validated by calculating the coefficient of determination (R^2), root mean square error (RMSE) and mean absolute error (MAE). Finally, the importance of the inputs in terms of the effect on the output variable for predicting moisture and density was investigated by designing the default hyperbolic tangent neural networks in SPSS software. The results showed that with the decrease in moisture and the development of pores in shrimp, the density of the product gradually decreased during hot air frying, and with the increase in the temperature of the process, a further decrease in density was observed. In the moisture model, the backpropagation algorithm of Gradient descent with momentum ($R^2=0.989$, RMSE=0.171, MAE=0.131) and in the density model, the Levenberg-Marquardt algorithm ($R^2=0.974$, RMSE=0.0096, MAE=0.0066) showed the minimum error in training. In the moisture neurocomputing, the importance of time and temperature variable was equal to 0.883 and 0.117, respectively. In the density neurocomputing, the importance of moisture, time and temperature variables were 0.588, 0.278 and 0.134, respectively. The Findings can be used in the design of artificial intelligence for controlling and creating automation in hot air fryers.



تحلیل رفتار خرید مصرف‌کنندگان میگو و بررسی ترجیحات آن‌ها در بازار بعثت تهران با استفاده از نرم‌افزار لیزرل

سکینه یگانه^۱، سهیل ریحانی پول^{۲*}، محمد خلیلی^۳، آرش رخشانی^۴

۱- استاد، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲- دانش‌آموخته دکتری تخصصی، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳- دانش‌آموخته کارشناسی، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۴- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۶

کلمات کلیدی:

میگو،

رفتار خریداران،

بازار بعثت،

مدل عرضه،

نگرش

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.137.

* مسئول مکاتبات:

soheylreyhani@gmail.com

پژوهش حاضر به منظور بررسی رفتار خریداران میگو و ارزیابی ترجیحات آن‌ها با جامعه آماری ۶۰۰ نفر در بازار بعثت تهران انجام شد. در این پژوهش خریداران میگو مورد سه دسته سوال قرار گرفتند. سوالات دسته اول مربوط به ویژگی‌های جمعیت‌شناختی و سوالات دسته دوم در ارتباط با میزان و دلایل خرید میگو و همچنین ارزیابی اولویت‌های خریداران در شاخص‌هایی نظیر سبزی، انواع مدل عرضه و گونه میگو (آزمون فریدمن) بودند. سوالات دسته سوم بر اساس طیف پنج‌گزینه‌ای لیکرت حاضر و به منظور بررسی عوامل موثر بر نگرش جامعه آماری به خرید میگو با استفاده از طراحی مدل مفهومی و روش مدل‌سازی معادلات ساختاری (نرم‌افزار لیزرل) مطرح شدند. نتایج این تحقیق نشان داد خریدارانی که در سال سه یا چهار مرتبه و در هر مرتبه ۱ تا ۱/۵ کیلوگرم میگو خریداری می‌کنند، دارای بیشترین فراوانی بودند (به ترتیب ۵۴/۳۳ و ۵۶/۳۴ درصد). ۶۴/۵۶ درصد از خریداران ارزش غذایی و مزه مطلوب (به صورت توام) را دلیل اصلی خرید میگو عنوان کردند. در بررسی اولویت‌های خریداران مشخص شد که سبزی بزرگ میگو (۲۶ تا ۳۵ قطعه در هر کیلوگرم)، میگوی فله‌ای (در مقایسه با میگوی بسته‌بندی و ترکیبی)، میگوهای دریایی (در مقایسه با میگوی پرورشی و ترکیبی) و سبزی ۵۰۰ تا ۷۵۰ گرم بسته میگو دارای طرفداران بیشتری هستند. نتایج اجرای مدل مفهومی تحقیق نشان داد که همه فرضیات تأیید شدند؛ به این صورت که متغیرهای سبزی، انواع عرضه و گونه میگو به صورت معنی‌داری به ترتیب با ضرایب اثر ۰/۱۹، ۰/۳۳ و ۰/۴۷ بر نگرش خریداران موثر بودند. در ادامه نگرش خریداران با ضریب اثر ۰/۶۸ بر تصمیم به خرید و این سازه با ضریب اثر ۰/۷۱ بر خرید میگو اثرگذار بودند. نتایج چنین تحقیقاتی به مدیران تولید و فروشندگان در جهت تأمین نیازهای بازار، حفظ تعادل آن و سود پایدار کمک شایانی خواهد کرد.

۱- مقدمه

میگو یکی از آبیانی است که به دلایل مختلف از جمله قیمت بالا و بو [۱]، از سرانه مصرف بسیار کمی نسبت به ماهی در کشور برخوردار است [۲]. پژوهشی که سال ۱۳۹۸ پیرامون سرانه مصرف میگو در کشور انجام شد، نشان داد که میزان این شاخص در جامعه آماری ۹۸/۵ و برای جامعه مصرف ۴۸۷ گرم بوده است [۱]. میزان کل تولید میگو در سال ۱۴۰۱ مطابق سالنامه آماری سازمان شیلات، ۶۸۲۶۷ تن بوده که از این مقدار، ۳۷۵۹۸ تن معادل ۵۵/۰۷ درصد صادر شد. باقی‌مانده تولید کل که معادل ۴۴/۹۲ درصد و ۳۰۶۶۹ تن است، در داخل مصرف شد که این رقم با توجه به جمعیت کشور خود دال بر سرانه پائین مصرف میگو در کشور می‌باشد.

تحقیقات تقریباً کاملی در مورد بازاریابی و راهکارهای افزایش سرانه مصرف میگو در کشور در دهه ۹۰ انجام شد که نتایج درخور توجهی هم به همراه داشت [۱-۷]. با این حال با توجه به فوائد افزایش سرانه میگو در کشور (اشتغال-زایی و ثبات شغلی افراد شاغل در زیربخش‌های شیلات، تداوم تولید در صورت بروز مشکل در صادرات، نقش میگو در حفظ سلامت جمعیت و پیشگیری از بروز بیماری‌های مختلف [۲]) انجام تحقیقات جزئی‌تر و دقیق‌تر در این حوزه می‌تواند به دستیابی راهبردهای تولیدی مناسب منجر شود.

بازار بعثت تهران واقع در بزرگراه بعثت و منطقه ۱۵، مهم-ترین بازار خرید انواع آبیان در پایتخت است که پایانه نهایی تخلیه بار آبیان از شمال، جنوب و سایر استان‌های کشور و مبدأ توزیع آبیان در کلانشهر تهران به حساب می‌آید. تنوع گونه‌های انواع آبیان و فرآورده‌های آن‌ها و همچنین قیمت مناسب نسبت به سایر اماکن، دو ویژگی مهم بازار بعثت به شمار می‌آید. گرچه عمده خریداران این بازار را مصرف-کنندگان ماهی تشکیل می‌دهند، اما مطابق تحقیقات میدانی، خریداران میگو نیز دارای جمعیت قابل توجهی هستند. به همین دلیل شناخت رفتار خرید این افراد و ارائه گزارش این تحقیق می‌تواند به دست‌اندرکاران و مدیران بالادستی، در

ایجاد ثبات بازار و پاسخ‌گویی مقتضی به نیاز مراجعه‌کنندگان کمک شایانی کند. اینکه گردانندگان و مسئولین بالادستی این بازار و بازارهای مشابه بدانند چه تعداد از مراجعه‌کنندگان جهت خرید میگو به این بازار می‌آیند، اینکه بدانند میگوی دریایی طرفداران بیشتری دارد یا پرورشی، اینکه بدانند میگوی فله‌ای فروش بیشتری دارد یا فله‌ای، اینکه بدانند کدام سایز میگو بیشتر مورد توجه افراد است، اینکه بدانند چه متغیرهایی بر نگرش خریداران جهت خرید میگو موثر است و چه متغیرهایی بر رفتار و تصمیم به خرید موثرترند، می‌تواند به صورت قابل توجهی در آگاهی بخشی به آن‌ها به منظور انتخاب راهبرد مناسب تولیدی-اقتصادی موثر باشد [۵]. اینگونه تحقیقات بازاریابی آبیان در داخل کشور [۱-۱۲] و خارج [۱۸-۱۳] طی دهه اخیر بسیار مورد توجه بوده و نتایج مفیدی در اختیار مدیران بازار، اقتصاددانان کشاورزی و دست‌اندرکاران تولید قرار داده است.

قبل از انجام این تحقیق، تحقیق مشابهی به منظور تحلیل رفتار خریداران ماهی در بازار بعثت انجام شده [۱۰] اما تاکنون رفتار مصرف‌کنندگان و خریداران میگو در این بازار مورد بررسی قرار نگرفته است. به همین دلیل هدف از انجام تحقیق پیش‌رو، شناخت رفتار خریداران میگو در بازار بعثت، ارزیابی اولویت‌های خرید آنان و شناسایی عوامل موثر بر نگرش خریداران به خرید این آبی بود که توسط محققین در نیمه دوم سال ۱۴۰۲ انجام شده است.

۲- مواد و روش

۲-۱- طراحی پرسش‌نامه

جهت ارزیابی رفتار خریداران میگو در بازار بعثت، سه دسته سوال با کمک اساتید دانشگاهی، پرسش‌نامه‌های مختلف و مطالعات کتابخانه‌ای آماده شد. سوالات دسته اول مربوط به ویژگی‌های جمعیت‌شناختی جامعه آماری و سوالات دسته دوم در ارتباط با میزان و دلایل خرید میگو و همچنین ارزیابی اولویت‌های خریداران در مواردی نظیر سایز، انواع مدل عرضه، گونه میگو، ویژگی‌های بسته‌بندی و سایز بسته بودند.

سوالات دسته سوم بر اساس طیف پنج‌گزینه‌ای لیکرت (خیلی کم با کد ۱، کم با کد ۲، متوسط با کد ۳، زیاد با کد ۴ و خیلی زیاد با کد ۵) و به منظور بررسی عوامل موثر بر نگرش جامعه آماری به خرید میگو (با استفاده از طراحی مدل مفهومی و روش مدل‌سازی معادلات ساختاری) مطرح شدند [۲].

۲-۲- تعیین پایایی (قابلیت اعتماد) و روایی (قابلیت اعتبار) پرسش‌نامه

جهت تعیین پایایی سوالات پرسش‌نامه، از روش آلفای کرونباخ استفاده گردید. بدین منظور یک نمونه اولیه شامل ۳۰ پرسش‌نامه پیش‌آزمون گردید و سپس با استفاده از داده‌های به دست آمده از این پرسش‌نامه‌ها و به کمک نرم‌افزار آماری SPSS²² میزان ضریب اعتماد با روش مذکور ۰/۹۳ محاسبه شد که نشان‌دهنده

سطح قابل قبولی از پایایی برای سوالات مورد پرسش از افراد است. به منظور بررسی روایی پرسش‌نامه ابتدا از اعتبار صوری استفاده شد. در این مرحله با انجام مصاحبه‌های مختلف و کسب نظرات افراد متخصص، اصلاحات لازم بعمل آمد و بدین ترتیب اطمینان حاصل گردید که پرسش‌نامه همان خصیصه مورد نظر محققین را می‌سنجد. به منظور دقت و اطمینان بیشتر در بحث تناسب سوالات پرسش‌نامه و گویه‌های (سازه‌های) مدل طراحی شده برای فرضیات (روایی سوالات)، از تحلیل عاملی تأییدی استفاده گردید که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به مقادیر بارهای عاملی (که برای همه سوالات بیشتر از ۰/۳ است) و T-value (که برای تمام سوالات خارج از بازه ۱/۹۶- تا ۱/۹۶ ثبت شد) می‌توان دریافت که سوالات طراحی شده دارای سطح مطلوبی از روایی هستند [۴].

Table 1. Factor loadings and t-value for questions (Confirmatory Factor Analysis)

Questions	Factor loading	T-value	Questions	Factor loading	T-value
1. Size			4. Attitude		
Small	0.51	9.26	Pleasure feeling	0.63	11.23
Medium	0.29	4.98	Good feeling	0.42	7.86
Big	0.45	8.34	Bad feeling	0.49	9.12
Very big	0.64	11.25	5. Intention		
2. Type of supply			I want to purchase	0.55	9.68
Bulk	0.71	12.87	I have a plan to purchase	0.54	9.49
Packaging	0.58	10.18	Try to purchase	0.84	17.11
Combined	0.47	8.69	6. purchase		
3. Species of shrimp			1-2 times purchase in year	0.32	5.82
Farmed	0.35	5.77	3-4 times purchase in year	0.53	9.63
Marine	0.43	7.98	5-6 times purchase in year	0.66	11.24
Combined	0.3	5.11	7-8 times purchase in year	0.40	7.36

دهند و نهایتاً، رفتار نهایی (خرید) جز متغیرهای مکنون وابسته (درون‌زا) می‌باشد. فرضیات تحقیق عبارتند از:

۱. سبزی میگو به صورت معنی‌داری بر نگرش خریداران به خرید میگو موثر است.
۲. نوع عرضه میگو به صورت معنی‌داری بر نگرش خریداران به خرید میگو موثر است.
۳. گونه میگو به صورت معنی‌داری بر نگرش خریداران به خرید میگو موثر است.

۲-۳- فرضیات پژوهش و ساخت مدل مفهومی بر پایه آن‌ها

با مطالعه منابع داخل و خارج، فرضیاتی مشخص و سپس مدل مفهومی متناسب با فرضیات طراحی شد که دیاگرام آن در شکل ۱ ارائه شده است. در این مدل متغیرهای سبزی، انواع عرضه و گونه میگو از دسته متغیرهای مکنون مستقل (بروزن‌زا) هستند. نگرش و تصمیم به خرید متغیرهای میانجی مدل را تشکیل می‌-

۴. نگرش خریداران به خرید میگو به صورت معنی‌داری بر تصمیم به خرید میگو موثر است.
۵. تصمیم به خرید میگو به صورت معنی‌داری بر رفتار نهایی (خرید) موثر است.

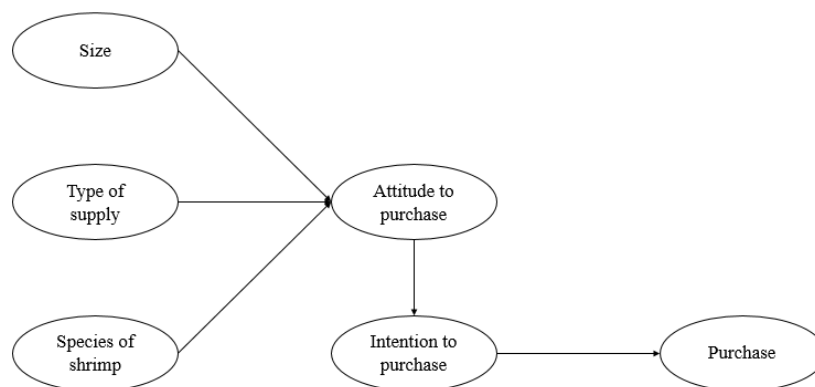


Fig 1. Diagram of conceptual model of research

در جدول ۲ ویژگی‌های جمعیت‌شناختی جامعه آماری شامل جنسیت، سن، تحصیلات، وضعیت تاهل، شغل، محل تولد، جمعیت خانوار و درآمد ارائه شده است. مطابق این جدول، نسبت زنان و مردان جامعه آماری تقریباً برابر است که از تعداد کل آن‌ها فقط ۱۳/۳ درصد مجرد بودند. بیشتر خریداران در بازه سنی ۲۰ تا ۵۰ سال (۸۹/۸ درصد) قرار داشتند که ۱۹/۸ درصد آن‌ها اعلام کردند تحصیلات دانشگاهی ندارند. در ادامه مشخص شد، ۲۱/۶ درصد از جامعه آماری متولد مناطق ساحلی هستند. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، حدود ۸۰ درصد خریداران دارای خانوارهای ۴ نفر و بیشتر از آن و همچنین درآمدی بیشتر از ۲۰۰ میلیون ریال بودند. همچنین حدود ۵۰ درصد از خریداران میگو را کارمندان و بازنشستگان (با نسبت تقریباً برابر) و ۴۳/۵ درصد را افراد دارای شغل آزاد تشکیل می‌دادند.

۲-۴- جامعه آماری

جامعه آماری تحقیق حاضر بر اساس میانگین حداقل و حداکثر خرید از ۱۰ غرفه بازار بعثت و پیش‌بینی حد مشخصی از میانگین خرید سالیانه و نهایتاً فرمول ککران، ۳۸۴ نفر بدست آمد اما به منظور کسب نتایج قابل اطمینان - تر از تعداد ۶۰۰ پرسش‌نامه (جامعه آماری) استفاده گردید.

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

به منظور انجام تحلیل عاملی تأییدی، بررسی قبول یا رد فرضیه‌ها (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) و همچنین شدت و جهت رابطه بین سازه‌های مدل از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری و نرم‌افزار لیزرل (نسخه ۸/۸۰) استفاده گردید. در ادامه، جهت ارزیابی و رتبه‌بندی اولویت‌های جامعه آماری پیرامون برخی از خصوصیات میگو از آزمون فریدمن (نرم-افزار SPSS₂₂) استفاده شد.

۳- نتایج

۳-۱- ویژگی‌های جمعیت‌شناختی جامعه آماری

Table 2. Socio-demographic characteristics of the sample (% respondents, n=600)

Characteristics	Abundance	Characteristics	Abundance
Gender		Place of birth	
Male	50.2	Coastal city	21.6
Female	49.8	Non-coastal city	78.4
Age		Household size	
<20 years	1	Two	4.1
20-35 years	29.3	Three	16.8

35-50 years	60.5	Four	54.4
50-65 years	8.2	Five and more	24.7
65-80 years	1	Income (Rials)	
Education		100-150 millions	1.1
College education	80.2	150-200 millions	18
Diploma & less	19.8	200-250 millions	55.2
Marital Status		≥ 250 millions	25.7
Married	86.7		
Single	13.3		
Job			
Free	43.5		
Employee	25.1		
Student	4.9		
Unemployed	1.1		
Retired	25.4		

کردند و درصد افرادی که بیشتر از این میزان در هر مرتبه خرید داشتند، کمتر از ۱۵ درصد ثبت شد. در بین گزینه‌های مرتبط با دلایل اصلی خرید و مصرف میگو، اکثر جامعه آماری یعنی ۶۴/۵۶ درصد، ارزش غذایی و مزه مطلوب به صورت توأم را انتخاب کردند. ضمن اینکه ۲۶/۰۱ درصد نیز صرفاً میگو را به دلیل ارزش غذایی بالا خرید و مصرف می‌کردند.

۲-۳- دفعات و میزان خرید میگو

جدول ۳، دفعات خرید میگو در سال و میزان هر مرتبه خرید و همچنین درصد فراوانی دلایل مصرف جامعه آماری را نشان می‌دهد. مطابق این جدول، خرید سالیانه سه تا چهار مرتبه دارای بیشترین فراوانی (۵۴/۳۳ درصد) بود و خرید ۱ تا ۲ مرتبه در سال (۲۶/۷۳ درصد) در سطح بعدی قرار داشت. فراوانی افرادی که بیشتر از ۵ مرتبه در سال خرید انجام می‌دادند، کمتر از ۲۰ درصد بود. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، ۸۵/۱ درصد از افراد جامعه آماری در هر مرتبه خرید، میزان ۰/۵ تا ۱/۵ کیلوگرم میگو خریداری می‌کردند.

Table 3. Frequency of purchases, amount of each purchase of shrimp and reasons of consumption

Purchase frequency in year	Abundance (%)	Purchase amount per time	Abundance (%)	Main reasons of consumption	Abundance (%)
1 or 2	26.73	0.5 to 1	28.76	Just nutritional value	26.01
3 or 4	54.33	1 to 1.5	56.34	Nutritional value and taste	64.56
5 or 6	10.27	1.5 to 2	10.23	Just taste	9.43
7 or 8	5.86	2 to 2.5	3.57		
9 and more	2.81	2.5 and more	1.1		

۳-۳- اولویت‌های جامعه آماری پیرامون سایز میگو،

خرید میگوی بسته‌بندی و وزن بسته‌بندی

جدول ۴ اولویت (رتبه‌بندی) جامعه آماری پیرامون سایز میگو، مشخصات بسته‌بندی میگو و سایز بسته را نشان می‌دهد. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، بین سایزهای مختلف میگو، سایز بزرگ (۲۶ تا ۳۵ قطعه در یک کیلوگرم) در رتبه اول قرار گرفت (با میانگین رتبه ۱/۸۲)؛ به گونه‌ای که ۴۹/۳ درصد از پاسخ‌دهندگان آن را اولویت اول و ۳۳/۹ درصد از آن‌ها این سایز را در اولویت دوم قرار دادند. در ادامه مشخص شد میگوی خیلی بزرگ با سایز ۱۶ تا ۲۵ قطعه در هر کیلوگرم، در رتبه دوم قرار دارد (با میانگین رتبه ۲/۲۹) و مجموعاً ۶۷/۶ درصد از خریداران این سایز را در اولویت‌های اول و دوم قرار دادند. میگوهای با سایز متوسط یا ۳۶ تا ۵۰ قطعه در هر کیلوگرم حائز رتبه سوم (با میانگین رتبه ۲/۹۷) شدند و فقط ۱۱/۲ درصد از پاسخ‌دهندگان این سایز را در اولویت نخست جای دادند. نهایتاً میگوهای کوچک (۵۱ تا ۷۰ قطعه در هر کیلوگرم) در رتبه چهارم (با میانگین رتبه ۳/۶۶) قرار گرفتند؛ به گونه‌ای فقط ۲/۴ درصد از جامعه آماری این سایز را در اولویت اول انتخاب کردند. همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، خریداران جهت خرید میگوی بسته‌بندی به اولین موردی که توجه می‌کردند، نام تجاری یا برند بود (رتبه ۱ با میانگین رتبه ۱/۱۸)؛ به گونه‌ای که مجموعاً ۸۵/۶ درصد آن‌ها این عامل را در اولویت‌های اول و دوم قرار دادند. بعد از برند، طرح و رنگ

بسته‌بندی بود که از نظر خریداران در رتبه دوم اهمیت (رتبه ۲ با میانگین رتبه ۱/۹۶) جای داشت؛ به این صورت که مجموعاً ۶۴/۳ از جامعه آماری به این عامل در اولویت اول و دوم هنگام خرید توجه می‌کردند. سایز و وزن بسته در رتبه سوم اهمیت (رتبه ۳ با میانگین رتبه ۲/۸۵) جای گرفت و فقط ۱۲/۴ درصد از افراد این عامل را در اولویت نخست جای دادند. مطابق جدول ۴، رتبه چهارم (رتبه ۴ با میانگین رتبه ۳/۷۴) هم متعلق به جنس بسته‌بندی بود و فقط ۴/۵ درصد پاسخ‌دهندگان این فاکتور را هنگام خرید در اولویت اول قرار دادند.

رتبه‌بندی اولویت‌های جامعه آماری در مورد وزن بسته میگو (جدول ۴) نشان داد که وزن ۵۰۰ تا ۷۵۰ گرم دارای رتبه اول (با میانگین رتبه ۱/۱۱) است؛ به گونه‌ای که مجموعاً ۸۴/۹ درصد از پاسخ‌دهندگان این وزن را در اولویت‌های اول و دوم قرار دادند. همچنین وزن ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم حائز رتبه دوم (با میانگین رتبه ۱/۷۳) شد و مجموعاً ۷۲/۲ درصد از جامعه آماری این وزن را در اولویت‌های اول و دوم جای دادند. وزن ۷۵۰ تا ۱۰۰۰ گرم در رتبه سوم قرار گرفت (با میانگین رتبه ۲/۶۸) و فقط ۱۲/۱ درصد از خریداران این وزن را در اولویت نخست جای دادند. نهایتاً جامعه آماری سایزهای بیشتر از ۱۰۰۰ گرم را در رتبه چهارم قرار داد (با میانگین رتبه ۳/۳۹) و صرفاً ۶/۸ درصد از آنان این اوزان را در اولویت اول انتخاب کردند.

Table 4. The priorities of the statistical community regarding shrimp size, packaging characteristics and packed size

Options	Consumer preferences				Average score	Rank	Friedman	Significance level
	1	2	3	4				
Size (pieces per kg)								
Small (51 to 70)	2.4	11.1	39.4	47.1	3.66	4	323.26	0.001
Medium (36 to 50)	11.2	24.5	25.5	38.8	2.97	3		
Big (26 to 35)	49.3	33.9	14.7	2.1	1.82	1		
Very big (16 to 25)	37.1	30.5	20.4	12	2.29	2		
Packed shrimp								
Size and weight	12.4	21.6	34.5	31.5	2.85	3		

Color and design	32.2	32.1	19.3	16.4	1.96	2	293.64	0.001
Material	4.5	11.6	36.4	47.5	3.74	4		
Brand	50.9	34.7	9.8	4.6	1.18	1		
Packed size								
250 to 500 gr	36.8	35.4	15.1	12.7	1.73	2		
500 to 750 gr	44.3	40.6	12.4	2.7	1.11	1	301.57	0.001
750 to 1000 gr	12.1	19.8	36.7	31.4	2.68	3		
More than 1000gr	6.8	4.2	35.8	53.2	3.39	4		

۴-۳- اولویت جامعه آماری پیرامون انواع مدل عرضه و گونه‌های میگو

در جدول ۵ اولویت‌های جامعه آماری پیرامون انواع مدل عرضه و گونه‌های میگو ارائه شده است. مطابق این جدول، بین انواع مدل عرضه میگو، میگوی فله‌ای دارای رتبه اول (با میانگین رتبه ۱/۱۲) بود و ۷۲/۴ درصد از افراد جامعه آماری این مدل را در اولویت نخست خرید جای دادند. میگوی بسته‌بندی در رتبه دوم (با میانگین رتبه ۱/۸۵) قرار گرفت و ۲۲/۶ درصد از پاسخ‌دهندگان این مدل عرضه را در اولویت اول و ۶۱/۸ درصد در اولویت دوم انتخاب کردند. خرید ترکیبی به معنای خرید توام میگوی فله‌ای و بسته‌بندی در هر مرتبه خرید بود که در رتبه سوم (با میانگین رتبه ۲/۴۷) جای گرفت و فقط ۵ درصد از جامعه آماری این نوع خرید را در

اولویت نخست قرار دادند. بین میگوهای دریایی، پرورشی و خرید ترکیبی، رتبه اول (با میانگین رتبه ۱/۲۸) مربوط به میگوی دریایی بود و ۸۱/۵ درصد از جامعه آماری گونه‌های دریایی را در اولویت نخست جای دادند. ۱۷/۶ درصد از خریداران، میگوی پرورشی را در اولویت اول و ۴۵ درصد از آن‌ها این میگوها را در اولویت دوم انتخاب کردند و این میگوها در رتبه دوم (با میانگین رتبه ۱/۹۹) قرار گرفتند. جامعه آماری، خرید ترکیبی (خرید توام میگوی دریایی و پرورشی در هر مرتبه خرید) را در رتبه آخر با میانگین رتبه ۲/۶۷ جای دادند و درصد افرادی که این مدل خرید را در اولویت اول انتخاب کردند، کمتر از ۱ درصد بودند.

Table 5. The priorities of the statistical community regarding types of supply and species of shrimp

Options	Consumer preferences			Average score	Rank	Friedman	Significance level
	1	2	3				
Type of supply							
Bulk	72.4	19.7	7.9	1.12	1	296.58	0.001
Packaged	22.6	61.8	15.6	1.85	2		
Combined	5	18.5	76.5	2.47	3		
Species of shrimp							
Farmed	17.6	45	37.4	1.99	2	281.33	0.001
Marine	81.5	8.8	9.7	1.28	1		
Combined	0.9	46.2	52.9	2.67	3		

۵-۳- اجرای مدل مفهومی تحقیق در حالت استاندارد و

معنی‌داری

شکل ۲ اجرای مدل مفهومی تحقیق را در دو حالت استاندارد و معنی‌داری (نرم‌افزار لیزرل) نشان می‌دهد. مطابق این شکل،

۰/۶۸ بر تصمیم به خرید و این سازه (تصمیم به خرید) با ضریب اثر ۰/۷۱ بر خرید میگو (رفتار نهایی) اثرگذار بود. مطابق مقادیر ضریب اثر، موثرترین متغیر موثر بر نگرش خریداران (نسبت به خرید میگو)، گونه میگو بود (دریابی، پرورشی و ترکیبی).

همه فرضیات تحقیق تأیید شدند (به دلیل قرارگیری مقادیر T-Value در خارج از بازه ۱/۹۶ تا ۱/۹۶-); به این صورت که متغیرهای سازه، انواع عرضه و گونه میگو به صورت معنی داری به ترتیب با ضرایب اثر ۰/۱۹، ۰/۳۳ و ۰/۴۷ بر نگرش خریداران (نسبت به خرید میگو) موثر بودند. در ادامه سازه نگرش خریداران (نسبت به خرید میگو) با ضریب اثر

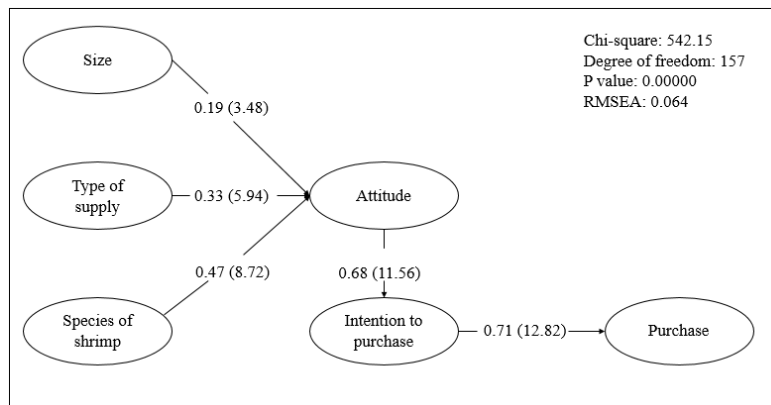


Figure 2. Implementation of the research model in two standard and significant modes

قبولی قرار دارند، می توان ادعا کرد که مدل از برازش مناسبی برخوردار می باشد. به این معنی که مدل اعتبار بسیار بالایی برای سنجش و ارزیابی روابط بین متغیرهای مورد بررسی دارد.

۳-۶ شاخص های برازش مدل

جدول ۶ شاخص های برازش مدل را نشان می دهد. با توجه به اینکه این شاخص ها نسبت به استاندارد، در سطح قابل

Table 6. The measurement of model goodness of fit index (GOFI)

Fit Index	Result	The Fit Criteria	Model Evaluation
Chi-Square/Df	3.45	Chi-Square/Df ≤ 5	Good Fit
RMSEA	0.064	RMSEA ≤ 0.08	Good Fit
CFI	0.96	CFI ≥ 0.90	Good Fit
GFI	0.92	GFI ≥ 0.90	Good Fit
AGFI	0.93	AGFI ≥ 0.90	Good Fit
IFI	0.95	IFI ≥ 0.90	Good Fit
NFI	0.92	NFI ≥ 0.90	Good Fit
NNFI	0.95	NNFI ≥ 0.90	Good Fit

ضمن اینکه تعداد نمونه در پژوهش پیشرو نسبت به تحقیقات مشابه بیشتر و قابل توجه است. نتایج مربوط به دفعات خرید در سال و میزان هر مرتبه خرید میگو در جامعه آماری نشاد داد که سرانه مصرف میگو در داخل کشور نسبت سایر مواد غذایی و حتی دیگر آبریان بسیار کم است که نتیجه تحقیق ریحانی پول و همکاران [۱]

۴-بحث

با بررسی اجمالی خصوصیات جمعیت شناختی جامعه آماری تحقیق حاضر مشخص می شود که طیف گسترده ای از افراد جهت تکمیل پرسش نامه انتخاب شدند که این عامل موجب صحت بیشتر و قابل استناد بودن نتایج پژوهش می گردد.

میگوهای ریز نیز احتمالا به دلیل هدررفت و پرتی زیاد طی پاک کردن و طبخ در رتبه آخر محبوبیت جای داشتند. همه این نتایج می توانند در ایجاد یک راهبرد مناسب جهت تنظیم نیاز بازار به مسئولین امر کمک کنند [۱].

از خصوصیات مهم بسته بندی، برند یا نام تجاری محصول است [۵]. به گونه ای که شاید بتوان گفت که نام تجاری (برند) معروف در فروش یک محصول و جلب توجه مشتریان آنقدر مهم است که گاهی کیفیت مواد غذایی در پس نام تجاری پنهان می شود. نتایج پژوهش پیش رو نشان داد هنگام خرید میگوی بسته بندی، برند یا نام تجاری محصول، مهم ترین عاملی بود که در حله اول مورد توجه جامعه آماری قرار می گرفت. در مطالعه ای که پیرامون ارزیابی رفتار خریداران و مصرف کنندگان میگو در کشور انجام گرفت، از بین ویژگی های مختلف بسته بندی، برند اولین ویژگی مورد توجه جامعه آماری جهت خرید میگوی بسته بندی گزارش شد [۱] که این یافته با تحقیق حاضر مطابقت دارد.

رنگ بسته، یکی از ابعاد مهم بسته بندی محسوب و اولین نمادی است که موجب جلب توجه مصرف کننده می گردد. تاثیر پذیری انسان از رنگ ها ماهیتی کاملاً روانی داشته و بطور غیرمستقیم در واکنش ها و رفتارهای فرد موثر واقع می شوند. رنگ بسته علاقه را برمی انگیزد و قدرت خرید محصول را افزایش می دهد. در تصمیم گیری هایی که درگیر شدن مصرف کننده در آن کمتر است، از آنجا که ارزیابی ویژگی های محصول اهمیت کمتری دارد، فاکتور قابل مشاهده ای مانند رنگ بسیار با اهمیت است [۱]. رنگ ها یکی از علائم کلامی هستند که به عنوان یک عنصر مهم در بازاریابی محصولات شناخته شده اند. در صنعت غذا، اهمیت رنگ ها به ویژه زمانی که در ارتباط با تبلیغات و یا بسته بندی باشند، به دلیل نقشی که در جلب توجه مشتری دارند، بیشتر می شوند [۱۹]. استفاده از رنگ مناسب برای بسته بندی محصولات، تایپوگرافی و یک ظاهر طراحی شده می تواند نشانگر آن باشد که مخاطبین هدف محصولات چه کسانی هستند. برای مثال برندهایی که می خواهند احساسات لوکس

پیرامون سرانه مصرف میگو در کشور، این مورد را قبلاً اعلام کرده بود. در تحقیق پیش رو خریدارانی که در سال سه یا چهار مرتبه و در هر مرتبه ۱ تا ۱/۵ کیلوگرم میگو خریداری می کنند، دارای بیشترین فراوانی بودند (به ترتیب ۵۴/۳۳ و ۵۶/۳۴ درصد). در پژوهشی که مقادیر خرید میگو در بازار با جامعه آماری کل کشور مورد مطالعه قرار گرفت، مشخص شد که ۴۴/۲ درصد از افراد مورد پرسش سالیانه ۱ مرتبه و ۲۸/۶ درصد از آن ها سالیانه ۲ مرتبه میگو خریداری می کردند. همچنین نتیجه پژوهش مذکور نشان داد که ۷۶/۳ درصد از مصرف کنندگان مقدار ۱ کیلوگرم و ۲۰/۲ درصد آن ها میزان ۰/۵ کیلوگرم را در هر مرتبه خرید ترجیح می دهند [۶]. در پژوهش پیش رو اکثر پاسخ دهندگان یعنی ۶۴/۵۶ درصد، دلیل اصلی خرید و مصرف میگو را ارزش غذایی و مزه مطلوب (به صورت توام) گزارش کردند. همچنین ۲۶/۰۱ درصد از افراد، صرفاً ارزش غذایی را دلیل اصلی خرید و مصرف میگو عنوان نمودند. این دو گزارش نشان می دهند که غالب جامعه آماری به ارزش غذایی و نقش میگو در حفظ سلامت (پیشگیری از بروز بیماری های مختلف) آگاه و دانا هستند.

ارزیابی اولویت های جامعه آماری پیرامون سائز میگو نشان داد که سائز بزرگ میگو یعنی ۲۶ تا ۳۵ قطعه در هر کیلوگرم دارای بیشترین طرفدار نسبت به دیگر سائزها می باشد. در ادامه، سائز خیلی بزرگ، متوسط و ریز به ترتیب در رده های بعدی از نظر محبوبیت قرار گرفتند. در پژوهشی که اولویت ها و موانع مصرف میگو در کشور مورد بررسی قرار گرفت نیز چنین یافته ای تأیید شد [۱]. این نتیجه به بازاریان و دست اندرکاران تولید نشان می دهد که به منظور تامین میگوی مورد پسند جامعه آماری، بیشتر تمرکز آن ها باید روی تولید و پخش سائز بزرگ میگوها باشد تا هم نیاز بازار تامین شود و مردم کالای مورد پسند خودشان را خریداری کنند و هم از این طریق تولید بهینه شده و هدر رفت کاهش یابد. میگوهای خیلی بزرگ احتمالا به دلیل عدم تناسب قیمت و سائز (عدم مقرون بصرفگی) در اولویت دوم قرار گرفتند.

را در مشتریان بوجود بیاورند اغلب از رنگ‌هایی مانند سیاه، نقره‌ای و طلایی استفاده می‌کنند تا اظهارات جسورانه‌ای را بیان کنند. بنابراین از رنگ بسته می‌توان برای برقراری ارتباط با مشتری و یا ترویج یک واکنش احساسی استفاده کرد [۲۰]. بعد دیگر بسته‌بندی، طرح آن است. این بعد به جذابیت بسته‌بندی اشاره دارد و مربوط به وجود طرح‌ها، تصاویر، ترکیب‌های رنگی، علائم، نشانه‌ها و نگاره‌های گرافیکی روی بسته می‌شود. طبق مطالعات، گرایش و توجه مصرف‌کننده بیشتر به سمت محصولاتی با بسته‌بندی جذاب‌تر معطوف می‌شود [۲۱]. طرحی برای بسته‌بندی مناسب و کارا است که بتواند در تمامی فرایندهای بازاریابی تولیدکننده را بر رقبا پیروز کند. به این صورت که این طرح باید سریعاً جلب توجه کند، موجب تشدید علاقه و تمایل به خرید در مصرف‌کننده شود، افراد را وادار به خرید کند و در انتها رضایت مشتری را به دنبال داشته باشد تا بتواند موجب فروش مستمر محصول گردد. تولیدکنندگان محصولات غذایی برای رسیدن به اهداف ارتباطی به طور موثر و بهینه - کردن پتانسیل بسته‌بندی باید از پاسخ و واکنش مصرف‌کننده به بسته‌هایشان آگاه باشند و فرآیندهای ادراکی مصرف‌کننده را با طراحی ادغام و در ابعاد مختلف بسته‌بندی لحاظ کنند. همچنین در فرآیند طراحی، بازاریابان و طراحان بسته‌بندی باید تجربیات گذشته مصرف‌کننده، نیازها و خواسته‌های وی را مد نظر داشته باشند [۲۲]. در پژوهش حاضر، طرح و رنگ بسته‌بندی میگو دومین ویژگی بسته‌بندی از نظر اهمیت بودند که مورد توجه خریداران قرار گرفتند. در تحقیقی که خصوصیات بسته‌بندی میگو از نظر جامعه آماری (کل کشور) رتبه‌بندی شد، طرح و رنگ بسته حائز رتبه دوم اهمیت شدند [۱]. یافته پژوهش حاضر با نتایج تحقیق Ares و Deliza [۲۳] که ابعاد بسته بسته‌بندی (رنگ، جذابیت، شکل، درج اطلاعات محصول بر روی بسته‌بندی، اندازه و ...) را مورد ارزیابی قرار داده بودند، کاملاً هم‌خوانی دارد. نتایج پژوهش اسماعیل‌پور و همکاران [۲۴] در مورد نقش بسته‌بندی بر تصمیم‌گیری خرید مشابه پژوهش حاضر است. نتایج

پژوهش مذکور نشان داد که طرح‌های جذاب‌تر بیشتر انتخاب می‌شوند و میان طرح‌های جذاب و انتخاب محصول ارتباط مثبت وجود دارد. به گونه‌ای که با افزایش جذابیت طرح، رنگ و گرافیک، تمایل افراد برای انتخاب محصول بیشتر می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت جذابیت رنگ، طرح و گرافیک بسته‌بندی محصول بر روی تصمیم خرید مصرف‌کنندگان اثر مثبت و معنی‌داری می‌گذارد که در نتیجه آن تولیدکنندگان مواد غذایی برای جلب نظر مصرف‌کنندگان و تاثیرگذاری بر تصمیم آن‌ها باید به دنبال بسته‌بندی‌های جذاب با طرح، رنگ و گرافیک مناسب بوده تا در بازارهای رقابتی بتوانند مصرف‌کننده را ترغیب به خرید میگو نمایند. نتیجه مطالعه مهرانی و همکاران [۲۲] در مورد تاثیر بسته‌بندی مواد غذایی تولید داخل بر رفتار مصرف‌کننده نشان داد که مهم‌ترین خصوصیات بسته‌بندی از نظر خریداران عبارتند از طراحی بسته‌بندی، متمایز بودن بسته‌بندی از انواع دیگر، بادوام بودن بسته‌بندی و ذکر قیمت مصرف‌کننده روی بسته‌بندی.

رتبه سوم خصوصیات بسته‌بندی (از ۴ آیت)، مربوط به سایز و وزن بسته میگو بود. میگوهای بسته‌بندی موجود در بازار در اوزان مختلفی از ۲۵۰ تا بیشتر از ۱۰۰۰ گرم عرضه می‌شوند و خریداران بسته به نیاز خانواده و محدودیت‌هایی نظیر قیمت، اوزان دلخواه خود را خریداری می‌کنند. در تحقیقی که پیرامون ارزیابی رفتار خریداران میگو در کل کشور انجام شد، وزن بسته ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم از محبوبیت بیشتری نسبت به سایر اوزان برخوردار بود [۱] که این یافته با نتیجه تحقیق حاضر مغایرت دارد. در پژوهش پیش‌رو، سایز بسته در بازه ۵۰۰ تا ۷۵۰ گرم حائز رتبه نخست شد. در پژوهش پیش‌رو اکثر خریداران میگوی فله را به میگوی بسته‌بندی ترجیح دادند و تمایلی هم به منظور خرید ترکیبی (بسته‌بندی و فله) نشان ندادند. احتمالاً دسترسی راحت‌تر (عدم موجودی میگوی بسته‌بندی در تمامی اماکن خرید)، قیمت ارزان‌تر و همچنین حس تازگی و طراوت، دلیل ارجحیت میگوی فله‌ای نسبت به میگوی بسته‌بندی است.

البته میگوی بسته‌بندی نیز طرفداران خاص خود را داشت. شاید فرآوری که منجر به بهبود بو و طعم می‌گردد، حس بهداشتی‌بودن و همچنین لوکس‌بودن محصول از جمله علل گرایش خریداران به میگوی بسته‌بندی باشد.

در تحقیق حاضر میگوهای دریایی (وحشی) نسبت به میگوی پرورشی از طرفداران بیشتری برخوردار بودند که این یافته با تحقیقات ریحانی پول و همکاران [۱] و دارایی و همکاران [۲۵] مطابقت دارد. همین یافته نشان می‌دهد که بازاریان و مسئولین مرتبط با تولید و پخش میگو در بازار بعثت و سایر اماکن باید بیشتر تلاش خود را جهت تامین میگوی دریایی متمرکز کنند تا پاسخگوی نیاز خریداران باشند. میگوهای دریایی نسبت به میگوهای پرورشی دارای قیمت بیشتر و همچنین طعم، ارزش غذایی و کیفیت مطلوب‌تری هستند. ضمن اینکه در جریان تولید میگوی پرورشی ممکن است از هورمون‌ها و آنتی‌بیوتیک‌هایی استفاده شود که در دراز مدت موجب ایجاد عوارضی در مصرف‌کنندگان می‌شود [۲۶]. از آنجا که در پژوهش پیش‌رو اولویت اکثر مردم میگوی دریایی بود، آگاهی خریداران به برتری غذایی و سلامتی این گونه از میگوها تا حد زیادی تأیید می‌گردد. یافته بعدی در این بخش مربوط به عدم تمایل غالب خریداران به خرید میگوی ترکیبی (دریایی و پرورشی) در هر مرتبه خرید بود. به این معنی که اکثر خریداران یا میگوی پرورشی می‌خرند یا میگوی دریایی. دارایی و همکاران [۲۵] در تحقیقی آگاهی و رفتار شهروندان بوشهری نسبت به مصرف میگوی پرورشی و وحشی را بررسی کردند. در این پژوهش مشخص شد که خانوارهای بوشهری به دلیل طعم و مزه بهتر، مغذی‌بودن و سالم‌تر بودن میگوی وحشی نسبت به پرورشی از آن استفاده می‌کنند.

نتایج اجرای مدل در حالت استاندارد و معنی‌داری نشان داد که نگرش خریداران میگو در بازار بعثت از سه متغیر سائز، مدل عرضه و گونه میگو تأثیر می‌پذیرد که در این بین، متغیر گونه میگو موثرترین عامل بر سائز نگرش بود. دو متغیر مدل عرضه و سائز میگو به ترتیب در رده‌های بعدی از نظر اهمیت

جای گرفتند. در پژوهشی که رفتار خریداران و مصرف‌کنندگان میگو در شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت، نوع عرضه و فرآوری میگو از موثرترین متغیرها بر نگرش شهروندان نسبت به خرید و مصرف میگو گزارش شد [۵]. نگرش به احساس‌های مثبت یا منفی اطلاق می‌شود که یک فرد نسبت به انجام یک رفتار دارد. به صورت جامع‌تر، نگرش یعنی احساسات نسبتاً پایدار، تمایلات یا مجموعه‌ای از باورهای هدایت‌شده به سمت یک ایده، شی، شخص و یا موقعیت. در مورد خرید و مصرف یک ماده غذایی، نگرش به احساسات مختلفی گفته می‌شود که افراد نسبت به خرید و مصرف آن ماده غذایی دارند [۲]. در بسیاری از تحقیقاتی که پیرامون ارزیابی رفتار خریداران و مصرف‌کنندگان آبزیان، فرآورده‌های دریایی و سایر مواد غذایی صورت گرفته‌اند، نگرش موثرترین سازه بر تصمیم به خرید گزارش شده است [۱۳، ۳۰-۲۷]. بنابراین، نتایج این بخش از پژوهش موید آن است که سائز میگو، مدل عرضه این آبزی و همچنین گونه‌های آن، بر حسی که خریداران نسبت به خرید و مصرف میگو دارند، موثر می‌باشند و از آنجایی که فرضیه اثرگذاری سازه نگرش بر تصمیم به خرید میگو و نهایتاً بر رفتار نهایی با ضریب اثر بالایی تأیید شده است، مدیران امر تولید، توزیع و فروش میگو در بازار بعثت و سایر اماکن باید در بحث سائز، مدل عرضه و گونه میگو به سلائق و علایق خریداران (که در تحقیق حاضر به آن پرداخته شد) توجه ویژه‌ای داشته باشند تا به این طریق بتوانند نیاز مراجعه‌کنندگان و متعاقباً سود پایدار خود را تامین کنند.

۵- نتیجه‌گیری

سرانه مصرف میگو در کشور بسیار کم است و این در حالیست که مردم از ارزش غذایی و فوائد سلامتی میگو آگاهند و مزه مطلوبی از مصرف این آبزی دریافت می‌کنند. غرفه‌داران بازار بعثت و سایر اماکن فروش آبزیان (میگو) باید از برندهای معروف و در عین حال با قیمت مناسب در بحث میگوهای بسته‌بندی استفاده کنند و تمرکزشان بیشتر بر اوزان ۵۰۰ تا ۷۵۰ کیلوگرم بسته باشد. در ادامه، بازاریان باید

مراجعه‌کنندگان و متعاقبا سود پایدار خود را تامین کنند. بنابراین نتایج چنین تحقیقاتی به مدیران تولید و فروشندگان در جهت تامین نیازهای بازار و حفظ تعادل آن کمک شایانی خواهد کرد؛ ضمن اینکه استفاده صحیح از این نتایج، سود پایدار فروشندگان را نیز تضمین و تامین می‌کند.

۵-منابع

- [1] Reyhani Poul, S., Alishahi, A., Adeli, A., Nargesian, A., and Ojaq, M. Study of behavior, priorities and barriers of shrimp consumers in Iran. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 2019; 28(6), 35-47 [In Persian].
- [2] Reyhani Poul, S., Alishahi, A., Adeli, A., Nargesian, A., and Ojaq, M. Study and assessment of the behavior of shrimp consumers in Iran based on the theory of planned behavior. *Journal of Food Science and Technology*, 2019; 90(16), 65-77 [In Persian].
- [3] Reyhani Poul, S., Alishahi, A., Adeli, A. A comprehensive study of effective factors on increasing of shrimp per capita consumption in Tehran city based on attitude items and decision to buy. *Journal of Food Science and Technology*, 2019; 93(16), 121-134 [In Persian].
- [4] Reyhani Poul, S., Alishahi, A., and Adeli, A. Comparison of the conceptual model of shrimp purchasing behavior in two different income levels of households in Tehran, *Journal of Fisheries*, 2020; 73(4), 529-540 [In Persian].
- [5] Reyhani Poul, S. Factors affecting consumers and buyers' attitude toward fish and fishery products packaging in Tehran city. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 2021; 20(6), 1727-1739.
- [6] Reyhani Poul, S., Adeli, A., and Alishahi, A. Shrimp purchase quantities in the market and the relationship between consumption amount and some of demographic characteristics. *Journal of Fisheries Sciences and Technology*, 2021; 10(1), 21-30 [In Persian].
- [7] Reyhani Poul, S. Analysis of conceptual model of fish buyer's behavior (Case study: west of Mazandaran Province). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 2021; 30 (3), 149-163 [In Persian].
- [8] Ziaee, S., Samare Hashemi, Kh., and Samare Hashemi S.A. Investigation of factors affecting fresh fish consumption in Iran. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. 2017; 26(3), 119-129 [In Persian].
- به سازه‌های ۲۶ تا ۳۵ قطعه در یک کیلوگرم و میگوهای فله‌ای دریایی به منظور تامین نیاز بازار توجه ویژه‌ای داشته باشند. مدیران امر تولید، توزیع و فروش میگو باید در بحث سازه، مدل عرضه و گونه میگو به سلاقی و علایق خریداران عنایت ویژه‌ای داشته باشند تا به این طریق بتوانند نیاز
- [9] Moslemi, M., Rahimi, M., Abedi, R., and Hosseini, V. Investigating on the marketing of fishery products by prioritizing factors affecting fish consumers: A case study in Babolsar. *Journal of Aquaculture Sciences*, 2019; 7(11), 89-95 [In Persian].
- [10] Alidoosti, Kh., Adeli, A., Kordjazi, M., and Vahedi, M. Purchase behavior of fish consumers of besat fish market in Tehran. *Journal of Fisheries Science and Technology*, 2020; 9(2), 66-78 [In Persian].
- [11] Yeganeh, S., Reyhani Poul., and Ghoghghi, F. Comprehensive identification of priorities and behavior analysis of packaged fish buyers in Tehran city using structural equation modeling method. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 2024; 147(21), 1-15 [In Persian].
- [12] Hosseini, M., and Adeli, A. Prioritizing the effective factors on the behavior of fish consumers (case study: Sari city). *Fisheries Sciences and Technology*, 2017; 5(4), 99-110 [In Persian].
- [13] Thong, N. T., and Olsen, S. O. Attitude toward and consumption of fish in Vietnam. *Journal of Food Products Marketing*, 2012; 18(2), 79-95.
- [14] Ghifarini, A. F., Sumarwan, U., and Najib, M. Application of theory of planned behavior in shrimp consumer behavior analysis. *Independent Journal of Management & Production*, 2018; 9(3), 984-1001.
- [15] Ahmed, A. F., Mohamed, Z., and Ismail, M. M. Determinants of fresh fish purchasing behavior among Malaysian consumers. *Current Research Journal of Social Sciences*, 2011; 3(2), 126-131.
- [16] Kessuvan, A., Parthanadee, P., and Buddhakulsomsiri, J. The study of consumption behaviors and factors affecting decision to purchase fishery products of consumers in the North and Northeast of Thailand. *International Food Research Journal*, 2015; 22(6), 116-129.
- [17] Sayin, C., Emre, Y., Mencet, M. N., Karaman, S., and Tascioglu, Y. Analysis of factors affecting fish purchasing decisions of the household: Antalya district case. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2010; 9(12), 1689-1695.

- [18] Wirth, F. F. Consumers' shrimp purchasing preferences: an application of conjoint analysis. *Journal of Food Products Marketing*, 2014; 20(2), 182-195.
- [19] Hammond, D., Daniel, S., and White, C. M. The effect of cigarette branding and plain packaging on female youth in the United Kingdom. *Journal of Adolescent Health*, 2013; 52(2), 151-157.
- [20] Singh, S. P., Singh, J., Grewal, G., and Chonhenchob, V. Analyzing color on printed packaging to valuate brand logo integrity and impact on marketing. *Universal Journal of Marketing and Business Research*, 2000; 1(3), 79 -88.
- [21] Rundh, B. 2005. The multi-faceted dimension of packaging: marketing logistic or marketing tool?. *British food journal*, 107(9): 670-684.
- [22] Mehrani, K., Hosseingholipour, T., and Seyedjavadin, R. Investigating the effect of packaging of domestically produced food products on consumer behavior. Master's thesis, Tehran University, Tehran. 2010 [In Persian].
- [23] Ares, G., and Deliza, R. Studying the influence of package shape and colour on consumer expectations of milk desserts using word association and conjoint analysis. *Food Quality and Preference*, 2010; 21(8), 930-937.
- [24] Smailpour, H., Qaffari, P., and Matinrad, A. The role of packaging on purchasing decisions. *Industry and Entrepreneurship Journal*, 2010; 51(1), 53-56 [In Persian].
- [25] Darai, sh., Fekrandish, H., and Marmazi, S. Investigating the awareness and behavior of Bushehri citizens regarding the consumption of farmed and wild shrimp. Master's thesis. Kherad Higher Education Institute, Bushehr. 2014. [In Persian].
- [26] Davis, R. P., Davis, D. A., and Boyd, C. E. A preliminary survey of antibiotic residues in frozen shrimp from retail stores in the United States. *Current Research in Food Science*, 2021; 4 (6), 679-683.
- [27] Alhosseini, M., Baqeri, H., Dehqani, A., and Radfar S. The effect of consumer perception on his attitude towards organic food in Yazd. *Journal of Management of Organizational Culture*, 2018; 16(1), 195-217 [In Persian].
- [28] Tarkiainen, A., and Sundqvist, S. Subjective norms, attitudes and intentions of Finnish consumers in buying organic food. *British Food Journal*, 2005; 107(11), 808-822.
- [29] Effendi, I., Ginting, P., Lubis, A. N., & Fachrudin, K. A. Analysis of consumer behavior of organic food in North Sumatra Province, Indonesia. Analysis of consumer behavior of organic food in north Sumatra province, Indonesia. *Journal of Business and Management*, 2015; 4(1), 44-58
- [30] Najaf aabadi, F., and Alhosseini, M. Checking the intention to consume organic food products using the theory of planned behavior. *Journal of Business Strategies*, 2017; 24(10), 35-46 [In Persian].



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Analyzing the purchase behavior of shrimp consumers and checking their preferences in Tehran's Besat market using Lisrel software

Sakineh Yeganeh¹, Soheyl Reyhani Poul^{2*}, Mohammad khalili³, Arash Rakhshani⁴

- 1- Professor, Department of Fisheries, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
- 2- PhD graduate, Department of Processing of Fishery Products, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
- 3- Bachelor graduate, Department of Fisheries, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
- 4- PhD student, Department of Fisheries, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2024/9/29 Accepted:2024/11/26 Keywords: Shrimp, Buyers behavior, Besat market, Supply model, Attitude DOI: 10.22034/FSCT.22.161.137. *Corresponding Author E- soheylreyhani@gmail.com	The present study was conducted in order to investigate the behavior of shrimp buyers and evaluate their preferences with a statistical population of 600 people in Tehran's Besat market. In this research, shrimp buyers were asked three categories of questions. The questions of the first category were related to demographic characteristics and the questions of the second category were related to the amount and reasons for purchasing shrimp, as well as evaluating the preferences of buyers in indicators such as size, types of supply models, and species of shrimp (Friedman test). The third group of questions were prepared based on the Likert five-option scale and in order to investigate the factors affecting the attitude of the statistical community to the purchase of shrimp by using conceptual model design and structural equation modeling method (Lisrel software). The results of this research showed that buyers who purchase 3 or 4 times a year and selected each time 1 to 1.5 kg of shrimp, had the highest frequency (54.33 and 56.34%, respectively). 64.56 percent of the buyers cited the nutritional value and good taste (together) as the main reason for buying and consuming shrimp. In the study of buyer's preferences, it was found that large size shrimp (26 to 35 pieces per kilogram), bulk shrimp (compared to packaged and combined shrimp), marine shrimps (compared to cultured and combined shrimp) and the size of 500 to 750 grams of shrimp package have more fans. The results of the implementation of the research conceptual model showed that all hypotheses were confirmed; in such a way that variables of size, types of supply and shrimp species were significantly effective on buyer's attitudes with effect coefficients of 0.19, 0.33 and 0.47, respectively. In the following, the attitude of buyers with an effect coefficients of 0.68 on the decision to purchase and this element with an effect coefficients of 0.71 was effective on the purchase of shrimp. The results of such research will be of great help to production managers and sellers in order to meet the needs of the market, maintain its balance and sustainable profit.



ارزیابی خصوصیات تکنیکی-عملکردی، ضدقارچی و حسّی نان نیمه حجیم حاوی خمیرترش آرد شلتوک برنج در مجاورت با استارتر تجاری لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس (LA5) در طول مدت ماندگاری

عباس عابدفر^{*}، علیرضا مهرگان نیکو^۱

۱- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۷

کلمات کلیدی:

خمیرترش شلتوک برنج،

استارتر تجاری DVS لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس،

ویژگی ضد قارچی،

خصوصیات تکنیکی-عملکردی

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.151.

* مسئول مکاتبات:

a.abedfar@guilan.ac.ir

با پیشرفت دانش مصرف‌کنندگان برای تولید محصولات غذایی سالم بدون نگهدارنده‌های غیرطبیعی در توسعه غذاهای کاربردی و استراتژیک اثرات چشمگیری داشته است. در این پژوهش با بکارگیری استارتر DVS تجاری (LA5) و تعیین نقطه بهینه هدایت تخمیر با قابلیت بالقوه متناسب با مدل‌های برازش شده با ضریب صحت و اطمینان ۷۸ درصد، به ارزیابی خصوصیات تکنیکی-عملکردی، ضدقارچی و حسّی نان نیمه حجیم تولیدی در طول مدت ماندگاری ۷ روز پرداخته شد. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین تمام آزمون‌های کیفی و تکنیکی-عملکردی نمونه‌های نان محتوی خمیرترش آرد شلتوک برنج (RHFS) در طول مدت ماندگاری در مقایسه با نمونه شاهد در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند ($P < 0.05$). کاهش فعالیت آبی و اتصالات عرضی در نمونه نان خمیرترشی در مقایسه با نمونه شاهد در طول مدت ماندگاری سبب کاهش افت رطوبت (بترتیب ۴ و ۱۰ درصد) و رهايش آهسته‌تر محتوی رطوبت مغز و پوسته در مقایسه با آن شد. دو شاخص کیفی حجم مخصوص و تخلخل، در طول مدت ماندگاری روند نزولی داشت، همچنین شاخص‌های رنگی، برآیند رنگ کل، شاخص قهوه‌ای شدن، زردی و سفیدی و خصوصیات ضد قارچی در مقایسه با نمونه شاهد اختلاف مشهودی داشت. خصوصیات بافتی بعنوان شاخصی از بیاتی در طول مدت ماندگاری در مقایسه با نمونه کنترل روند مطلوب‌تری را نشان داد. در نهایت تاثیر هدایت تخمیر خمیرترش در طول مدت ماندگاری سبب بهبود ژلاتینه شدن و واگشتگی، خصوصیات حسّی و ضد قارچی نمونه نان نیمه حجیم گردید.

۱-مقدمه

توسعه سریع اجتماعی و اقتصادی باعث شده که محصولات نانوائی به تدریج به بخش مهمی از رژیم غذایی روزانه مردم در سراسر جهان تبدیل شوند. تا سال ۲۰۲۱، نان و سایر محصولات نانوائی حدود یک میلیارد دلار در سطح جهانی گردش مالی داشته‌اند که پیش‌بینی می‌گردد در بازار جهانی درآمد حاصل از محصولات نانوائی تا سال ۲۰۲۷ به حدود ۴۵۸ میلیارد دلار برسد [۱]. با توجه به ارزش تغذیه‌ای و فرهنگی نان به عنوان یک کالای استراتژیک غذایی و میزان ضایعات آن در کشور (بیش از سی درصد)، تمایل به مصرف فراورده‌های نانوائی حاوی حداقل میزان نگهدارنده‌ها، عاری از افزودنی‌های شیمیایی و دارای کیفیت و زمان ماندگاری مطلوب که یکی از دغدغه‌های متولیان صنایع نانوائی بوده است [۲]. بر این اساس علاقه به بهینه‌سازی تولید و افزایش ماندگاری آن از طریق بهبود ویژگی‌هایی همچون طعم، خواص بافتی، تغذیه‌ای و به تأخیر انداختن بیاتی و فساد میکروبی آن و همچنین تأمین انرژی و رفع نیازهای ساختاری بدن به سمت ارزیابی دقیق ترکیبات غذایی که از نظر ساختار زیستی فعال، مطابق با عادات و رژیم غذایی هر اقلیم و منطقه و ویژگی‌های غذا-دارویی هستند تغییر یافته است [۳ و ۴]. محصولات تخمیری اصولاً ویژگی‌های عطر و طعم خود را مدیون کنسرسیوم میکروبی می‌باشند، بر این اساس حفظ گونه‌های میکروبی مفید در تولید و بهبود کیفیت مواد غذایی ارگانیک بالاخص خمیرترش بعنوان پیش ماده خوراک استراتژیک (نان) در هر کشوری از اهمیت فوق العاده‌ی برخوردار خواهد بود [۵].

خمیرترش در حقیقت یک سامانه زیستی بسیار پیچیده متشکل از مخلوط فراورده‌های غلات، آب و میکروارگانیسم‌های فعال است که به دلایل خاص مانند بهبود عطر و طعم، زمان ماندگاری، ارزش تغذیه‌ای و یا حتی ایجاد خواص سلامتی‌بخش در فرایند تخمیر نان مورد استفاده قرار می‌گیرد [۶]. تولید اسید بعنوان متابولیت حائز

اهمیت در طول فرایند تخمیر تصادفی و هدایت شده خمیرترش بر اجزای نشاسته و پروتئین آرد گندم تأثیر گذاشته و ضمن کاهش pH و کاهش فعالیت پروتئازی آرد گندم روی بیاتی نان تأثیر گذاشته و سبب افزایش تخلخل و نرمی بافت نان خمیرترشی می‌گردد. همچنین خمیرترش با ممانعت از فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز آرد، میزان هیدرولیز نشاسته را کاهش می‌دهد و این امر، آزادسازی دکسترین‌های با وزن مولکولی پایین را محدود کرده و سبب کاهش ژلاتینه شدن و واگستگی می‌گردد [۷]. به‌کارگیری غلات بالاخص سبوس برنج سرشار از مواد مغذی، معدنی و فیبری بالا ضمن بهبود خصوصیات مهم کیفی و ارگانولپتیکی در صنعت نانوائی، سبب استحکام در ظرفیت اتصال به آب در ساختار خمیر در مقایسه با سایر منابع فیبر تجاری می‌گردد. از آنجایی که قابلیت حفظ هوا در ساختارهای تخمیری سبوس برنج به مراتب نسبت به سایر ترکیبات فیبری بیش‌تر بوده، در نتیجه سبب تسریع افزایش حجم در محصولات نانوائی می‌گردد [۸]. خاصیت «تازگی-طراوت» فراورده‌های نانوائی که ارتباط نزدیکی با نوع نان، افزودنی‌ها و کیفیت ساختاری آن دارد، در طول مدت ماندگاری به‌شدت تحت تأثیر افت کیفیت نسبی و فساد میکروبی قرار می‌گیرد. از این رو حفظ طعم و عطر، بهبود خصوصیات کیفی-میکروسکوپی و ارگانولپتیکی نان را می‌توان به عنوان اولین و مهم‌ترین بخش‌های مرتبط با کیفیت نان تولیدی دانست [۹]. بر این اساس تاکنون پژوهش‌های مختلفی در کشور و دنیا به منظور ارزیابی عوامل موثر در تخمیر کنترل شده خمیرترش بر خصوصیات کیفی نان خمیرترشی صورت گرفته است. بطور مثال در مطالعه ای، عابدفر [۱۰]، به بررسی فعالیت ضد میکروبی و تأثیر خمیرترش آرد پوسته برنج تحت تأثیر دو سویه لاکتیکی بر میزان فیتیک اسید در نان نیمه حجیم پرداخت؛ نتایج نشان داد که اختلاف معناداری بین فعالیت ضد میکروبی سوسپانسیون کشت فعال فاز لگاریتمی و فاز سکون هر دو جدایه لاکتیکی در روش

چاهک دیده نشد و بیشترین هاله عدم رشد مرتبط با باکتری /شرشایی کلای با مقادیر $(1/13 \pm 13/22)$ میلی متر مشاهده گردید. محتوی فیتیک اسید در تخمیر کنترل شده با هر یک از آغازگرها روند نزولی داشت، که تاثیر آغازگر پدیوکوکوس پتوسازئوس در کاهش مقدار فیتیک اسید به مراتب بیشتر از گونه لاکتی پلنتی باسیلیوس پلانٹاروم بود که در حقیقت تاثیر افزایش اسیدیته در تخمیر هدایت شده آن سبب کاهش محتوی فیتیک اسید با بیشترین خاصیت ضد میکروبی و هاله عدم رشد گردید. عابدفر و همکاران [۱۱]، به بررسی بهینه سازی تخمیر کنترل شده با *L.acidophilus* در خمیرترش سبوس برنج و ارزیابی خصوصیات کیفی نان حجیم با استفاده از روش (RSM) پرداختند؛ نتایج ارزیابی تناسب مدل های برازش شده نشان داد که با افزایش دما و زمان تخمیر به ازای محتوی شکر ثابت، اسیدیته قابل تیتراژ، پایش جمعیت میکروبی، حجم مخصوص، تخلخل، شاخص اختلاف کلی رنگ پوسته نان بترتیب روند افزایشی و پیوستگی آن نیز به طور معنی داری روند کاهشی را نشان داد. همچنین، سفتی ارزیابی پذیرش کلی بافت نان نیز روند کاهشی داشت ($P < 0/05$). صادقی و همکاران [۱۲]، به بکارگیری باکتری های لاکتیکی غالب با توانایی ضدقارچی به عنوان یک کشت اولیه محافظ در نان خمیرترشی حجیم پرداختند. نتایج توالی یابی محصولات PCR منجر به شناسایی *L. reuteri* به عنوان ایزوله انتخابی شد. جدایه مذکور دارای قابلیت ضد آفلاتوکسینی مناسبی بود و بر اساس نتایج آنالیز HPLC باعث کاهش میزان آفلاتوکسین های B1، B2، G1 و G2 گردید. علاوه بر این، حضور خمیر ترش تخمیر شده با ایزوله انتخابی تأثیر معنی داری ($P < 0/05$) بر کیفیت نان حجیم تولیدی از نظر سختی، حجم ویژه و محتوای اسید فیتیک داشت. مانینی و همکاران [۱۳] (۲۰۱۴)، به مطالعه تغییرات شیمیایی و ارزیابی میکروبی خمیرترش سبوس گندم و همچنین به بررسی مقدار ترکیبات زیست فعال در فرآوری تخمیر خمیرترش سبوس گندم پرداختند. نتایج حاصل از پژوهش

نشان داد، بعد از اولین روز فرایند تخمیر سبوس گندم شمارش باکتری های اسید لاکتیک و مخمرها نیز به آرامی افزایش یافت و بعد از ۸ بار فرایند مایه گیری شمارش میکروبی به یک سطح ثلثت رسید و همچنین تغییرات شیمیایی حاصل از تخمیر سبوس گندم نشان داد که میزان اسید فرولیک و اسید فیتیک در خمیرترش حاصل از سبوس تخمیری گندم به ترتیب افزایش و کاهش نسبت به سبوس معمولی داشت و ترکیبات زیست فعال حاصل از تخمیر سبوس گندم سبب حالیت بیشتر فیبرهای محلول نظیر آربینوزایلان گشت. ایلوفا و همکاران [۱۴]، به بررسی تخمیر آرد برنج قهوه ای به عنوان ترکیبات عملگرا در مواد غذایی پرداختند، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تخمیر باعث کاهش تاثیر منفی سبوس روی محصولات غلاتی شده از این رو آرد برنج قهوه ای به عنوان یک ترکیب غذایی عملگرا و افزایش در خصوصیات حسی و بهبود ویژگی های ویسکوالاستیک محصول نهایی توصیه می گردد. کاتینا و همکاران [۱۵]، اثر افزودن سبوس را بر روی خواص رئولوژیکی خمیر و بافت نان حجیم مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش، سبوس در سه سطح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد افزوده شد. نتایج نشان داد که افزودن سبوس باعث کاهش کشش پذیری و مقاومت به کشش خمیر و کاهش حجم نان گردیده و دانسیته نان، بسته به مقدار سبوس افزوده شده بین ۰-۴۰ درصد افزایش یافته است. همچنین بررسی مورفولوژی مغز نان به صورت دو بعدی نشان داد که با افزایش سطح سبوس ظرافت، همسانی و توزیع یکنواخت حفرات کاهش یافت.

علی رغم مطالعات گسترده در جهان و داخل کشور در خصوص خمیرترش و عملکرد آن ها، هدف اصلی از این پژوهش، ارزیابی خصوصیات تکنیکی-عملکردی، ضدقارچی و حسی نان نیمه حجیم حاوی خمیرترش آرد شلتوک برنج با استارتر تجاری DVS culture در طول مدت ماندگاری بود.

۲-مواد و روش ها

کشت PDA کشت داده شده و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت انکوبه شدند. سپس سوسپانسیون کپک با تعداد 10^4 CfU/ml از محیط کشت PDA بر روی خطوط کشت داده شده جدایه لاکتیکی به صورت کشت دو لایه ریخته شد و پس از انعقاد لایه دوم، پلیت‌ها در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت گرمخانه گذاری شدند [۱۷].

۲-۳. تخمیر هدایت شده خمیرترش آرد شلتوک برنج (RHFS)

ایجاد شرایط هدایت شده RHFS با ضریب عملکرد ۲۸۰ به همراه سویه تجاری LA5، در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت تا ایجاد 10^8 CfU/gr (در مقایسه با لوله ۰/۵ هک فارلند) در محیط کشت MRS Broth کشت داده شد. در ادامه به میزان ۰/۹ درصد از زیست توده تولیدی (فاقد سوپرناتانت) که با سرعت $6000g$ در دمای ۴ درجه سانتی گراد و به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ (Sigma 3-30KS, Germany) گردیده بود به بستر تخمیری غوطه‌وری RHFS با دور همزن ۳۰۰ rpm تا رسیدن به ۴/۳۳ pH= برای تعیین نقطه بهینه اضافه شد [۱۸].

۲-۴. بررسی خصوصیات کیفی نمونه بهینه نان نیمه حجیم (RHFS) در مقایسه با شاهد در طول مدت ماندگاری

بعد از تعیین نقطه بهینه (بهترین تیمار نمونه نان نیمه حجیم RHFS در روز نخست پخت)، به آماده سازی نمونه نان بهینه نیمه حجیم حاوی RHFS کنترل شده و نمونه شاهد مطابق با روش مگنین و همکاران [۱۹] با اندکی تغییر پرداخته شد. در ادامه، به بررسی خصوصیات کیفی، تکنیکی-عملکردی، ضدقارچی و حسّی در طول یک هفته در بازه‌های (روز نخست، روز سوم و هفتم) صورت گرفت.

۲-۵. ارزیابی خصوصیات محتوی رطوبت پوسته و مغز نان نیمه حجیم

برای اندازه گیری محتوی رطوبت در نان نیمه حجیم محتوی RHFS، قطعه‌ای از بخش پوسته و مغز نان وزن

مواد اولیه مورد استفاده برای تهیه محصول نهایی شامل؛ آرد ستاره گندم و آرد شلتوک برنج (RHF) واریته طارم هاشمی برای آماده سازی خمیرترش آرد شلتوک برنج بترتیب از کارخانه آرد شاد (رشت، ایران) و گیلتاز (لنگرود، ایران) مطابق با استاندارد بین المللی AACC [۱۶]، به ترتیب با مقادیر درصد رطوبت ($13/80 \pm 0/68$ ؛ $3/70 \pm 0/28$)، درصد پروتئین ($10/90 \pm 0/32$ ؛ $3/67 \pm 0/02$)، محتوی چربی ($4/25 \pm 0/26$ ؛ $0/82 \pm 0/01$)، درصد خاکستر ($0/75 \pm 0/01$ ؛ $15/55 \pm 0/05$) و اسیدیته ($3/51 \pm 0/1$)؛ $4/0 \pm 28/3$) تهیه گردیدند. کپک عامل فساد غذایی آسپرژیلوس نایجر (PTCC 5319) از مرکز کلکسیون میکروبی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران و سویه تجاری لاکتیکی کشت خالص لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس (LA5) استفاده شده در این مطالعه بصورت کشت DVS استفاده گردید. محیط‌های کشت مصرفی شامل (Agar و MRS (Broth و Nutrient (Broth و Potato Dextrose Agar (PDA) همچنین مواد شیمیایی از شرکت‌های ایبرسکو (زیست کاوش ایرانیان) و مرک آلمان تامین شدند.

۲-۱. فعال سازی پالیده کشت فعال سویه تجاری (LA5)

کشت DVS سویه لاکتیکی تجاری (LA5) هر چند خود پیش فعال بوده ولی برای احتیاط از عملکرد صحیح به احیاء سویه غالب مذکور نگهداری شده در شرایط کوتاه مدت پرداخته شد. نخست، کشت ذخیره بعد از خروج از فریزر ۲۰- درجه سانتی گراد در ۱۰ میلی لیتر محیط کشت مغذی اختصاصی MRS broth تلقیح گردید و در ادامه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد گرمخانه گذاری شد.

۲-۲. بررسی خاصیت ضد قارچی سویه تجاری (LA5)

برای ارزیابی خاصیت ضدقارچی کشت DVS تجاری از روش لکه گذاری استفاده گردید. بطورکلی هر کدام ۲ سانتی متر روی محیط کشت MRS آگار کشت داده شدند، و سپس در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت انکوبه گردیدند. برای تهیه سوسپانسیون کپک، در محیط

گردید. سپس مقدار وزنی مساوی از هر بخش تا خشک شدن کامل در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد و پس از سرد شدن در دسیکاتور، هر بخش جداگانه وزن و میزان رطوبت هر بخش از اختلاف وزن قبل و پس از خشک شدن براساس معادله (۱) محاسبه گردید [۲۰].

$$\%MC_{wb} = \left[\frac{(W_{ib} - W_{fdb})}{W_{ib}} \right] \times 100 \quad (1) \quad \text{معادله}$$

W_{ib} وزن نمونه نان، W_{fdb} وزن نمونه نان خشک

شده

۲-۶. بررسی خصوصیات بافتی نان نیمه حجیم محتوی

RHFS در طول مدت ماندگاری

بررسی تغییرات سفتی به کمک آزمون بافت‌سنجی انجام گرفت. بدین منظور با تکنیک آزمون TPA در نمونه نان نیمه حجیم محتوی RHFS به وسیله دستگاه تحلیل‌گر بافت (مدل Brookfield CT3، آمریکا)، با پروب آلومینیومی استوانه‌ای (TA25/1000) با سرعت پروب ۳۰ mm/min تا ۵۰ درصد فشردگی از ارتفاع اولیه در طول مدت ماندگاری (یک هفته بعد از پخت) برای تخمین خصوصیات بافت نان با ارزیابی تنها دو ویژگی از مجموع چند خصوصیت شامل (سختی و پیوستگی) مورد ارزیابی قرار گرفت [۲۱].

۲-۷. بررسی حجم مخصوص و تخلخل نان نیمه حجیم

محتوی RHFS در طول مدت ماندگاری

بررسی حجم مخصوص نان نیمه حجیم محتوی RHFS تولیدی در طول مدت ماندگاری به‌طور جداگانه و در شرایط معین، درون بسته‌های پلی‌اتیلنی درب‌دار بهداشتی و در دمای محیط به روش جایگزینی دانه کلزا در مقایسه با نمونه شاهد ارزیابی گردید. از تکنیک پردازش تصویر به منظور بررسی مقادیر تخلخل برشی به ابعاد ۲ در ۲ cm از

مغز نان نیمه حجیم محتوی RHFS تهیه گردید و به وسیله دوربین با پیکسل بالا تصویر برداری شد. سپس تصویر تهیه شده در اختیار نرم افزار Image J (نسخه، ۱/۴۵) قرار گرفت. تصاویر موجود در این نرم افزار، مجموعه‌ای از نقاط تاریک و روشن بود که با محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به عنوان شاخصی از میزان تخلخل در طول مدت ماندگاری در مقایسه با نمونه شاهد برآورد گردید [۲۲ و ۲۳].

۲-۸. برآیند خصوصیات رنگی، شاخص قهوه‌ای شدن،

شاخص زردی و سفیدی پوسته نان نیمه حجیم محتوی

RHFS

آنالیز برآیند رنگ (ΔE^*) پوسته نان نیمه حجیم محتوی RHFS در مقایسه با نمونه شاهد در طول مدت ماندگاری با تعیین سه شاخص L^* ، a^* و b^* مرتبط با نمونه تیمار شده و L_0^* ، a_0^* و b_0^* ابعاد رنگ مربوط به نان شاهد مطابق با معادله (۲) صورت پذیرفت. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد معین از پوسته نان تهیه گردید، بعد تصویر برداری، تصاویر در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای Lab در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه می‌شود. در ادامه برای اندازه‌گیری شاخص قهوه‌ای شدن^۱ (BI) که از واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی حاصل می‌شود با معادله (۲) و اندیس زردی^۲ (YI) با معادله (۳) و شاخص سفیدی^۳ (WI) پوسته نان نیمه حجیم RHFS طی معادله (۴) محاسبه گردید [۲۴].

معادله (۲) Delta

$$E^* = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2}$$

$$BI = \frac{100(x - 0.31)}{0.172}$$

$$x = \frac{(a^* + 1.75L^*)}{(5.645L^* + a^* - 3.012b^*)}$$

3- Whiteness index

1 -Browning index

2 -Yellowness Index

معادله (۳)

$$YI = \frac{142.86 * b}{L}$$

معادله (۴)

$$WI = \frac{100 - [(100 - L)^2 + a^2 + b^2]}{2}$$

۳-۱. ارزیابی خاصیت ضد قارچی سویه لاکتیکی تجاری (LA5) بعد از فعال سازی

بعد از فعال سازی پالیده کشت فعال سویه تجاری، به بررسی مهار رشد و پراکندگی قارچ پرداخته شد. نتایج نشان داد که در روز نخست و روز سوم گرمخانه گذاری در پلیت رشد میسلیوم قارچ (*Aspergillus niger*) بعنوان شاخص پراکندگی آلودگی در مواد غذایی مشاهده نشد اما با گذشت هفت روز، رشد *A. niger* و تراکم هیف های آن بر روی پلیت ها مشاهده گردید. در واقع گونه DVS تجاری *L. acidophilus* مورد نظر از رشد *A. niger* جلوگیری نمود، که در مقایسه با یک سویه لاکتیکی بومی (RHFS)، مقاومت کافی برای جلوگیری از رشد قارچ *A. niger* را داشت (شکل ۱-۱). در حقیقت خاصیت ضد قارچی گونه های لاکتیکی نه تنها به تولید اسیدهای آلی (اسید استیک و اسید لاکتیک) بلکه به دیپتیدهای حلقوی و ترکیبات فعال نظیر ۴-هیدروکسی فنیل پروپانوئیک اسید، فنیل پروپانوئیک اسید و فنیل لاکتیک اسید ارتباط خواهد داشت [۲۰ و ۲۶]. نتایج بررسی خاصیت ضد قارچی نمونه نان نیمه حجیم تولیدی با خمیرترش حاوی استارتر DVS حاصل از این پژوهش در مقایسه با نمونه کنترل (فاقد خمیرترش) مطابق با شکل (۱-۲) در طول مدت یک هفته کاملاً مشهود بود. در واقع تاثیر خاصیت ضد قارچی را می توان به واسطه تولید مجموعه ای از ترکیبات ضدقارچی نظیر اسیدهای آلی و متابولیت های ثانویه خارج سلولی تولیدی آن سویه نسبت داد.

۲-۹. ارزیابی پذیرش کلی نمونه نان نیمه حجیم محتوی RHFS در طول مدت ماندگاری در مقایسه با شاهد

برای ارزیابی حسی تعدادی پانلیست در بازه سنی ۲۵ تا ۴۵ سال از مرد و زن (دانشجویان و کارمندان دانشگاه)، بطور کاملاً تصادفی به بررسی خصوصیات نان های تولیدی در جهت تعیین میزان پذیرش کلی، رنگ پوسته، قابلیت جویدن، سفتی بافت، طعم، تخلخل و خاصیت ارتجاعی بر مبنای مقیاس ۵-۱ (کمترین و ۵ بالاترین امتیاز) پرداختند و در نهایت با اعمال ضریب ارزشیابی برای هر صفت، پذیرش کلی کیفیت نان نیمه حجیم محتوی RHFS در طول مدت ماندگاری ارزیابی گردید [۲۵].

۲-۱۰. آنالیز آماری

نتایج حاصل از این پژوهش بر اساس طرح آماری پایه کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل، در سه تکرار و با استفاده از نرم افزارهای SAS (نسخه ۹.۱) و Microsoft Office Excel (۲۰۱۳) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین ها نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی داری (LSD) در سطح ۹۵٪ انجام شد.

۳- نتایج و بحث

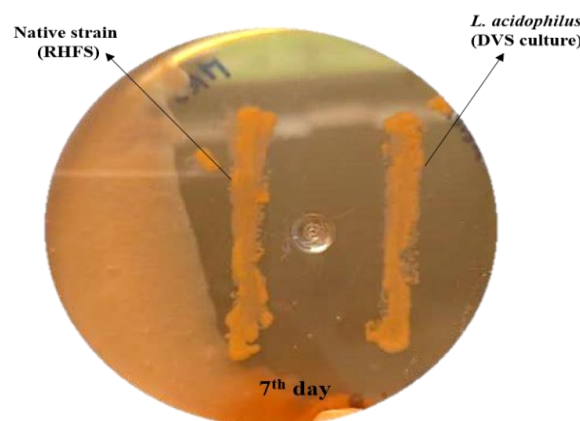


Fig 1 (A). Comparison of the antifungal properties of the DVS culture (LA5) with those of the native strain (after 7 days).**Fig 1 (B).** Antifungal properties of RHFS semi-bulk bread sample compared to the control sample.

رطوبت پوسته نان افزوده شد، در این میان نرخ افت رطوبت در نمونه نان نیمه حجیم محتوی RHFS به مراتب نسبت به نمونه نان شاهد آهسته‌تر نشان داد، که این اختلاف در سطح ۵ درصد بسیار نزدیک معنی دار بود. نمونه نان نیمه حجیم محتوی RHFS به دلیل دارا بودن مقادیر بالای فیبر، پروتئین و داشتن گروه‌های هیدروکسیل آزاد در ساختار خود و توانایی پیوند با مولکول‌های آب موجود در فرمولاسیون خمیر، قادر است میزان رطوبت محصول نهایی را در سیستم‌های مدل غذایی افزایش دهد [۲۸].

۳-۲. ارزیابی افت رطوبت پوسته و مغز نمونه‌های نان محتوی RHFS در طول مدت ماندگاری

انتقال حرارت عامل اصلی در تبخیر آب می‌باشد، بطورکلی جابجایی رطوبت از طریق تبخیر به سمت سطح خارجی نان تحت عملکرد انتقال جرم انجام می‌شود [۲۷]. نتایج حاصل از آنالیز واریانس تغییرات محتوی رطوبت پوسته و مغز نان نیمه حجیم محتوی RHFS در طول مدت (یک هفته) در مجاورت استارتر DVS در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد خمیرترش) در سطح ۵ درصد در جدول (۱) نشان داد. بر این اساس در طول مدت ماندگاری (۷ روز بعد از پخت) از مقادیر رطوبت مغز نان کاسته و بر میزان

Table 1. Evaluation of the moisture content* of crust and crust of SBB containing DVS culture during shelf life

	Shelf Life	SBB with RHFS	SBB without RHFS (Control)
Moisture content* (Crust bread) %			
1 day	21.113 ± 0.178 ^{bA}	20.018 ± 1.101 ^{cA}	
3 day	22.001 ± 0.052 ^{bA}	21.256 ± 0.114 ^{bB}	
7 day	25.068 ± 0.128 ^{aB}	29.089 ± 0.304 ^{aA}	
Moisture content* (Crumb bread) %			
1 day	38.235 ± 0.205 ^{aA}	37.590 ± 0.213 ^{aA}	
3 day	36.174 ± 0.226 ^{bA}	32.110 ± 0.840 ^{bB}	
7 day	32.006 ± 0.301 ^{cA}	29.816 ± 0.087 ^{cB}	

Results expressed as mean values of triplicates ± standard deviation

a-d Different superscript letters in the same column between samples denote significant differences ($P < 0.05$)A-B-C Different superscript letters in the same row between samples denote significant differences ($P < 0.05$)

پدیده سفت شدن ساختار بافت نان (Hardness) عمدتاً می‌تواند تحت تاثیر دو پارامتر باشد، نخست؛ سفتی که ناشی از انتقال رطوبت از مغز به پوسته و دوم؛ سفت

۳-۳. ارزیابی ویژگی‌های بافت نمونه نان نیمه حجیم محتوی RHFS در طول مدت ماندگاری

سفتی بافت نان در سطح ۵ درصد نیز نشان داد که در شرایط اعمال شده در این پژوهش، زمان ماندگاری تاثیر معنی داری بر میزان تغییرات سفتی بافت نان نیمه حجیم خصوصاً در نان محتوی RHFS داشتند، زیرا حضور ترکیبات فیبری و عناصری با داشتن گروه های هیدروکسیل آزاد باعث استحکام شبکه گلوتهی می گردد که با جذب آب از هدر رفتن رطوبت در طی پخت جلوگیری می کند همچنین توانایی واکنش با مولکول های نشاسته را داشته در نتیجه فرآیند رتروگراداسیون را در محصول نهایی به تعویق می اندازند و از بیاتی جلوگیری می کنند [۳۰].

شدن ذاتی مواد سلول که به کریستالیزاسیون مجدد نشاسته بر می گردد [۲۹]. نتایج حاصل از اندازه گیری سفتی بافت مغز نان نیمه حجیم محتوی RHFS در طی دوره نگهداری هفت روزه در جدول (۲) نشان داده شد. نتایج نشان داد نیروی لازم برای فشردن نان نیمه حجیم با گذشت زمان در نمونه های نان افزایش یافت. کمترین مقدار سفتی بافت نان در نمونه نان نیمه حجیم فرآوری شده با محتوی RHFS روز نخست در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان سفتی بافت در نمونه فرآوری شده حاصل از روز هفتم پس از پخت در نمونه شاهد مشاهده گردید. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین تغییرات

Table 2. Evaluation of Hardness of SBB samples during shelf-life in comparison to the control sample.

Table 2. Evaluation of Hardness of SBB samples during shelf life in comparison to the control sample.			
	Shelf Life	SBB with RHFS	SBB without RHFS (Control)
	Hardness* (Crust bread) %		
	1 day	6.624 ± 0.233 ^{Bc}	9.156 ± 0.081 ^{Ac}
3 day		11.490 ± 0.342 ^{Bb}	13.801 ± 1.069 ^{Ab}
7 day		17.006 ± 0.482 ^{Ba}	21.055 ± 0.371 ^{Aa}

Results expressed as mean values of triplicates ± standard deviation

در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده شد. همچنین کمترین میزان پیوستگی در نمونه فرآوری شده حاصل از ۷ روز پس از پخت در نمونه شاهد مشاهده گردید (شکل ۲). علاوه بر این، در طول مدت ماندگاری تغییرات ناچیزی در کاهش پیوستگی بدلیل شکستگی ساختار درونی و عدم حفظ آب آزاد در ساختار سلول های نان بوجود خواهد آمد [۳۲].

پیوستگی و به دور از هم گسستگی در ساختار نان اتباط تنگاتنگی با بیاتی نان دارد. نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد پیوستگی نمونه نان نیمه حجیم فرآوری شده با محتوی RHFS با گذشت زمان کاهش یافت، نتایج این پژوهش با مطابقت با اهداف پژوهشی فیتزگرالد و همکاران [۳۱] داشت. بر این اساس، بیشترین مقدار پیوستگی در نمونه نان فرآوری شده حاصل از (RHFS) در روز نخست

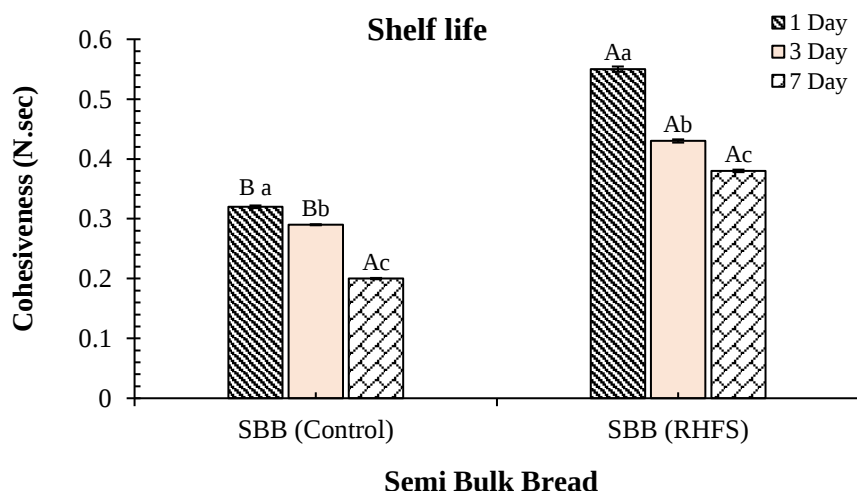


Fig 2. Evaluation of cohesiveness of SBB samples during shelf-life in comparison to the control sample.

Results expressed as mean values of triplicates ± standard deviation

نگهداری و توسعه تغییرات فیزیکیوشیمیایی در ساختمان شبکه پروتئین محصولات غله‌ای با مقادیر بالای سلیس و فیبر، تخلخل روند نزولی خواهد داشت زیرا سبب برهم ریختن شبکه نشاسته-گلوتن می‌شود [۳۴]. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین تغییرات تخلخل مغز نان نیمه حجیم در سطح ۵ درصد نشان داد که افزایش زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بر میزان تخلخل بافت نان نیمه حجیم محتوی خمیرترش RHFS با استاترتر تجاری در طی یک هفته نگهداری پس از پخت در مقایسه با نمونه شاهد داشتند. در این میان کمترین مقادیر تخلخل مربوط به نمونه شاهد بعد از ۷ روز نگهداری بود (جدول ۲). در حقیقت، بافت نان طی گذشت زمان به دلیل از دست دادن رطوبت، فشرده و شکننده شده و تخلخل موجود در بافت نان مقاومت کافی جهت نگهداری گاز دی‌اکسید کربن در شبکه گلوته را نداشته و گاز در نان به طور مناسب توزیع نمی‌گردد و این ناهماهنگی در کاهش اندازه حفرات موجود در بافت نان موثر خواهد بود.

۳-۴. ارزیابی بررسی حجم مخصوص و تخلخل نان نیمه حجیم محتوی RHFS در طول مدت ماندگاری

یکی از آیتم‌های کنترل شاخص بیاتی بررسی حجم مخصوص است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که حضور خمیرترش محتوی RHFS در ساختار نان نیمه حجیم سبب بهبود جزئی و همچنین تغییرات افزایش حجم مخصوص محسوس در نان نیمه حجیم می‌گردد. در واقع، با افزایش زمان انبارمانی در طول یک هفته، حجم مخصوص نان‌های تولیدی به طور معنی‌داری ($P \leq 0.05$) کاهش یافت در حالیکه همواره از نمونه شاهد بیشتر بود (جدول ۳). در حقیقت احتمالاً دلیل این پارامتر در اثر ژلاتیناسیون نشاسته، ویسکوزیته خمیر روند صعودی داشته و اتساع‌پذیری آن کاهش می‌یابد. در نتیجه فشار گاز موجود در سلول‌ها زیاد شده و دیواره‌های سلولی تخریب می‌کند. علاوه بر این قدرت بالای جذب آب ترکیبات سلیسی در پوسته شلتوک و کاهش فعالیت آبی آزاد در نهایت منجر به بهبود و افزایش حجم مخصوص نان می‌گردد [۳۳]. با افزایش زمان

Table 3. Evaluation of the specific volume and porosity sourdough SBB containing DVS culture during shelf life

Shelf Life	SBB with RHFS	SBB without RHFS (Control)
Specific volume (cm ³ /gr)		
1 day	2.553 ± 0.171 ^{aA}	2.424 ± 0.153 ^{aA}
3 day	2.167 ± 0.021 ^{bA}	1.829 ± 0.014 ^{bB}
7 day	1.880 ± 0.066 ^{cA}	1.361 ± 0.030 ^{cB}
Porosity (%)		
1 day	21.836 ± 1.052 ^{aA}	19.959 ± 1.290 ^{aA}
3 day	18.921 ± 1.138 ^{bA}	16.143 ± 0.803 ^{bB}
7 day	15.134 ± 0.042 ^{cA}	13.225 ± 0.609 ^{cB}

Results expressed as mean values of triplicates ± standard deviation

a-d Different superscript letters in the same column between samples denote significant differences ($P < 0.05$)

A-B Different superscript letters in the same row between samples denote significant differences ($P < 0.05$).

منجر به تولید ترکیبات فعال مختلفی در فرایند قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی در طی پخت گردد. در واقع در اثر پخت نان تغییراتی در رنگ پوسته نان اتفاق می‌افتد که این تغییرات مربوط به انجام واکنش‌های میلارد و برهم‌کنش‌های میان قندهای احیاء کننده و گروه آمینی پروتئین‌ها (واکنش کاراملیزه شدن) و برهم‌کنش میان قندها بوده که نتیجه چنین واکنش‌هایی ایجاد رنگ قهوه‌ای-طلایی در پوسته نان

۳-۵. ارزیابی شاخص‌های رنگی مشتق شده پوسته نان

نیمه حجیم محتوی RHFS در طول مدت ماندگاری

اختلاف شاخص‌های رنگی بوجود آمده در پوسته نمونه‌های نان نیمه حجیم بی شک متاثر از تخمیر میکروارگانیسم‌ها، استفاده از آرد مختلف و فرایندهای تخمیر در حضور برخی افزودنی‌ها متفاوت بوده که می‌تواند

پوسته نان مقادیر به مراتب کمتری در مقایسه با نمونه شاهد از خود نشان دادند که شاید علت را بتوان به عدم حضور خمیرترش و نداشتن تخمیر کامل در آن نسبت داد. اسکالن و زاغل [۳۶] به بررسی حضور آنزیم پروتئاز و افزایش نسبی اسیدهای آمینه نتیجه پروتئولیز در خمیرنان پرداختند، که در واقع حضور این ترکیبات سبب تشدید واکنش قهوه ای شدن غیر آنزیمی در سطح پوسته نان شد.

می گردد [۳۵]. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین برابند خصوصیات رنگ-سنگی پوسته نانهای نیمه حجیم خمیرترشی در مقایسه با نمونه شاهد در طول مدت ماندگاری اختلاف معنی داری ($P \leq 0.05$) مشاهده گردید. علاوه بر این تاثیر زمان ماندگاری روند نزولی در مقادیر شاخص قهوه ای شدن داشت، در حالیکه در شاخص زردی این روند کاملاً معکوس بود و اختلاف معنی داری در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده گردید (جدول ۳). اندیس سفیدی

Table 3. Evaluation of the Delta E*, BI, YI and WI of crust SBB containing DVS culture during shelf life

Shelf Life	Semi-bulk bread (RHFS)	Semi-bulk bread (Control)
Delta E* index		
1 day	5.828 ± 0.762^c	-
3 day	10.996 ± 0.931^b	-
7 day	13.415 ± 1.018^a	-
Browning index (BI)		
1 day	37.203 ± 1.184^{aA}	35.640 ± 1.081^{aA}
3 day	24.308 ± 1.160^{bA}	21.201 ± 2.066^{bA}
7 day	19.802 ± 1.259^{cA}	15.377 ± 1.102^{cB}
Yellow index (YI)		
1 day	58.060 ± 2.189^{cA}	36.020 ± 1.134^{cB}
3 day	68.355 ± 1.052^{bA}	52.616 ± 2.542^{bB}
7 day	78.825 ± 3.214^{aA}	72.978 ± 1.083^{aA}
White index (WI)		
1 day	10.070 ± 1.231^{cA}	7.133 ± 2.018^{cA}
3 day	26.169 ± 2.642^{bB}	42.608 ± 3.021^{bA}
7 day	36.300 ± 1.515^{aB}	59.410 ± 1.033^{aA}

Results expressed as mean values of triplicates $\pm$ standard deviation

a-d Different superscript letters in the same column between samples denote significant differences ($P < 0.05$)

A-B-C Different superscript letters in the same row between samples denote significant differences ($P < 0.05$).

نهایی نان نیمه حجیم داشتند. میزان پذیرش نهایی نمونه های تولیدی با افزایش مدت ماندگاری کاهش یافت. در نمونه نان تیمار شده به مراتب پذیرش کلی بالاتری در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده گردید. کاتینا و همکاران [۳۷] گزارش کردند که شدت طعم تازگی و تیزی، طعم کلی و پس طعم ما بین تیمارهای حاوی خمیرترش و نان شاهد معنی دار بود، همچنین درجه برشته پوسته نان با خمیرترش های حاوی تنها یک آغازگر افزایش بیشتری دارد. بکارگیری خمیرترش در تهیه نان به میزان محدود پروتئولیز را کاهش داده و سبب جلوگیری در تجزیه بیشتر گلو تن

۳-۶. پذیرش کلی نمونه نان نیمه حجیم RHFS در طول مدت ماندگاری

پذیرش کلی نشان دهنده پذیرش مجموع خواص حسی نان است، بر این اساس روند پذیرش نهایی خصوصیات حسی نانهای نیمه حجیم حاصل از خمیرترش آرد پوسته خارجی برنج به عنوان تابعی از حضور خمیرترش در طول مدت ماندگاری و شرایط تخمیر کنترل شده در شکل (۳) نشان داده شد. براساس نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری، سطوح مختلف در طول مدت ماندگاری اختلاف معنی داری ($P \leq 0.05$) بر میزان پذیرش

گردیده و سبب رهاسازی مناسب و کافی اسیدآمینه برای پیش‌سازهای طعمی می‌گردد [۳۸].

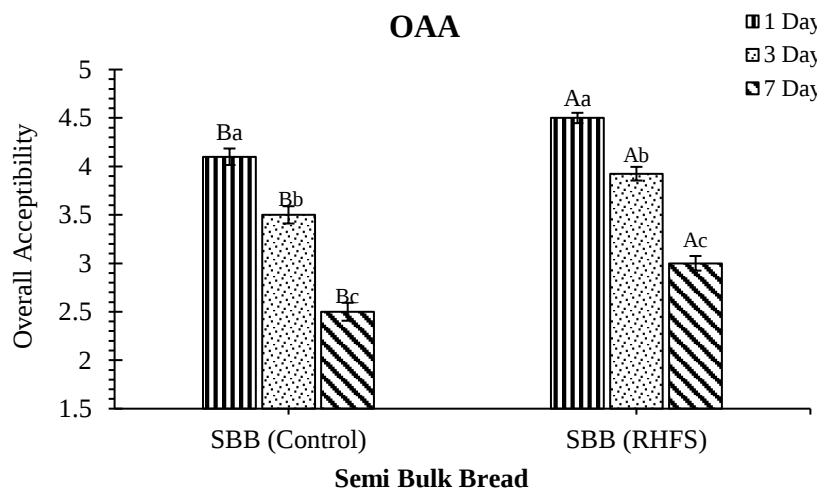


Fig 3. Evaluation of OAA of sourdough SBB samples during shelf-life in comparison to the control sample.

Results expressed as mean values of triplicates $\pm$ standard deviation

معنی‌داری را نشان دادند. در نهایت در بررسی نرخ بیاتی، ژلاتینه شدن و واگستگی نمونه نان نیمه حجیم تیمار شده با خمیرترش در مقایسه با نمونه شاهد روند مطلوبتری داشت، که میتوان از این پژوهش برای تولید محصول در حجم نیمه صنعتی و صنعتی بهره برد.

۵- تشکر و قدردانی

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه گیلان که هزینه‌های اجرای این پژوهش را در قالب طرح پژوهشی جایگزین گروت گروه صنایع غذایی با شماره نامه تصویب (۹۷۴۲۱/ک) مربوط به تاریخ (۱۴۰۲/۰۸/۰۲) تامین نمودند، تشکر می‌شود. همچنین از آقای دکتر امیر پورفرزاد برای هماهنگی جهت تهیه آرد شلتوک برنج از شرکت گیلتاز (لنگرود) و سرکار خانم مهندس رحمانی کارشناس بخش میکروبی آزمایشگاه تخصصی ویرومد رشت، قدردانی می‌گردد.

۶- منابع

[1] Qian, M., Liu, D., Zhang, X., Yin, Z., Ismail, B. B., Ye, X., & Guo, M. (2021). A review of active packaging in bakery products: Applications and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 459–471.

۴- نتیجه‌گیری
کنترل نقطه بهینه با هدف تولید و افزایش ماندگاری فرآورده‌های تخمیری از طریق بهبود ویژگی‌هایی همچون طعم، خواص بافتی، تغذیه‌ای و به تأخیر انداختن بیاتی و فساد میکروبی برای محصولات فراسودمند و فرآورده‌های غنی از ترکیبات رژیمی و سرشار از املاح معدنی همچون نان بعنوان قوت قالب کشور در طول مدت ماندگاری امری بنظر ضروری و بعنوان رویکرد جدید محققین صنعت غذا به حساب می‌رود. بر این اساس، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، تاثیر هدایت تخمیر خمیرترش در طول مدت ماندگاری سبب بهبود خصوصیات حسی و ضد قارچی شد و همچنین آنالیز واریانس و مقایسه میانگین تمام آزمون‌های کیفی و تکنیکی-عملکردی نمونه‌های نان محتوی خمیرترش شلتوک برنج در طول مدت ماندگاری در مقایسه با نمونه شاهد در سطح ۵ درصد اختلاف

[2] Abedfar, A., Hosseini-zhad, M., Sadeghi, A., Raeisi, M., & Feizy, J. (2018). Investigation on "spontaneous fermentation" and the productivity of microbial exopolysaccharides by *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus pentosaceus* isolated from wheat bran sourdough. *LWT*, 96, 686-693.

- [3] Amr, A. S., & Alkhamaiseh, A. M. (2022). Sourdough use in bread production. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 18(2), 81-98.
- [4] Zharkova, I. M., Roslyakov, Y. F., & Ivanchikov, D. S. (2023). Sourdoughs of Spontaneous (Natural) Fermentation in Modern Bakery Production. *J. Food Process*, 53(3), 525-544.
- [5] Islam, M. A., & Islam, S. (2024). Sourdough bread quality: Facts and Factors. *Foods*, 13(13), 2132.
- [6] Poutanen, K., Flander, L., & Katina, K. (2009). Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food microbiology*, 26(7), 693-699.
- [7] Fernández-Peláez, J., Paesani, C., & Gómez, M. (2020). Sourdough technology as a tool for the development of healthier grain-based products: An update. *Agronomy*, 10(12), 1962.
- [8] Espinales, C., Cuesta, A., Tapia, J., Palacios-Ponce, S., Peñas, E., Martínez-Villaluenga, C., & Cáceres, P. J. (2022). The effect of stabilized rice bran addition on physicochemical, sensory, and techno-functional properties of bread. *Foods*, 11(21), 3328.
- [9] Dong, Y., & Karboune, S. (2021). A review of bread qualities and current strategies for bread bioprotection: Flavor, sensory, rheological, and textural attributes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1937-1981.
- [10] Abedfar, A. (2024). Investigating the antimicrobial activity (anti-fungal and antibacterial) and the effect of sourdough of two dominant strains of lactic acid bacteria in rice husk flour on the amount of phytic acid in semi bulk bread. *Journal of food industry engineering research*, 24 (76), 115-128.
- [11] Abedfar, A., Hosseini-zhad, M., Sadeghi, A., & Abbaszadeh, F. (2019). Optimization of controlled fermentation in rice bran sourdough and evaluation of quality characteristics of pan bread by using Response Surface Method. *Journal of New Food Technologies*, 6(3), 379-397.
- [12] Sadeghi, A., Ebrahimi, M., Mortazavi, S. A., & Abedfar, A. (2019). Application of the selected antifungal LAB isolate as a protective starter culture in pan whole-wheat sourdough bread. *Food Control*, 95, 298-307.
- [13] Manini, F., Brasca, M., Plumed-Ferrer, C., Morandi, S., Erba, D., & Casiraghi, M. C. (2014). Study of the chemical changes and evolution of microbiota during sourdoughlike fermentation of wheat bran. *Cereal chemistry*, 91(4), 342-349.
- [14] Ilowefah, M., Chinma, C., Bakar, J., Ghazali, H. M., Muhammad, K., & Makeri, M. (2014). Fermented brown rice flour as functional food ingredient. *Foods*, 3(1), 149-159.
- [15] Katina, K., Juvonen, R., Laitila, A., Flander, L., Nordlund, E., Kariluoto, S. & Poutanen, K. (2012). Fermented wheat bran as a functional ingredient in baking. *Cereal chemistry*, 89(2), 126-134.
- [16] AACC (2010). Moisture 44-19, protein 46-10, wet gluten 38-12, and ash 08-01 methods. In. St. Paul, MN, USA: American association of cereal chemists 357 (AACC) international.
- [17] Mauch, A., Dal Bello, F., Coffey, A., & Arendt, E. K. (2010). The use of *Lactobacillus brevis* PS1 to in vitro inhibit the outgrowth of *Fusarium culmorum* and other common *Fusarium* species found on barley. *International Journal of Food Microbiology*, 141(1-2), 116-121.
- [18] Abedfar, A., Hosseini-zhad, M., & Rafe, A. (2020). Effect of microbial exopolysaccharide on wheat bran sourdough: Rheological, thermal and microstructural characteristics. *International journal of biological macromolecules*, 154, 371-379.
- [19] Meignen, B., Onno, B., Gélinas, P., Infantes, M., Guilois, S., & Cahagnier, B. (2001). Optimization of sourdough fermentation with *Lactobacillus brevis* and baker's yeast. *Food microbiology*, 18(3), 239-245.
- [20] Mazidi, S., Eskandari, M. H., Niakosari, M., Mostowfizadeh-Ghalemfarsa, R., & Fazaeli, M. (2024). Physicochemical Properties and Microbial Storage Stability of Tiri Traditional Iranian Flat Bread. *International Journal of Nutrition Sciences*.
- [21] Terrazas-Avila, P., Palma-Rodríguez, H. M., Navarro-Cortez, R. O., Hernández-Urbe, J. P., Piloni-Martini, J., & Vargas-Torres, A. (2024). The effects of fermentation time on sourdough bread: An analysis of texture profile, starch digestion rate, and protein hydrolysis rate. *Journal of Texture Studies*, 55(2), 12831.
- [22] Xu, X., Yang, Q., Luo, Z., & Xiao, Z. (2022). Effects of sourdough fermentation and an innovative compound improver on the baking performance, nutritional quality, and antistaling property of whole wheat bread. *ACS Food Science & Technology*, 2(5), 825-835.
- [23] Verdonck, C., De Bondt, Y., Pradal, I., Bautil, A., Langenaeken, N. A., Brijs, K., & Courtin, C. M. (2023). Impact of process parameters on the specific volume of wholemeal wheat bread made using sourdough-and baker's yeast-based leavening strategies. *International Journal of Food Microbiology*, 396, 110193.
- [24] Srisuk, N., & Jirasatid, S. (2023). Development of Instant Pumpkin-Fingerroot Drink Powder and Its Shelf Life Modeling. *Life Sciences and Environment Journal*, 24(1), 161-182.
- [25] Abedfar, A., & Sadeghi, A. (2019). Response surface methodology for investigating the

- effects of sourdough fermentation conditions on Iranian cup bread properties. *Heliyon*, 5(10).
- [26] Alkay, Z., Kılmanoğlu, H., & Durak, M. Z. (2020). Prevention of sourdough bread mould spoilage by antifungal lactic acid bacteria fermentation. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 379-388.
- [27] Zhang, L., Lucas, T., Doursat, C., Flick, D., & Wagner, M. (2007). Effects of crust constraints on bread expansion and CO₂ release. *Journal of Food Engineering*, 80(4), 1302-1311.
- [28] Naghipour, F., Sahraian, B., Soleimani, M., & Sedaghat, N. (2015). Effect of Temperature, Relative Humidity and Packaging Film on Maintaining the Quality and Increasing the Shelf-life of Sorghum Gluten-free Bread. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 10(1), 61-70.
- [29] Maleki, G., Milani, J. M., & Amiri, Z. (2012). Effect of different hydrocolloids on staling of barbari bread. *Advace Food Science*, 34, 36-42.
- [30] 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 chemistry*, 104(2), 686-692.
- [31] Fitzgerald, C., Gallagher, E., Doran, L., Auty, M., Prieto, J., & Hayes, M. (2014). Increasing the health benefits of bread: Assessment of the physical and sensory qualities of bread formulated using a renin inhibitory *Palmaria palmata* protein hydrolysate. *LWT-Food Science and Technology*, 56(2), 398-405.
- [32] Gambuś, H., Gibiński, M., Pastuszka, D., Mickowska, B., Ziobro, R., & Witkowicz, R. (2011). The application of residual oats flour in bread production in order to improve its quality and biological value of protein. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 10(3), 317-325.
- [33] Galle, S., Schwab, C., Dal Bello, F., Coffey, A., Gänzle, M. G., & Arendt, E. K. (2012). Influence of in-situ synthesized exopolysaccharides on the quality of gluten-free sorghum sourdough bread. *International journal of food microbiology*, 155(3), 105-112.
- [34] Huang, H., Lin, P., & Zhou, W. (2007). Moisture transport and diffusive instability during bread baking. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 68(1), 222-238.
- [35] de Conto, L. C., Oliveira, R. S. P., Martin, L. G. P., Chang, Y. K., & Steel, C. J. (2012). Effects of the addition of microencapsulated omega-3 and rosemary extract on the technological and sensory quality of white pan bread. *LWT-Food Science and Technology*, 45(1), 103-109.
- [36] Scanlon, M. G., & Zghal, M. C. (2001). Bread properties and crumb structure. *Food research international*, 34(10), 841-864.
- [37] Katina, K., Heiniö, R. L., Autio, K., & Poutanen, K. (2006). Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 39(10), 1189-1202.
- [38] Gänzle, M. G., Loponen, J., & Gobetti, M. (2008). Proteolysis in sourdough fermentations: mechanisms and potential for improved bread quality. *Trends in food science & technology*, 19(10), 513-521.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Evaluation of the technical-functional, antifungal and sensory properties of semi-bulk bread with rice husk flour sourdough in the presence of commercial starter *L. acidophilus* (LA5) during shelf-life

Abbas Abedfar^{*1}, Alireza Mehregan Nikoo¹

1. Department of Food Science & Technology, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2024/10/19 Accepted:2024/1/6 Keywords: Rice husk Flour sourdough (RHFS), <i>L. acidophilus</i> DVS culture, Antifungal properties, Technical & functional properties. DOI: 10.22034/FSCT.22.161.151. *Corresponding Author E- a.abedfar@guilan.ac.ir	With increasing consumer knowledge, the production of healthy foods without unnatural preservatives has had a significant impact on the development of functional and strategic foods. In this study, by using a commercial DVS starter (LA5) and determining the optimal fermentation control point with a potential capability appropriate to the fitted models, with an accuracy and reliability coefficient of 78%, the technical-functional, antifungal and sensory properties of semi-loaf bread produced during a 7-day shelf life were evaluated. ANOVA and comparison of the means of all qualitative and technical-functional tests of bread samples containing rice husk flour sourdough (RHFS) showed a significant difference in shelf life compared to the control sample at the 5% level ($P < 0.05$). The decrease in water activity and cross-linking in the RHFS bread sample compared to the control sample during shelf-life resulted in a decrease in moisture loss (4% and 10% respectively) and a slower release of moisture content in the core and crust compared to the control. Two quality indicators, specific volume and porosity showed a decreasing trend over the shelf life and the TCD color indices, BI index, YI and WI and anti-fungal properties were significantly different from the control sample. Compared to the control sample, the texture characteristics as the staling index during shelf life showed a more favorable trend. Finally, the effect of controlling RHFS fermentation during shelf-life improved the gelatinization and spreadability, sensory and anti-fungal properties of the bread sample.



تهیه کوفته و گوشت چرخ کرده از ماهی سیم سد ارس (*Abramis barama*) و ارزیابی کیفیت و زمان ماندگاری آن ها در انجماد

مینا سیف زاده^{۱*}، انوشه کوچکیان صبور^۱، یزدان مرادی^۲

۱ - مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، پژوهشگاه آبی پروری آب های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، انزلی، ایران

۲ - موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۸/۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۷

کلمات کلیدی:

آنتی اکسیدان،

فرآورده های خمیری،

ماهیان ارزان قیمت،

محصولات با ارزش افزوده،

ویژگی های حسی.

ماهی سیم سد ارس به دلایلی مانند جثه کوچک، بوی نامطبوع و استخوان فراوان به شکل تازه خوری مصرف چندانی ندارد. ماهی سیم بیش از ۱۰۰۰ تن از صید سالانه را در سد ارس به خود اختصاص می دهد، که به دلیل حجم بالای صید در زمان کوتاه و نگهداری و انتقال نامناسب حدود ۹۰ درصد از این ماهیان برای تولید پودر ماهی به کار می رود، بنابراین مطالعه حاضر با هدف تولید گوشت چرخ کرده و کوفته از این ماهیان، ارزیابی کیفیت شیمیایی، میکروبی و حسی و زمان ماندگاری آن ها در دمای انجماد انجام شد. تیمارها شامل گوشت چرخ کرده و کوفته بودند (۲ تیمار). برای عمل آوری گوشت چرخ کرده آنتی اکسیدان BHT ۰/۲ درصد به کار رفت. تیمارها شش ماه در ۱۸ °C - نگهداری گردیدند. در نمونه ها سالمونلا، سودوموناس، کلی فرم، اشریشیاکلی و کپک و مخمر مشاهده نشدند. در گوشت چرخ کرده و کوفته (TVB-N (۱۴/۲۵ - ۱۳/۵۳ mg/100g، pH (۶/۹۲ - ۶/۸۹)، پراکسید (۱/۳۹ - ۱/۲۹ meq/kg lipid)، TBARS (۱/۸۹ - ۱/۶۷ mg MDA/kg) و تعداد کلی باکتری ها (۱/۵۳ - ۱/۷۵ logCFU/g) در پایان زمان نگهداری قابل پذیرش بودند. در این تیمارها استافیلوکوکوس بعد از دو ماه نگهداری مشاهده نشد. در تیمارهای کوفته و گوشت چرخ کرده ویژگی های حسی شامل بافت (۳/۷۲ - ۳/۲۴)، بو (۴/۱۰ - ۳/۵۲)، رنگ (۳/۶۸ - ۳/۱۵)، طعم و مزه (۳/۸۰ - ۳/۴۲) و پذیرش کلی (۳/۹۰ - ۳/۳۹) از کیفیت مطلوبی برخوردار بودند. در تیمارهای کوفته و گوشت چرخ کرده رطوبت (۷۳/۲۶ - ۶۹/۱۲ درصد)، پروتئین (۱۹/۱۲ - ۱۷/۲۴ درصد)، چربی (۴/۸۵ - ۴/۷۱ درصد) و خاکستر (۱/۵۲ - ۱/۰۱ درصد) بودند. با توجه به این که ارزش غذایی در تیمارهای مورد بررسی از میزان بالایی برخوردار بودند، و در پایان زمان نگهداری ویژگی های شیمیایی، میکروبی و حسی قابل پذیرش تعیین گردیدند، بنابراین تهیه کوفته و گوشت چرخ کرده از ماهی سیم به صنعت غذایی پیشنهاد می شود.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.165.

* مسئول مکاتبات:

m_seifzadeh_ld@yahoo.com

۱- مقدمه

ماهی و محصولات ماهی به عنوان منبع خوبی از پروتئین و ریزمغذی‌ها مانند اسیدهای چرب، مواد معدنی، اسیدهای آمینه و ویتامین شناخته می‌شوند. فرآوری ماهی در ایران از تنوع برخوردار نبوده و رایج‌ترین شکل صنعت فرآوری در کشور تولید کنسرو، برگر، فینگر، سوسیس و فیله پاک شده در بسته‌بندی‌های وکیوم و معمولی است. اما با توجه به ذخایر آبزیان، قیمت پایین و ارزش غذایی بالا تولید محصولات با ارزش افزوده از آن‌ها مانند فیش بال از جایگاه مناسبی برخوردار می‌باشد [۱]. فیش‌بال‌ها محصولات خمیری هستند که از گوشت چرخ‌کرده، خمیر یا سوریمی ماهی به همراه آرد و ادویه‌ها تهیه می‌گردند، که پس از تولید به روش‌های مختلف مانند آب‌پز یا سرخ کردن پخته می‌شوند. مطالعات متعددی در مورد تولید و ثبات کیفیت محصولات خمیری فست فود شیلاتی از جمله کیک، کراکر، کوفته و برگر از گونه‌های ماهی دریایی انجام شد، اما در این مورد اطلاعات کمی مربوط به گونه‌های آب شیرین گرم آبی در دسترس است. ماهیان آب شیرین منابع بسیار مطلوبی از پروتئین با کیفیت بالا هستند زیرا از نظر اسیدهای آمینه ضروری متعادل هستند و قابلیت هضم بالایی دارند [۲]. پتانسیل زیادی در ماهیان آب شیرین وجود دارد که می‌تواند با موفقیت در صنعت محصولات خمیری و فرآورده‌های مبتنی بر آن شامل کوفته، برگر، فیش فینگر، استیک و سایر محصولات استفاده شود. به طور سنتی، گونه‌های ماهیان آب شیرین و دریایی برای ساخت کوفته ماهی استفاده می‌شوند. کوفته ماهی ماده غذایی بسیار محبوب و خوشمزه در صنعت فست فود شیلاتی است. توپک ماهی محصولات محبوب بر پایه گوشت چرخ کرده ماهی در منطقه جنوب شرقی آسیا به ویژه در تایلند، سنگاپور شرق و جنوب شرق آسیا، اروپا (به ویژه شمال اروپا) و برخی از کشورهای ساحلی غرب آفریقا است. کوفته‌های ماهی با کیفیت خوب به رنگ سفید، بدون بو و بافت نرم اما الاستیک می‌باشند. در آسیا آن‌ها را به عنوان میان وعده مصرف کرده یا به سوپ‌ها و غذاهای گرم اضافه می‌کنند. آن‌ها معمولاً به غذاهای چینی نسبت داده می‌شوند [۳].

در سال‌های اخیر، از آنجایی که افزایش شهرنشینی و جمعیت زنان شاغل رخ داده است، ترجیح مصرف‌کنندگان به طور قابل توجهی به سمت غذاهای آماده مصرف از جمله

کوفته ماهی معطوف شده است. افراد شاغل به همراه نسل جدید دانشجویان و جوانان اکنون بیشتر به غذاهای راحت وابسته هستند. در نتیجه طی سال‌های اخیر مراکز متعددی برای عرضه غذاهای آماده مصرف در مناطق مختلفی افتتاح شده است، که با توجه به سادگی و راحتی تکنولوژی تولید کوفته ماهی و این که به ماشین‌آلات پیچیده نیاز ندارد، می‌توان این محصول را در مراکز عرضه فست فود و غذاهای آماده مصرف ارائه کرد [۴].

خال‌مخالی (*Scomber scombrus*)، تیلپیا (*Tilapia mariae*)، *Lutjanus griseus*، snapper (*Epinephelus*)، grouper و ماهی شیر (*Scomberomorus commerson*) ماهیانی هستند، که برای تهیه کوفته استفاده می‌شوند [۵]. ماهی سیم از خانواده کپور ماهیان *Cyprinidae* و جنس *Abramis* می‌باشد. این ماهی در تالاب انزلی و رودخانه‌های منتهی به آن، رودخانه سفیدرود، مصب رودخانه ولگا، اورال، کورا و دریاچه سد ارس زندگی می‌کند [۶]. ماهی سیم در وزن بالای ۱ کیلوگرم ارزش اقتصادی داشته و توسط مصرف‌کنندگان مورد استقبال قرار می‌گیرد. ماهی سیم ارس به دلیل بوی گوشت آن که ناشی از محیط زیست و تغذیه می‌باشد و همچنین دارا بودن استخوان‌های زیاد در بازار مورد استقبال واقع نشده و نرخ بسیار پائینی به آن اختصاص یافته است. اما با توجه به رشد خوبی که دارد، یکی از ماهیان با ارزش اقتصادی پائین به شمار می‌رود. این ماهی به دلیل گوشت نرم و استفاده گسترده در آبی‌پروری، ماده اولیه برای تهیه محصولات خمیری مانند کوفته است. تا کنون تولید فرآورده‌هایی مانند برگر، فینگر، سوریمی و پودر پروتئینی از ماهی سیم مورد بررسی قرار گرفته است [۷ و ۸]. در حال حاضر فرآورده‌های شور و دودی محصولات این ماهی را تشکیل می‌دهند. علاوه بر این اندازه‌های ریز این ماهی برای تولید

پودر ماهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین مطالعه حاضر با اهداف تهیه گوشت چرخ کرده و کوفته از ماهی سیم سد ارس، ارزیابی و مقایسه کیفیت میکروبی، شیمیایی و حسی و تعیین زمان ماندگاری آن‌ها انجام پذیرفت.

۲- روش کار

ماهی سیم در وزن ۸۰۰-۵۰۰ گرم صید شده و به صورت تازه با استفاده از یخ به نسبت ۲ برابر وزن ماهی پوشانده شده و به خط تولید کارخانه فرآوری آبزیان انتقال یافت. سپس شستشو شده و پس از زدودن سر و دم و فیله کردن و شستشوی دوباره با استفاده از دستگاه Deboner گوشت-گیری گردید. سپس گوشت ماهی وارد دستگاه هم‌زن شده و به آن مواد افزودنی شامل پلی فسفات ۰/۳ درصد، سوریتول ۱ درصد، آنتی‌اکسیدان بوتیلن هیدروکسی تولوئن (BHT) ۰/۲ درصد و نمک ۰/۳ درصد اضافه گردید. گوشت با استفاده از پلاستیک‌های پلی اتیلن در مقادیر ۲۵۰ گرمی بسته‌بندی گردید [۹ و ۱۰].

مراحل عمل‌آوری برای تهیه کوفته ماهی شامل شستشو، گوشت‌گیری، آبکشی، آبگیری، قالب‌گیری، بسته‌بندی و انجماد است. برای تهیه کوفته ماهی ۵۰ کیلوگرم گوشت چرخ کرده در نظر گرفته شد. سپس مواد پرکننده مانند نشاسته سیب زمینی ۱۰ درصد، نمک ۲-۱/۵ درصد، روغن مایع ۱ درصد، مخلوط ادویه‌جات (به نسبت برابر از دارچین، فلفل، میخک، خردل) ۲-۱ درصد، پودر سیر ۱ درصد، پودر پیاز ۵ درصد، یخ ۱۰ درصد، مونوسدیم گلوتامات ۱ درصد و سوریتول ۱ درصد به آن افزوده شد. گوشت و سایر مواد در دستگاه میکسر به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط گردیدند، به-طوری‌که دمای مخلوط آماده شده در کمتر از ۱۰ درجه سلسیوس حفظ گردید. کوفته‌ها به وزن ۲۵-۲۰ گرمی تهیه شدند. کوفته‌ها با استفاده از آب گرم ۹۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۰-۸ دقیقه پخته شده و پس از خنک شدن با استفاده

از پلاستیک‌های پلی اتیلن بسته‌بندی شدند. کوفته‌های بسته‌بندی شده در دمای ۳۵- درجه سلسیوس منجمد شدند [۲ و ۱۰].

تیمارهای کوفته ماهی و گوشت چرخ کرده ماهی در دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شدند. کیفیت آن‌ها با استفاده از آزمایشات میکروبی، شیمیایی و حسی مورد ارزیابی قرار گرفت و زمان ماندگاری آن‌ها تعیین شد. نمونه‌برداری برای کوفته ماهی و گوشت چرخ کرده ماهی بعد از عمل‌آوری و سپس هر ماه یک بار به مدت ۶ ماه انجام گرفت.

از عوامل شیمیایی پراکسید به روش تیتراسیون یدومتریکی، تیوباربیتوریک اسید به روش رنگ‌سنجی و مجموع بازه‌ای آلی فرار به روش تیتراسیون تعیین شدند [۱۱]. از آزمایشات فیزیکی pH با استفاده از pH متر مورد بررسی قرار گرفت. ویژگی‌های حسی از جمله بو، رنگ، بافت، طعم و مزه و پذیرش کلی به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای ارزیابی شدند [۱۲]. ارزیابی حسی توسط ۳۰ نفر ارزیاب آموزش دیده زن و مرد با میانگین سنی ۴۰-۳۰ سال انجام شد. برای تعیین درجه مقبولیت و ارزیابی هر یک از ویژگی‌های حسی امتیاز ۵-۱ در نظر گرفته شد. امتیازهای ۵، ۴، ۳، ۲ و ۱ به ترتیب نشانگر خیلی خوب، خوب، متوسط، بد و خیلی بد هستند. عوامل میکروبی مانند تعداد کلی باکتری‌ها [۱۳ و ۱۴]، سالمونلا [۱۵]، استافیلوکوکوس [۱۶]، کلی-فرم [۱۷]، اشریشیاکلی [۱۷]، سودوموناس [۱۸] و کپک و مخمر [۱۹] به روش کشت بررسی شدند. همچنین ارزش غذایی گوشت چرخ کرده و کوفته با استفاده از رطوبت به روش آون خشک، پروتئین به روش هضم اسیدی، چربی به روش تقطیر (سوکسله) و خاکستر به روش تعیین گراویمتریک نیز تعیین گردیدند [۲۰]. نمونه‌برداری به صورت تصادفی انجام گرفت.

نتایج به دست آمده از آزمایشات تیمارهای گوشت چرخ کرده و کوفته ماهی در هنگام نگهداری برای بررسی تأثیر زمان

نگهداری روی تغییرات ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و
حسی تیمارهای آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن
۲۵ مورد مقایسه قرار گرفتند. برای بررسی تغییرات تیمارهای

۳- نتایج

جدول ۱ - ارزیابی ارزش غذایی تیمارهای گوشت چرخ کرده و کوفته ماهی سیم سد ارس هنگام نگهداری به مدت شش ماه در سردخانه (درصد)

Index	Ash		Protein		Fat		Moisture	
Treatment Sampling time (Month)	Minced fish	Fish ball	Minced fish	Fish ball	Minced fish	Fish ball	Minced fish	Fish ball
Zero time	^a 1.27±0.23	^a 1.98±1.3	^a 19.54±1.42	^a 18.57±1.14	^a 5.32±1.15	^a 5.18±1.26	^a 74.84±1.17	^a 73.30±1.34
First	^a 1.27±0.33	^a 1.98±1.1	^a 19.49±1.25	^{ab} 18.19±1.11	^a 5.32±1.21	^a 5.18±1.17	^a 74.64±1.16	^a 73.15±1.96
Secound	^a 1.14±0.19	^a 1.93±1.1	^a 19.37±1.23	^{bc} 17.97±1.12	^a 5.21±1.12	^a 5.13±1.11	^{ab} 74.53±1.18	^b 72.23±1.85
Third	^a 1.11±0.24	^a 1.80±1.1	^a 19.31±1.24	^c 17.61±1.14	^a 5.19±1.15	^a 4.96±1.16	^{bc} 74.13±1.19	^b 71.81±1.41
Fourth	^a 1.05±0.25	^a 1.72±1.2	^a 19.26±1.27	^{cd} 17.53±1.34	^a 5.12±1.23	^a 4.90±1.37	^{cd} 73.89±1.21	^c 71.16±1.39
Fifth	^a 1.05±0.32	^a 1.58±1.2	^a 19.23±1.63	^d 17.42±1.38	^a 4.94±1.38	^a 4.82±1.51	^{de} 73.50±1.35	^d 70.35±1.76
Sixth	^a 1.01±0.42	^a 1.52±1.2	^a 19.12±1.73	^d 17.24±1.56	^a 4.85±1.56	^a 4.71±1.73	^e 73.36±1.39	^e 69.12±1.34

Dissimilar letters in a row indicate a significant difference at the 5% level ($p < 0.05$).

به‌طوری‌که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، بر خلاف رطوبت،

چربی، پروتئین و خاکستر هنگام نگهداری تیمارهای آزمایشی

در سردخانه تغییرات معنی‌دار نشان ندادند ($p > 0.05$).

جدول ۲ - ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی تیمارهای گوشت چرخ کرده و کوفته ماهی سیم سد ارس هنگام نگهداری به مدت شش ماه

در سردخانه

Index	PV value(meq/kg lipid)		pH		TBARS (mg MDA/kg)		TVB-N (mg/100g)	
Treatment Sampling time (Month)	Fish ball	Minced fish	Fish ball	Minced fish	Fish ball	Minced fish	Fish ball	Minced fish
Zero time	^c 0.53±0.12	^c 0.35±0.18	^c 6.12±1.17	^b 6.14±1.57	^e 0.19±0.05	^f 0.21±0.12	^e 9.83±1.56	^f 9.87±1.12
First	^{bc} 0.87±0.36	^c 0.68±0.44	^{bc} 6.19±1.22	^b 6.22±1.21	^d 0.42±0.23	^{ed} 0.62±0.14	^d 10.70±1.89	^e 10.90±1.95
Second	^a 1.75±0.54	^a 1.97±0.73	^b 6.27±1.11	^b 6.26±1.13	^d 0.67±0.32	^d 0.84±0.24	^c 11.26±1.39	^e 11.99±1.21
Third	^a 1.65±0.35	^a 1.85±0.38	^b 6.41±1.14	^b 6.39±1.43	^{cd} 0.83±0.35	^{cd} 0.97±0.32	^b 11.98±1.48	^d 11.75±1.03
Fourth	^a 1.59±0.49	^a 1.74±0.41	^{ab} 6.56±1.28	^b 6.54±1.23	^{bc} 1.14±0.21	^{bc} 1.36±0.25	^{ab} 12.36±1.37	^c 12.56±1.23
Fifth	^a 1.47±0.56	^{ab} 1.53±0.52	^a 6.75±1.33	^a 6.73±1.21	^{ab} 1.34±0.59	^{ab} 1.54±0.38	^a 12.78±1.56	^b 13.47±1.38

Sixth	1.29±0.59 _{ab}	1.39±0.76 _b	6.92±1.39 _a	6.89±1.17 ^a	1.67±0.49 ^a	1.89±0.52 ^a	13.53±1.68 _a	14.25±1.43 _a
-------	-------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------

Dissimilar letters in a row indicate a significant difference at the 5% level ($p < 0.05$).

بر اساس جدول ۲ pH، پراکسید، تیوباریتوریک اسید و مجموع بازهای نیتروژنی فرار در تیمارهای آزمایشی تا پایان زمان نگهداری در سردخانه تفاوت معنی‌دار داشتند ($p < 0.05$). این شاخص‌ها در تیمارهای آزمایشی در محدوده مجاز بودند.

جدول ۳ - ارزیابی ویژگی‌های حسی تیمارهای گوشت چرخ کرده و کوفته ماهی سیم سد ارس هنگام نگهداری به مدت شش ماه در سردخانه

Treatment		Fish ball				Minced fish				
Index Sampling time (Month)	Overall acceptance	Taste	Texture	Color	Odor	Overall acceptance	Taste	Texture	Color	Odor
Zero time	4.26±1.62 ^a	4.19±1.60 ^a	4.15±1.43 ^a	4.03±1.27 ^a	4.34±1.34 ^a	3.71±1.39 ^a	3.76±1.36 ^a	3.52±1.41 ^a	3.52±1.13 ^a	3.93±1.38 ^a
First	4.21±1.28 ^a	4.11±1.21 ^a	4.12±1.49 ^a	3.99±1.67 ^a	4.30±1.57 ^a	3.70±1.25 ^a	3.75±1.28 ^a	3.52±1.47 ^a	3.41±1.42 ^a	3.89±1.42 ^a
Second	4.14±1.39 ^a	4.04±1.32 ^a	4.07±1.75 ^a	3.96±1.59 ^a	4.24±1.59 ^a	3.62±1.27 ^a	3.66±1.22 ^a	3.46±1.68 ^a	3.37±1.28 ^a	3.78±1.56 ^a
Third	4.12±1.97 ^a	3.92±1.94 ^a	3.95±1.73 ^a	3.85±1.82 ^a	4.23±1.65 ^a	3.53±1.56 ^a	3.57±1.53 ^a	3.37±1.79 ^a	3.31±1.34 ^a	3.72±1.68 ^a
Fourth	3.95±1.80 ^a	3.90±1.88 ^a	3.86±1.49 ^a	3.83±1.97 ^a	4.15±1.73 ^a	3.47±1.52 ^a	3.52±1.58 ^a	3.32±1.49 ^a	3.29±1.18 ^a	3.67±1.64 ^a
Fifth	3.94±1.71 ^a	3.84±1.75 ^a	3.84±1.28 ^a	3.74±1.89 ^a	4.12±1.68 ^a	3.40±1.62 ^a	3.45±1.69 ^a	3.30±1.27 ^a	3.21±1.24 ^a	3.60±1.48 ^a
Sixth	3.90±1.78 ^a	3.80±1.70 ^a	3.72±1.44 ^a	3.68±1.93 ^a	4.10±1.57 ^a	3.39±1.76 ^a	3.42±1.72 ^a	3.24±1.29 ^a	3.15±1.35 ^a	3.52±1.57 ^a

Dissimilar letters in a row indicate a significant difference at the 5% level ($p < 0.05$).

ویژگی‌های حسی شامل بو، رنگ، بافت، طعم و مزه و پذیرش کلی در تیمارهای کوفته و گوشت چرخ کرده طی زمان نگهداری در سردخانه تفاوت معنی‌دار نداشتند ($p > 0.05$) (جدول ۳).

جدول ۴ - ارزیابی ویژگی های میکروبی تیمارهای گوشت چرخ کرده و کوفته ماهی سیم سد ارس هنگام نگهداری به مدت شش ماه در سردخانه (log CFU/g)

Treatment	Fish ball					Minced fish				
Bacteria Sampling time (Month)	<i>Staphylococcus</i> bacteria	<i>Salmonella</i>	Coliform and <i>Escherichia coli</i>	Yeast and mold	Total bacterial counts	<i>Salmonella</i>	Coliform and <i>Escherichia coli</i>	Yeast and mold	<i>Staphylococcus</i> bacteria	Total bacterial counts
Zero time	1.90±0.98 ^a	<10	<10	<10	2.72±0.36 ^a	<10	<10	<10	2.11±0.63 ^a	3.11±0.83 ^a
First	1.49±0.87 ^{ab}	<10	<10	<10	2.59±0.43 ^{ab}	<10	<10	<10	1.59±0.76 ^b	2.89±0.18 ^a
Second	1.05±0.75 ^b	<10	<10	<10	2.31±0.53 ^{bc}	<10	<10	<10	1.26±0.59 ^b	2.71±0.19 ^a
Third	<10	<10	<10	<10	2.18±0.35 ^{cd}	<10	<10	<10	<10	2.58±0.57 ^b
Fourth	<10	<10	<10	<10	1.95±0.24 ^{de}	<10	<10	<10	<10	2.37±0.43 ^c
Fifth	<10	<10	<10	<10	1.72±0.48 ^e	<10	<10	<10	<10	2.18±0.29 ^{cd}
Sixth	<10	<10	<10	<10	1.53±0.52 ^e	<10	<10	<10	<10	1.75±0.43 ^d

Dissimilar letters in a row indicate a significant difference at the 5% level ($p < 0.05$).

همان طوری که در جدول ۴ مشاهده می شود، آلودگی به باکتری های سرمادوست، سالمونلا، کلی فرم و اشیریشیا کلی و کپک و مخمر در تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد. باکتری های استافیلوکوکوس و تعداد کلی باکتری ها در تیمارهای آزمایشی در محدوده مجاز اعلام شده بر اساس استاندارد ملی ایران بودند. باکتری های استافیلوکوکوس تا ماه دوم در نمونه های آزمایشی کوفته و گوشت چرخ کرده وجود داشتند، و طی این مدت تفاوت معنی دار را به نمایش گذاشتند ($p < 0.05$). این باکتری ها از ماه دوم تا پایان زمان نگهداری در سردخانه مشاهده نشدند. تعداد کلی باکتری ها طی زمان نگهداری در سردخانه در تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی دار ارائه کردند ($p < 0.05$).

۴ - بحث

ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) را مورد بررسی قرار دادند. این پژوهشگران بیان کردند که چربی کل در گوشت شسته نشده از ۱۱/۴۵ به ۹ درصد تغییر کرد [۲۳]. در مطالعه حاضر مقادیر پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر در کوفته ۱۷/۲۴، ۴/۷۱، ۶۹/۱۲ و ۱/۲۵ درصد و در گوشت چرخ کرده ۱۹/۱۲، ۴/۸۵، ۷۲/۳۶ و ۱/۰۱ درصد تعیین شد که در مقایسه با مطالعات اخیر تفاوت داشت. تفاوت در این مطالعات در مقایسه با مطالعه حاضر را می‌توان به گونه ماهی، کاربرد آنتی‌اکسیدان، نوع عضله، وضعیت واکنش اکسیداتیو، حلالیت پروتئین‌ها، دمای انجماد، تکنیک‌های انجماد و فرآیندهای ذوب ناقص مرتبط دانست.

پراکسید و تیوباربیتوریک اسید در کوفته و گوشت چرخ کرده تا پایان زمان نگهداری در سردخانه از کیفیت مطلوبی برخوردار بودند. با توجه به این که پراکسید و تیوباربیتوریک اسید به ترتیب در محدوده ۱۰ - ۵ میلی اکسی والان گرم بر کیلوگرم چربی و ۲ میلی گرم مالون دی آلدئید بر کیلوگرم قابل پذیرش هستند، این شاخص‌ها در تیمارهای کوفته (۱/۲۹ میلی اکسی والان گرم بر کیلوگرم چربی و ۱/۶۷ میلی - گرم مالون دی آلدئید بر کیلوگرم) و گوشت چرخ کرده (۱/۳۹ میلی اکسی والان گرم بر کیلوگرم چربی و ۱/۸۹ میلی - گرم مالون دی آلدئید بر کیلوگرم) قابل قبول بودند (جدول ۲). به دلیل وجود مقادیر بالای اسیدهای چرب غیراشباع چندانکه، این محصولات مستعد فساد در اثر اکسیداسیون لیپید هستند که سبب کاهش کیفیت آن‌ها می‌شود. با توجه به این که نرخ اکسیداسیون لیپید و پروتئین و مقدار محصولات تشکیل شده در اثر اکسیداسیون به نوع آنتی‌اکسیدان مورد استفاده بستگی دارد، بنابراین می‌توان گفت که BHT در به تعویق انداختن واکنش‌های اکسیداتیو موثر بود [۲۴]. تعیین پراکسید در محصولات چرب قابل اعتماد نیست زیرا پراکسیدهایی که در ابتدا تشکیل می‌شوند تغییر پذیر هستند و به سرعت واکنش می‌دهند تا محصولات ثانویه اکسیداسیون لیپید را ایجاد کنند. مقدار تیو باربیتوریک اسید

محصولات غذاهای دریایی از جمله کوفته ماهی به دلیل پروتئین بالا و کلسترول پایین به طور گسترده‌ای مصرف می‌شوند [۲۱]. پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر در کوفته (۱/۲۵، ۶۹/۱۲، ۴/۷۱ و ۱۷/۲۴ درصد) و گوشت چرخ کرده (۱/۰۱، ۷۲/۳۶، ۴/۸۵ و ۱۹/۱۲ درصد) ماهی مقادیر بالایی را به نمایش گذاشتند (جدول ۱). میزان رطوبت درصد آب موجود در فرآورده است. محتوای رطوبت می‌تواند بر کیفیت محصول و ماندگاری آن تأثیر بگذارد. استفاده از یخ در ترکیبات کوفته ممکن است که بر افزایش محتوای آب آن اثرگذار باشد. پژوهشگران فعالیت اصلی پلی فسفات‌های به کار رفته برای عمل‌آوری گوشت چرخ کرده را بهبود کارایی پروتئین ماهی برای اتصال با آب می‌دانند. مکانیسم این عمل به اثبات نرسیده است، اما به طور عمده آن‌ها روی سطح ماهی اثر می‌گذارند [۲۲]. خاکستر ماده معدنی است که از احتراق مواد آلی در دمای بالا باقی می‌ماند. در گوشت چرخ کرده پلی فسفات‌ها برای افزایش ارزش غذایی فرآورده نقش مهمی دارند، زیرا توانایی آن‌ها در کلات کردن و تثبیت مواد معدنی به خوبی شناخته شده است [۲۲]. همچنین افزودنی‌های به کار رفته در عمل‌آوری گوشت چرخ کرده و کوفته نیز خود عامل دیگری برای بهبود خاکستر در این فرآورده‌ها هستند. Yusuf و همکاران (۲۰۲۳) مقادیر رطوبت، خاکستر و پروتئین را در کوفته‌های منجمد گربه ماهی (*Pangasianodon hypophthalmus*) طی ۳۰ روز نگهداری به ترتیب ۷۲/۲۶، ۱/۲۲ و ۸/۸۶ درصد تعیین کردند [۳]. Lilatul و همکاران (۲۰۲۴) پروتئین را در کوفته‌های ماهی پانگا تهیه‌شده با ۱ درصد پودر برگ مورینگا طی ۱۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس مورد ارزیابی قرار دادند. کوفته ماهی حاوی مقدار زیادی پروتئین (۳۰/۲۰ - ۲۰/۸۱ درصد) بود [۵]. Kunyaboون و همکاران (۲۰۲۱) تغییرات اکسیداسیون لیپید گوشت چرخ کرده شسته شده ماهی کپور نقره-

نشان دهنده پیشرفت اکسیداسیون و تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون است. مقدار کمتر TBARS در کوفته ممکن است به دلیل فرآیند شستشو و به دنبال آن کاهش ترکیبات کربونیل در مرحله اکسیداسیون ثانویه چربی باشد. همچنین این مرحله شستشوی پروتئین‌های سارکوپلاسمی، رنگدانه‌ها، آنزیم‌ها، خون، چربی‌ها، اجزای طعم دهنده و مواد معدنی را به دنبال دارد، بنابراین دلیلی برای کاهش اکسیداسیون چربی در کوفته به شمار می‌رود [۲۵]. تولید گوشت چرخ کرده از ماهی سبب می‌شود که اکسیداسیون لیپیدها تسریع گردد، اما به دلیل این که در فرآیند عمل‌آوری گوشت چرخ کرده از آنتی‌اکسیدان استفاده شد، از پیشرفت اکسیداسیون چربی ممانعت به عمل آمد. Kunyaboون همکاران (۲۰۲۱) تغییرات اکسیداسیون لیپید گوشت چرخ کرده ماهی کپور نقره‌ای را مورد بررسی قرار دادند. این پژوهشگران بیان کردند که تیوباربیتوریک اسید از ۰/۵۹ به ۰/۸۶ میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید بر کیلوگرم رسید، که در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر در تیمارهای کوفته و گوشت چرخ کرده (۱/۶۷ و ۱/۸۹ میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید بر کیلوگرم) کمتر است [۲۳]. Soye و Özalp Özen (۲۰۱۸) هنگام بررسی گوشت چرخ کرده ماهی ماکرل (*Scomber scombrus*) عمل‌آوری شده با ۰/۰۱ درصد BHT طی شش ماه ذخیره در انجماد یافتند که پراکسیداز ۱/۸۰ به ۵ میلی‌اکی‌والان گرم بر کیلوگرم چربی و تیوباربیتوریک اسید از ۲/۸۸ به ۵/۳۳ میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید بر کیلوگرم رسید [۹]. در مطالعه حاضر این شاخص‌ها در تیمارهای کوفته (۱/۲۹ میلی‌اکی‌والان گرم بر کیلوگرم چربی و ۱/۶۷ میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید بر کیلوگرم) و گوشت چرخ کرده (۱/۳۹ میلی‌اکی‌والان گرم بر کیلوگرم چربی و ۱/۸۹ میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید بر کیلوگرم) تعیین شدند، که در مقایسه با نتایج مطالعات اخیر بیشتر است. گونه ماهی، فعالیت آبی، مقدار نمک، آنتی‌اکسیدان، تعداد باکتری‌ها و دمای نگهداری از عوامل اثرگذار بر تفاوت در نتایج این مطالعات با مطالعه حاضر به شمار می‌روند.

همچنین اندازه‌گیری ترکیبات فرار مانند مجموع بارزهای نیتروژنی فرار شاخص قابل قبولی برای تعیین فساد گوشت ماهی به شمار می‌رود، و نشان دهنده میزان تجزیه پروتئین‌ها به ترکیبات نیتروژن غیر پروتئینی به دلیل فعالیت باکتریایی و آنزیمی است، و منجر به تولید آمین می‌شود [۲۶]. با توجه به این که ۲۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم TVB-N در محصولات شیلاتی پذیرفته است، در مطالعه حاضر این شاخص تا پایان زمان نگهداری در تیمارهای کوفته (۱۳/۵۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) و گوشت چرخ کرده (۱۴/۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) از کیفیت مطلوبی برخوردار بود (جدول ۲). مقدار پایین TVB-N در کوفته ممکن است به دلیل حذف جزئی اسیدهای آمینه آزاد، پروتئین سارکوپلاسمی یا ترکیبات نیتروژن غیر پروتئینی توسط شستشو و آبگیری باشد. قابل توجه است که نیتروژن غیر پروتئینی محلول در آب هستند و ۹ تا ۱۸ درصد از کل نیتروژن ماهیچه ماهی را شامل می‌شود. اما در گوشت چرخ کرده آنزیم پروتئاز بافت تجزیه ترکیبات پروتئینی را فراهم کرده و افزایش مجموع بازهای نیتروژنی فرار را فراهم می‌آورد. Kaba و همکاران (۲۰۱۴) محتوای اولیه TVB-N کوفته ماهی آنکووی (*Engraulis encrasicolus*) پس از سرخ کردن تعیین کردند. این مقدار در پایان دوره نگهداری ۵ ماهه به ۱۳/۶۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم رسید [۲۷]، که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. Duman و Peksezer (۲۰۱۶) بیان کردند که مجموع بازهای نیتروژنی فرار در کوفته ماهی *Alburnus mossulensis* طی شش ماه نگهداری در انجماد به ۲۶/۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم رسید [۲۸]. در مطالعه حاضر میزان این شاخص در کوفته ۱۳/۵۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم و در گوشت چرخ کرده ۱۴/۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم تعیین گردید، که با نتایج مطالعه اخیر هم سو نیست. تفاوت مشاهده شده را می‌توان به تعداد باکتری‌ها، آنزیم‌های پروتئاز، دمای نگهداری و گونه ماهی ارتباط داد.

pH ویژگی مهمی برای ارزیابی تازگی غذاهای دریایی و محصولات آن‌ها به شمار می‌رود، که بر رنگ و خواص

گردد. علاوه بر حفظ رنگ کاهش اکسیداسیون عاملی است که از پیامدهای بعدی آن مانند تندی حاصل از تشکیل رادیکال‌های آزاد و اثرات آن‌ها بر تغییر طعم و مزه در فرآورده‌های آزمایشی جلوگیری کرد [۳۱]. سیر، پیاز و ادویه‌جات (دارچین، فلفل، میخک، خردل) به کار رفته برای تولید گوشت چرخ کرده و کوفته به عنوان طعم دهنده عمل می‌کنند. به دلیل این که سوربیتول قند نسبتاً شیرینی است، طعم و مزه شیرین در تیمار کوفته مشاهده نشد. علاوه بر این منوسدیم گلوتامات به کار رفته در تولید کوفته نیز طعم دهنده بوده و در بهبود طعم کوفته تأثیرگذار است. همچنین بو و طعم ماهی تازه در حین چرخ کردن کمی از بین می‌رود. همچنین مرحله شستشوی به کار رفته برای تولید کوفته و این که عمل‌آوری حرارتی پیش نیاز تولید کوفته است که به بروز تغییرات مطلوب در بافت، رنگ، طعم و بو کمک می‌کند [۲]. بافت یکی از ویژگی‌های حائز اهمیت برای غذاهای دریایی به شمار می‌رود. کوفته و گوشت چرخ کرده ماهی از پرکننده‌هایی مانند روغن و آب تشکیل شده‌اند، که به آب‌دار شدن بافت آن‌ها کمک می‌کنند. پس از جوشاندن در آب کوفته ماهی به بافتی الاستیک و دهان خوشایند می‌رسد که می‌تواند بوی ماهی را پنهان کند [۲۱]. یکی از ترکیبات به کار رفته برای تولید کوفته نشاسته اصلاح شده است. این ترکیب دارای کاربردهای متعددی بوده، که در بین مصرف‌کنندگان سراسر جهان محبوبیت پیدا کرده است. نشاسته اصلاح شده عاملی است که می‌تواند علاوه بر این که بافت کوفته ماهی را بهبود بخشد، کوفته را در برابر تشکیل کریستال‌های یخ مقاوم سازد، زیرا کریستال‌های یخ سازه‌ای هستند که سبب آسیب به بافت فرآورده در هنگام انجماد می‌شوند [۳۲]. به این ترتیب نشاسته می‌تواند کیفیت بافت کوفته را افزایش داده و زمان ماندگاری کوفته را نیز گسترش دهد. همچنین این ترکیب توانایی گوشت ماهی را برای حفظ آب افزایش می‌دهد و برای ایجاد خمیر یک دست و صاف به آب کمتری نیاز می‌شود. همچنین می‌تواند به چسبندگی ترکیبات فرآورده، پایداری فرآورده در هنگام انجماد، ذوب، پخت و حفظ رطوبت و طعم بیشتر در هنگام پخت یا گرم

بافتی گوشت محصول تأثیر می‌گذارد. با توجه به این که pH در محدوده ۷ برای محصولات دریایی قابل قبول می‌باشد، و این شاخص در تیمارهای کوفته و گوشت چرخ کرده ۶/۹۲ و ۶/۸۹ تعیین شد (جدول ۲)، بنابراین در مطالعه حاضر این شاخص در تیمارهای مورد بررسی تا پایان زمان نگهداری در سردخانه از کیفیت مطلوبی برخوردار بود. pH عاملی است که از بار باکتریایی، مجموع بازهای نیتروژنی فرار، پروتئین و آنزیم‌های پروتئاز تأثیر می‌پذیرد، که در تیمارهای کوفته و گوشت چرخ کرده در حد قابل قبول بودند. علاوه بر این در کوفته وجود مرحله شستشو سبب گردید که پروتئین‌ها و آنزیم‌های محلول در آب حذف شده که خود دلیلی بر جلوگیری از افزایش pH است. در گوشت چرخ کرده آنزیم پروتئاز بافت در انجماد فعال باقی‌مانده و سبب پیشرفت اکسیداسیون پروتئین و تجزیه آن شده که در نتیجه افزایش یون‌های هیدروژن و pH را به دنبال دارد [۲۹]. Lilatul و همکاران (۲۰۲۴) pH را در کوفته‌های ماهی پانگا تهیه‌شده با ۱ درصد پودر برگ مورینگا طی ۱۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس مورد ارزیابی قرار دادند. این پژوهشگران مقادیر pH کوفته ماهی را بین ۶/۶۱ - ۶/۵۶ گزارش کردند [۵]، که در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر هم سو است.

در مطالعه ویژگی‌های حسی شامل بافت (۳/۷۲-۳/۲۴)، بو، رنگ و طعم و مزه در تیمارهای گوشت چرخ کرده و کوفته تا پایان زمان نگهداری در سردخانه از کیفیت مطلوبی برخوردار بودند (جدول ۳). زیرا اکسیداسیون ترکیبات لیپیدی در حد قابل توجهی رخ نداد، که منجر به کاهش ویژگی‌های حسی و تغییر رنگ کوفته و گوشت چرخ کرده هنگام نگهداری گردد. زیرا دمای ذخیره‌سازی مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده فرایندهای هیدرولیز و اکسیداسیون لیپید است، و نرخ لیپولیتیک در دماهای پائین به دلیل مهار فعالیت آنزیمی بافت و آنزیم‌های آزاد شده از باکتری‌ها کاهش می‌یابد [۳۰]. همچنین به دلیل حذف پروتئین‌ها و آنزیم‌های محلول در آب، رنگ کوفته روشن‌تر شده و بوی آن با کاهش مواجه می‌-

ترکیبات کوفته روغن و نشاسته به کار رفته بودند، که سبب نرمی و بهبود بافت گردیدند.

یکی از معیارهای بررسی کیفیت محصولات غذایی، کمیت باکتری‌های بیماری‌زا و عامل فساد است. در تیمارهای آزمایشی ویژگی‌های میکروبی تا پایان زمان نگهداری در سردخانه از کیفیت مطلوبی برخوردار بودند. با توجه به این‌که حداکثر تعداد مجاز برای تعداد کلی باکتری‌ها و باکتری‌های استافیلوکوکوس در محصولات دریایی ۷ و ۳ لگاریتم واحد تشکیل دهنده کلنی بر هر گرم تعیین شده است، و در تیمارهای کوفته و گوشت چرخ کرده تعداد کلی باکتری‌ها ($1/75 - 1/53$ لگاریتم واحد تشکیل دهنده کلنی بر هر گرم) و استافیلوکوکوس ($1/26 - 1/05$ لگاریتم واحد تشکیل دهنده کلنی بر هر گرم) تعیین گردیدند، بنابراین این تیمارها از نظر میکروبی قابل پذیرش بودند (جدول ۴). محتوای بالای پروتئین و رطوبت موجود در گوشت ماهی، گوشت چرخ کرده و کوفته‌های تهیه شده از آن را مستعد رشد میکروارگانیسم‌ها می‌کند. بنابراین این فرآورده‌ها فاسد شدنی هستند و بر اساس میزان عمل‌آوری و گنجاندن مواد افزودنی مانند ادویه‌های مختلف، سیر و پیاز ماندگاری متفاوتی دارند. اثر برخی از ادویه‌ها مانند دارچین، میخک و خردل بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها بسیار قابل توجه توجه و اثر بازدارندگی آن‌ها بر این موجودات ذره بینی به خوبی شناخته شده است. اثر ضد میکروبی ادویه‌ها به وجود ترکیبات استری، آلدئیدی، ترپنی و کتونی وابسته می‌باشد. در جوانه میخک تقریباً ۱۷ درصد اسانس وجود دارد، که ۹۵ - ۹۳ درصد آن را اوژنون تشکیل می‌دهد، که سبب می‌گردد اثر بازدارندگی و خاصیت باکتریواستاتیک بیشتری نسبت به سایر ادویه‌ها داشته باشد. اثر بازدارندگی میخک روی کپک‌ها و مخمرها نیز به اثبات رسیده است. پیاز و سیر نیز اثر ضد میکروبی خوبی روی فعالیت میکروارگانیسم‌ها به نمایش می‌گذارند [۳۵]. باکتری استافیلوکوکوس توانایی فعالیت در دمای ۱۸ - درجه سلسیوس را دارد، البته این توانایی نسبی بوده و همان‌طورکه در نتایج مشاهده می‌شود (جدول ۴)،

کردن دوباره کمک کند. علاوه بر این نشاسته خاصیت ارتجاعی خمیر کوفته ماهی را افزایش داده و منجر می‌شود که در حین پخت، کشیده و منبسط شود، که برای بهبود بافت کوفته اثرگذار است. همچنین به محصول نهایی ظاهری صاف و براق می‌دهد. از آنجایی که نشاسته بدون گلوتن است، به عنوان گزینه مناسب برای افراد حساس به گلوتن نیز عمل می‌کند [۳۳]. در گوشت چرخ کرده پلی فسفات با متورم کردن پروتئین و خواص اتصال به آب آن بافت خوبی در محصول ایجاد می‌کند. علاوه بر این سطوح پایین پلی فسفات در ترکیب با نمک برای آب‌دار بودن و لطافت بافت اثرگذار بوده و پایداری را افزایش می‌دهد [۲۲]. Yusuf و همکاران (۲۰۲۳) امتیاز شاخص‌های ظاهر، طعم و مزه و بافت را در کوفته‌های گربه ماهی هنگام ۳۰ روز نگهداری در انجماد به ترتیب ۷، ۶/۷ و ۶/۳ تعیین کردند [۳]. Lilatul و همکاران (۲۰۲۴) خواص حسی را در کوفته‌های ماهی پانگا تهیه‌شده با ۱ درصد پودر برگ مورینگا طی ۱۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس مورد ارزیابی قرار دادند. پذیرش کلی ۷/۵ بود [۵]. در مطالعه حاضر امتیاز این شاخص ۳/۹۰ - ۳/۳۹ ارزیابی گردید. Budiadnyani و همکاران (۲۰۲۲) کوفته ستاره‌ای شکل را از سوریمی ماهی Swangi (*Priacanthus tayenus*) تهیه کرده و امتیازهای ظاهر (۷)، بو (۷)، طعم و مزه (۷) و بافت (۸) را قابل پذیرش بیان کردند [۱]. در تیمارهای کوفته و گوشت چرخ کرده مطالعه حاضر ویژگی‌های بافت ($3/72 - 3/24$)، طعم و مزه ($3/80 - 3/42$)، بو ($4/10 - 3/52$) تعیین شد. نتایج این مطالعات با نتایج مطالعه حاضر هم سو است. Feng و همکاران (۲۰۱۷) آنزیم (۰/۴ درصد) را برای تولید کوفته دارای بافت نرم از golden pomfret (*Trachinotus blochii*) با استفاده از محلول بروملین بررسی کردند. تیمار با بروملین سختی را به طور قابل توجهی کاهش داد، زیرا بروملین زنجیره سبک میوزین و تروپونین را تخریب کرده، اندازه قطعات پروتئینی را کاهش داده و در نتیجه نرمی گوشت را بهبود بخشید. [۳۴] در مطالعه حاضر نیز بافت کوفته از کیفیت خوبی برخوردار بود، زیرا در

بر علیه استافیلوکوکوس، اشیشیاکلی و سودوموناس به اثبات رسیده است. همچنین پلی‌فسفات ممکن است که تشکیل بیوفیلم باکتریایی را مهار کند [۳۹]. Yusuf و همکاران (۲۰۲۳) تعداد کلی باکتری‌ها را در کوفته‌های منجمد گربه ماهی $1.09 \times 10^4 - 3.32 \times 10^7$ واحد تشکیل دهنده کلنی بر هر گرم طی ۳۰ روز نگهداری تعیین کردند [۳]. که درمقایسه با نتایج مطالعه حاضر بیشتر است. این محققین استافیلوکوکوس را در کوفته‌ها تعیین نکردند، و اشیشیا کلی را $14/7$ لگاریتم تعداد واحد تشکیل دهنده کلنی بر هر گرم تعیین کردند، اما در تیمارهای آزمایشی استافیلوکوکوس ($1/26 - 1/05$ لگاریتم واحد تشکیل دهنده کلنی بر هر گرم) مشاهده شد، ولی کلی فرم و اشیشیاکلی مشاهده نشدند. تفاوت در نتایج این مطالعه با مطالعه اخیر ممکن است که به دلیل شرایط عمل‌آوری مانند تجهیزات و آب، ترکیبات به کار رفته برای عمل‌آوری، انتقال ماهی و زیستگاه باشد.

۵- نتیجه گیری

گوشت چرخ کرده و کوفته ماهی سیم طی زمان نگهداری به مدت شش ماه در سردخانه از ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی، حسی و فیزیکی مطلوبی برخوردار بودند. بنابراین تهیه گوشت چرخ کرده و کوفته از ماهی سیم به صنعت غذایی پیشنهاد می‌شود.

این باکتری‌ها پس از گذشت ۳ ماه از بین می‌روند. با توجه به استریل بودن گوشت ماهی قبل از عمل‌آوری و این که تیمار حرارتی به کار رفته برای تهیه کوفته و با در نظر گرفتن این که باکتری‌های مقاوم در برابر حرارت می‌توانند در این فرآیند زنده بمانند، می‌توان گفت که باکتری‌های مشاهده شده در تیمارها هنگام عمل‌آوری و به ویژه بسته‌بندی به محصول راه یافته‌اند [۳۶]. اما نگهداری تیمارها در دمای $18 -$ درجه سلسیوس سبب ممانعت از رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌گردد. از طرفی به دلیل پائین رفتن درجه حرارت و انجماد تغییراتی در ماده غذایی از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مانند فعالیت آبی، pH، فشار اسمزی و تولید بلورهای یخ در سلول به وجود می‌آید که اثر تخریبی مهمی روی فعالیت میکروارگانیسم‌ها دارد. علاوه بر این به دلیل تبدیل مولکول‌های آب به ذرات یخ ویسکوزیته محیط تغییر می‌کند، که سبب ایجاد تغییراتی در پروتئین‌های سلولی و جدا شدن لیپو پروتئین‌ها و در نتیجه از بین رفتن میکروارگانیسم‌ها می‌گردد [۳۷ و ۳۸]. در گوشت چرخ کرده پلی‌فسفات‌ها فلزات ضروری ساختاری از جمله یون‌های کلسیم و مگنیزیم دیواره سلولی را کلات می‌کنند که منجر به اثرات باکتری‌کش و باکتریولیتیک می‌شود. این فلزات احتمالاً پل‌های متقاطع را بین زنجیره‌های اسید تیکوئیک در دیواره سلولی باکتری‌های گرم مثبت تشکیل می‌دهند. علاوه بر این خاصیت ضد باکتریایی پلی‌فسفات

۶- منابع

- [1] Budiadnyani, I. G. A., Azaria, P. A. B., Soni, H and Lego, S. 2022. Consumer acceptance and quality of star- shaped fish balls of Swangi fish. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 8(128): 195-200.
- [2] You, S., Tian, Y., Zhang, W., Zheng, B., Zhang, Y., Zeng, H. 2024. Quality properties of fish ball with abalone and its relationship with sensory properties. Food Chemistry: 21: 101146, <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101146>.
- [3] Yusuf., Y., Pato, U., Fitriani, S and Sabilianim W. 2023. Evaluation of the quality of fishballs using several types of preservatives during early frozen storage. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 11(4): 614-623. DOI: [10.17582/journal.aavs/2023/11.4.614.623](https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2023/11.4.614.623)
- [4] Luo, H., Sheng, Z., Guo, C., Jia, R and Yang, W. 2021. Quality attributes enhancement of ready-to-eat hairtail fish balls by high-pressure processing, LWT. 147: 111658, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111658>.

- [5] Lilatul, I., Sadek, A., Umme, S., Anisur, R and Monjurul, H. 2024. Physical, nutritional, and sensory characterization of pangas fish ball incorporated with moringa leaves powder. *Food Chemistry Advances*. 4: 100715, <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100715>
- [6] Kottelat, M. and Freyhof, J. 2007. Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin. 646 pp. (Ref. 59043)
- [7] Asadpour, Y. and Sadeghi, M. H and Ganji, S. 2015. Production of surimi from Aras dam Abramis brama fish and determination of its quality factors. *Food Industry Research*. 26 (2): 208 – 301 <https://civilica.com/doc/1568811>
- [8] Parvizkorandeh, M and Rahmani Farah, K., Shafipour, H and Bayat, J. 2016. Production of protein powder from Aras dam fish. The Second National Conference of New Technologies and Sciences in Aquaculture, Malayer. <https://civilica.com/doc/1326331>.
- [9] Özalp Özen, B and Soyer, A. 2018. Effect of plant extracts on lipid and protein oxidation of mackerel (*Scomber scombrus*) mince during frozen storage. *Journal Food Science Technology*. 55(1):120-127. doi: 10.1007/s13197-017-2847-6.
- [10] Koochian Sabour, A., Zare Geshti, Q., Seifzadeh, M. and Yousefi, A. 2010. Investigation, preparation and packaging of ground fish meat in shell frozen from Aras dam farmed fish. Iranian Fisheries Science Research Institute.
- [11] AOAC. 2005. Official methods analysis, 18th (Ed.), Association of official analytical chemists, AOAC International, Washington, D.C., USA.
- [12] Gilbert, S. W. 2013. Applying the hedonic method (Technical Note 1811) (First Edition). Washington, D.C: Natural Institute Standard Technology. September 2013. 32 P. Doi.org/10.6028/NIST.TN.1811.
- [13] Andrews, W. H and Hammack, T. S. 2003. Food sampling and preparation of sample homogenate. FDA.
- [14] Maturin, L, J and Peeler, J, T. 2001. Aerobic plate counts. FDA.
- [15] Andrews (ret.), W. H., Wang, H., Jacobson (ret.), A., Ge, B., Zhang, G and Hammack, T. 2003. Bacteriological Analytical Manual (BAM) Chapter 5: Salmonella. FDA.
- [16] Lancette, G. A and Bennett, R.W. 2001. Staphylococcus aureus and Staphylococcal Enterotoxins. In: Downes, F.P. and Ito, K., Eds., Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 4 Edition, APHA, Washington DC, 387-403.
- [17] Feng, P., Weagant, S. D., Grant, M. A., Burkhardt, W., Shellfish, M and Water, B. 2002. BAM Chapter 4: Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria. Bacteriological analytical manual. 13(9): 1-13.
- [18] Iranian National Standard No. 3140. 2003. Identification method of Pseudomonas aeruginosa in food. Iranian Standard and Industrial Research Institute.
- [19] Tournas, V., Stack, M. E., Mislivec, P. B., Koch, H. A and Randler, R. 2001. Yeasts, Molds and Mycotoxin. FDA.
- [20] FAO. 1986. Food and nutrition paper manuals of food quality control food analysis: Quality, adulteration, and tests of identity. Rome: Food and Agriculture Organization. 326 P. <https://www.fao.org/3/W6530E/W6530E>.
- [21] Gao, R., Wijaya, G. Y., Yu, J., Jin, W., Bai, F and Wang, J. 2020. Assessing gel properties of Amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*) surimi prepared by high-temperature setting (40 °C) for different durations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 100 (7): 3147-3156, [10.1002/jsfa.10349](https://doi.org/10.1002/jsfa.10349)
- [22] Lemos Junior, W. J. F., Santinello, D., Mohammadzadeh, S., Treu, L., Sant'Ana, A. S and Campanaro, S. 2024. Polyphosphate in food systems: Their roles and applications in foods and contribution to sustainable processing practices. *Trends in Food Science and Technology*. 152: 104696 <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104696>.

- [23] Kunyaboon, S., Thumanu, K., Park, J. W., Khongla, C and Yongsawatdigul, J. 2021. Evaluation of Lipid Oxidation, Volatile Compounds and Vibrational Spectroscopy of Silver Carp during Ice Storage as Related to the Quality of Its Washed Mince. *Foods*. 10: 495.
- [24] Simbine, E. O., Rodrigues, L. C and Mfc, B. 2022. Cinnamomum zeylanicum extracts reduce lipid oxidation in broadband anchovy (*Anchoiella lepidentostole*) minced fish. *Food Sci. Technol (Campinas)* 42 (2): 1 -10. <https://doi.org/10.1590/fst.46420>
- [25] Pan, J. F., Jia, H., Shang, M. J., Xu, C., Lian, H. L and Li, H. W. 2018. Physiochemical properties and tastes of gels from Japanese Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) surimi by different washing processes. *Journal of Texture Studies*. 49 (6): 578-585, [10.1111/jtxs.12357](https://doi.org/10.1111/jtxs.12357)
- [26] Nakazawa, N and Okazaki, E. 2020. Recent research on factors influencing the quality of frozen seafood. *Fisheries Science*. 86 (2): 231-244, [10.1007/s12562-020-01402-8](https://doi.org/10.1007/s12562-020-01402-8)
- [27] Kaba, N., Corapci, B., Eryasar, K., Yücel, S and Yesilayer, N. 2014. Determination of shelf life of fish ball marinated after frying process. *Italian Journal of Food Science*: 26 (2): 162-168.
- [28] Duman, M and Peksezer, B. 2016b. Quality changes of fish balls prepared from of mosul bleak (*Alburnus mossulensis*) stored at -18 °C under air or vacuum. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 33(3):285 DOI: [10.12714/egejfas.2016.33.3.14](https://doi.org/10.12714/egejfas.2016.33.3.14)
- [29] Duman, M and Peksezer, B. 2016a. Chemical and sensory quality changes in fish balls prepared from *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 during frozen storage. *Journal Of Applied Ichthyology*. <https://doi.org/10.1111/jai.13039>
- [30] Suárez-Medina MD, Sáez-Casado MI, Martínez-Moya T, Rincón-Cervera MÁ. 2024. The effect of low temperature storage on the lipid quality of fish, either alone or combined with alternative Preservation Technologies. *Foods*. 13 (7):1097. doi: 10.3390/foods13071097.
- [31] Lu, H., Zhang, L., Li, Q and Luo, Y. 2017. Comparison of gel properties and biochemical characteristics of myofibrillar protein from bighead carp affected by frozen storage and a hydroxyl radical-generation oxidizing system. *Food Chemistry*. 223 (2017): 96-103, [10.1016/j.foodchem.2016.11.143](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.143)
- [32] Yang, F., Jing, D. T., Yu, D. W., Xia, W. S., Jiang, Q. X and Xu, Y. S. 2019. Differential roles of ice crystal, endogenous proteolytic activities and oxidation in softening of obscure pufferfish fillets during frozen storage. *Food Chemistry*. 278 (2019): 452-459, [10.1016/j.foodchem.2018.11.084](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.084)
- [33] Wu, M. G., Wang, J. H., Hu, J., Li, Z. K., Liu, R and Liu, Y. 2020. Effect of typical starch on the rheological properties and NMR characterization of myofibrillar protein gel. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 100 (1): 258-267, [10.1002/jsfa.10033](https://doi.org/10.1002/jsfa.10033)
- [34] Feng, X., Zhu, Y., Liu, Q., Lai, S and Yang, H. 2017. Effects of Bromelain Tenderisation on Myofibrillar Proteins, Texture and Flavour of Fish Balls Prepared from Golden Pomfret. *Food and Bioprocess Technology*. 10: 1918-1930 DOI: [10.1007/s11947-017-1963-7](https://doi.org/10.1007/s11947-017-1963-7)
- [35] Dang, H. T. T., Gudjónsdóttir, M., Tómasson, T., Nguyen, M. W., Karlsdóttir, M. G and Arason, S. 2018. Influence of processing additives, packaging and storage conditions on the physicochemical stability of frozen Tra catfish (*Pangasius hypophthalmus*) fillets. *Journal of Food Engineering*. 238 (2018): 148-155, [10.1016/j.jfoodeng.2018.06.021](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.06.021)
- [36] Akter, A., Islami, S. N., Reza, M. S., Shikha, D. H and Kama, M. 2013. Quality evaluation of fish ball prepared from frozen stored striped catfish. *Journal Agroforestry Environment*. 7 (1): 7-10.
- [37] Jia, R., Jiang, Q., Kanda, M., Tokiwa, J., Nakazawa, N and Osako, K. 2019. Effects of heating processes on changes in ice crystal formation, water holding capacity, and physical properties of surimi gels during frozen storage.

Food Hydrocolloids. 90 (2019): 254-265, [10.1016/j.foodhyd.2018.12.029](https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.029)

[38] Du, X., Chang, P., Tian, J., Kong, B. H., Sun, F. D and Xia, X. F. 2020. Effect of ice structuring protein on the quality, thermal stability and oxidation of mirror carp (*Cyprinus carpio* L.) induced by freeze-thaw cycles. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*

Food Science and Technology. 124 (2020): 109140, DOI: [10.1016/j.lwt.2020.109140](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109140)

[39] Kozak, M., Stasiuk, A., Vlizlo, V., Ostapiv, D., Bodnar, Y., Kuz'mina, N., Figurka, N., Nosova, N., Ostapiv, R and Kotsumbas, I. 2023. Polyphosphate Ester-Type Transporters Improve Antimicrobial Properties of Oxytetracycline. *Antibiotics*. 12: 616. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12030616>



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Preparing fishballs and ground meat from Aras dam *Abramis barama* and evaluating their quality and shelf life in freezing

Mina Seifzadeh^{1*}, Koochakian Sabour, A¹ and Morady, Y²

1 - National Fish Processing Research Center, Inland Water Aquaculture Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Anzali, Iran.

2 - Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2024/10/30 Accepted:2024/2/25 Keywords: Antioxidant, Cheap fish, Paste products, Sensory characteristics, Value-added products. DOI: 10.22034/FSC.T.22.161.166. *Corresponding Author E- m_seifzadeh_ld@yahoo.com	<i>Abramis brama</i> of Aras Dam is not consumed fresh for reasons such as small size, unpleasant smell, and many bones. <i>Abramis brama</i> accounts for more than 1000 tons of the annual catch in Aras Dam. Due to the high volume of catch in a short time and inappropriate storage and transportation, about 90% of these fish are used for fish meal processing. Therefore, the present study was conducted to produce ground meat and fishballs from these fish, evaluating their chemical, microbial, and sensory quality and shelf life at freezing temperatures. The treatments included ground meat and fishballs (2 treatments). 0.2% BHT antioxidant was used to ground meat production. The treatments were kept at -18 °C for six months. <i>Salmonella</i>, <i>Pseudomonas</i>, coliform, <i>Escherichia coli</i>, mold, and yeast were not observed in the samples. In minced fish and fishballs TVB-N (13.53-14.25 mg/100g), pH (6.89-6.92), peroxide (1.29-1.39 meq/kg lipid), TBARS (1.67-1.89 mg MDA/kg) and the total bacterial counts (1.53-1.75 logCFU/g) were acceptable at the end of storage time. Staphylococcus was not observed in these treatments after two months of storage. Sensory properties including texture (3.24 - 3.72), odor (3.52 - 4.10), color (3.15 - 3.68), taste (3.42-3.80), and overall acceptance (3.39-3.90) were of good quality in fishball and minced fish treatments. Moisture, protein, fat, and ash were 69.12 - 73.26%, 17.24- 19.12%, 4.71 - 4.85%, and 1.01 - 1.52%, respectively in fishball and minced fish treatments. Because the nutritional value of the examined treatments was high, and chemical, microbial, and sensory characteristics were determined acceptable at the end of the storage time, the food industry is advised to prepare fishballs and ground meat from <i>Abramis brama</i>.



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی تولید شیرکورکومین رژیمی حاوی فیبر اینولین و غنی شده با پروتئین

نسرین فیاض^۱، مریم حیران^{۲*}، آذین صنعی^۳، آرش رستگارمنش^۴، محمدرضا محمدزاده اول^۴

۱-مشاور عالی واحد تحقیق و توسعه شرکت عالیس، مشهد، ایران.

۲-مدیر واحد تحقیق و توسعه شرکت عالیس، مشهد، ایران.

۳-کارشناس نوآوری بخش تحقیق و توسعه شرکت عالیس، مشهد، ایران.

۴-کارشناس تحقیق و توسعه شرکت عالیس، مشهد، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۳

کلمات کلیدی:

شیر فراسودمند،

کورکومین،

پروتئین شیر،

فیبر اینولین

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.182.

* مسئول مکاتبات:

شیر طلایی، محصولی کم کالری با شکر کاهش یافته، حاوی درصد بالایی پروتئین به همراه فیبر اینولین، کورکومین، پروتئین های WPC و MPC، صمغ کاراگینان، فلفل سیاه، شکر و استویا به عنوان شیرین کننده، طعم دهنده عسل و دارچین است که برای تمامی گروه ها به ویژه ورزشکاران مناسب بوده و یک محصول فراسودمند محسوب می شود. سه تیمار با درصدهای مختلف پروتئین (۵ درصد آب پنیر و ۱ درصد کازئینات، ۵ درصد کازئینات و ۱ درصد آب پنیر، ۳ درصد کازئینات و ۳ درصد آب پنیر و شاهد) در نظر گرفته شد. پس از انجام آزمایشات و بررسی سیری افراد به روش VAS، تیمار شماره ۲ به دلیل میزان سیری بیشتر پروتئین کازئینات در طولانی مدت نسبت به پروتئین آب پنیر و همچنین احساس دهانی و بافتی بهتر آن در ارزیابی حسی، برای مراحل بعدی انتخاب گردید. سپس با مقادیر متفاوت فیبر اینولین در سه تیمار با ۱، ۱/۲۵ و ۱/۵ گرم در ۱ کیلوگرم، خصوصیات رئولوژیکی شامل ویسکوزیته، تنش تسلیم، ضریب قوام و شاخص جریان و همچنین پذیرش کلی آن بررسی شد. ویسکوزیته نمونه ها به ترتیب ۴۳/۷۵، ۴۵/۹۱ و ۴۷/۱۲ و نمونه کنترل ۴۰/۲۳ سانتی پواز گزارش شد که این پارامتر در شیرهای طعم دار به دلیل درصد پروتئین کمتر و عدم وجود فیبر به طور متوسط ۱۵ سانتی پواز است. ضریب قوام و شاخص جریان با افزایش مقدار فیبر، افزایش یافت. همچنین در تست طعم آن ها مقدار ۱ گرم فیبر اینولین بالاترین امتیاز ارزیابی حسی (۴/۲۵±۰/۵) را در مقایسه با ۱/۲۵ و ۱/۵ گرم فیبر (به ترتیب برابر با ۳/۷۷±۰/۸ و ۳/۵±۰/۸) به دست آورد. پس از دستیابی به فرمولاسیون بهینه برای این محصول، ویژگی های فیزیکوشیمیایی آن از جمله پروتئین، میزان کالری و قند آن که به ترتیب برابر با ۷ درصد، ۹۰ کیلوکالری و ۶ درصد بود، اندازه گیری گردید.

۱-مقدمه

در سال‌های اخیر و به ویژه پس از شیوع ویروس کرونا، زردچوبه به دلیل خواص درمانی و تقویت سیستم ایمنی بدن توجه ویژه‌ای به خود جلب کرده است. همچنین نیاز به نوشیدنی‌ای فراسودمند و کم کالری در میان گروه‌های مختلف ورزشکاران، سالمندان و کودکان احساس می‌شود، بنابراین تولید محصولاتی با این ویژگی‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد.

شرکت عالیس با الهام از شیر زردچوبه که یکی از نوشیدنی‌های محبوب مردم هندوستان است، محصولی فراسودمند و غنی شده با نام شیرطلایی تولید کرده که حاوی کورکومین (ماده مؤثره زردچوبه)، فلفل سیاه، فیبر اینولین^۱، پروتئین و شیرین‌کننده طبیعی استویا^۲ است. این محصول با کاهش چربی و قند تا حداقل ممکن، بهبود عملکرد و سلامت بدن را هدف قرار داده است.

کورکومینوئیدها^۳، پلی‌فنل‌های طبیعی شامل کورکومین و مشتقات آن، که در تحقیقاتی فعالیت آنتی‌اکسیدانی، خواص ضد التهابی و ضد توموری قوی و درمان اختلالات خودایمنی مانند دیابت نوع ۱، بیماری‌های روده، آرتریت و برخی سرطان‌ها بررسی شده است [۱ و ۲ و ۳]. اینولین، نوعی فیبر محلول در آب است، در تحقیقات پیشین نشان داده شد که به عنوان یک پری‌بیوتیک، رشد باکتری‌های مفید مانند بیفیدوباکترها را تحریک کرده و باکتری‌های مضر را کاهش می‌دهد. همچنین، این فیبر باعث ایجاد حس سیری، کمک به کاهش وزن، کلسترول خون، و بهبود عملکرد سیستم گوارشی می‌شود [۴].

پروتئین‌های مورد استفاده در این محصول شامل پروتئین آب پنیر^۴ و کازئین^۵ هستند. وعده‌های غذایی حاوی پروتئین احساس سیری بهتری ایجاد می‌کنند. در پژوهشی هالتون و

همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که مصرف وعده‌های غذایی حاوی پروتئین بالا می‌تواند به کاهش وزن و کند شدن روند افزایش وزن کمک می‌کند [۵]. پروتئین‌ها دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند که مربوط به محتوای اسیدهای آمینه، ساختار و سرعت جذب و هضم آن‌ها هست، به عنوان مثال در پژوهش‌ها ثابت شده است که پروتئین آب‌پنیر، نسبت به سایر پروتئین‌ها مانند کازئین (پروتئین دیگر شیر)، مقدار بیشتری اسید آمینه لوسین دارد که هضم آن سریع‌تر است و منجر به افزایش سریع سطح اسیدهای آمینه در بدن می‌شود که بسیار مهم برای ساختن عضلات است. به همین دلیل برای استفاده بلافاصله پس از تمرینات ورزشی توصیه شده است. کازئین، پروتئین دیر جذب‌تری بوده و مصرف آن قبل از خواب توصیه شده است. بنابراین، پروتئین‌های مختلف اثرات متابولیکی متنوعی دارند که تأثیر آن‌ها بر اشتها و مصرف انرژی متفاوت هست [۶]. همان‌طور که پال و همکاران در سال ۲۰۱۴ نشان دادند، مکمل‌ها با پروتئین آب‌پنیر، در مقایسه با مکمل‌های کازئین و کربوهیدرات، تأثیر بهتری پس از غذا بر سیری و احساس پری در افراد دارای اضافه‌وزن و چاق دارد [۷].

همچنین فلفل سیاه، با خواص ضد باکتریایی، آنتی‌اکسیدانی، تقویت‌کننده سیستم ایمنی و ضد تب، یک منبع عالی از منیزیم، ویتامین K، آهن و فیبر است [۸]. استویا، شیرین‌کننده طبیعی و جایگزین مناسبی برای قندهای تصفیه شده، به کاهش وزن و فشار خون کمک می‌کند که برای بیماران دیابتی مناسب است [۹].

هدف اصلی این پژوهش، دستیابی به مقدار بهینه پروتئین کازئین و آب‌پنیر و همچنین مقدار فیبر اینولین برای بررسی تأثیر آن‌ها بر میزان اشتها و ایجاد احساس سیری به مدت ۲

4 -Whey Protein

5 -Caseinate Protein

1 -Inulin Fiber

2 -Stevia

3 -Curcuminoid

تولید شیر کورکومین در فاز اول به صورت تولید نمونه بدون پروتئین آب پنیر و کازئینات به عنوان شاهد و سه تیمار با سه مقدار متفاوت پروتئین آب پنیر و کازئینات شامل ۵ درصد پروتئین آب پنیر و ۱ درصد کازئینات (تیمار ۱)، ۵ درصد کازئینات و ۱ درصد پروتئین آب پنیر (تیمار ۲) و همچنین در مقادیر برابر حاوی ۳ درصد از هر دو این پروتئین‌ها (تیمار ۳)، انجام شد (جدول ۱). هدف از طراحی این تیمارها، بررسی میزان محدود کردن اشتها توسط این دو پروتئین بود تا نسبتی که احساس سیری بیشتر به همراه امتیاز حسی بالا را به دست می‌آورد، برای فرمولاسیون نهایی انتخاب شود.

۲-۲-۲- انتخاب گروه ارزیاب و آزمایش شونده

افراد شامل ۱۱ نفر (زن و مرد) برای هر کدام از چهار گروه تیمارها (جدول ۱) با وزن متعادل و شاخص توده بدنی^۳ بین ۱۸.۵ تا ۲۴.۹ کیلوگرم بر متر مربع و سن بین ۱۸ تا ۴۵ سال از طریق فراخوان در شرکت عالیس از بین ۱۰۰ نفر انتخاب گردیدند. شرکت کنندگان با پاسخ به چند سوال در قالب فرم، مربوط به وزن، قد، سن، بیماری‌های خاص مانند دیابت، کم‌کاری و یا پرکاری تیروئید و بیماری‌های قلبی عروقی، استفاده از داروهای کاهنده چربی، استروئیدها و سایر عواملی که ممکن است بر متابولیسم چربی تأثیر بگذارند، غربالگری شدند.

هفته در انسان بود که عملکرد سیستم گوارشی و در نهایت خصوصیات بافتی، حسی و پذیرش کلی هر کدام از تیمارها با درصدهای مختلف پروتئین و فیبر مورد ارزیابی قرار گرفت. این پژوهش می‌تواند به تولید محصولات غذایی سالم‌تر و کاربردی‌تر کمک کند که نه تنها منجر به بهبود سلامت عمومی و کاهش بیماری‌های مزمن می‌شود، بلکه می‌تواند نیازهای تغذیه‌ای ورزشکاران را نیز برآورده کند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

مواد اولیه مصرفی در این محصول از شیر ۳ درصد چربی، کورکومین، پروتئین‌های WPC^۱ و MPC^۲، فیبر اینولین، صمغ کاراگینان، فسفات، شکر و استویا به عنوان شیرین کننده، طعم دهنده عسل و دارچین استفاده شد. نوع فیبر استفاده شده در این پژوهش، از نوع فیبر محلول است که در معده حل می‌شود و ماده‌ای ژلاتینی تشکیل می‌دهد که هضم را کند می‌کند، این امر باعث افزایش احساس سیری می‌شود و برای افرادی که به دنبال رژیم‌های لاغری می‌باشند بسیار مفید بوده و جزء محصولات سلامت محور بر پایه لاغری نیز هست.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- آماده‌سازی و فرمولاسیون

Table1. Subject characteristics at baseline

	Control	Whey>Casein	Casein>Whey	Casein=Whey
Gender (Male/Female)	9/2	8/3	10/1	9/2
Age	38±1.5	37.2±2.1	37.5±2.0	38.1±1.7
Weight (Kg)	72.2±1.8	71.8±1.5	72.4±0.7	72.4±1.6

1 -Whey Protein Concentrate

2- Milk protein concentrate

3 -BMI: Body Mass Index

BMI (Kg/m ²)	20.6±0.8	20.4±0.9	21.2±0.8	21.8±0.9
--------------------------	----------	----------	----------	----------

هستم)، چقدر تمایل به خوردن دارید؟ (مقدار خیلی زیاد - اصلا)، فکر میکنی چه مقدار غذا میتوانی الان بخوری؟ (خیلی زیاد - اصلا)، ارزیابی انجام گردید. نمره صفر نشان دهنده این بود که ارزیاب‌ها «اصلا سیر نبودند» و نمره ۱۰۰ نشان دهنده این بود که ارزیاب‌ها «بسیار سیر» بودند، نمرات بین این دو بازه بیانگر مقدار سیر بودن ارزیاب بود به طوری که نمره بیشتر نشان دهنده احساس سیری بیشتر هست.

۲-۲-۵- آزمون ارزیابی حسی تیمارهای پروتئین

اعضای پانل، نمونه‌ها را چشیدند و نظرات خود را با نمره دهی از صفر تا ده از نظر طعم (صفر - بد، ۱۰ - بسیار خوب) و قوام (صفر - رقیق، ۱۰ - بسیار غلیظ) ثبت کردند.

۲-۲-۶- آماده سازی و فرمولاسیون فاز ۲

پس از بررسی امتیازات، بهترین نسبت پروتئین‌ها انتخاب شد و با توجه به بررسی تاثیر برخی از فیبرهای رژیمی بر خواص حسی، نمونه‌های حاوی اینولین بیشترین امتیاز مربوط به طعم را کسب کرد. در این مرحله، فیبر با سه درصد متفاوت، در محدوده مجاز استاندارد به علت تاثیرات آن بر دستگاه گوارش، به فرمول اضافه گردید تا پس از ارزیابی حسی توسط ارزیابان، بهترین مقدار آن انتخاب شود. با توجه به دستورالعمل اجرایی غذاهای عملگرا و غنی‌سازی اختیاری مواد خوراکی و آشامیدنی سازمان غذا و دارو، محصول با ۱ تا ۱/۵ درصد فیبر مورد تایید است. بنابراین مقادیر ۱، ۱/۲۵ و ۱/۵ درصد فیبر به عنوان نمونه‌های تیمار و بدون فیبر به عنوان نمونه شاهد در فاز دو در نظر گرفته شد و سپس ویسکوزیته، تنش تسلیم،

۲-۲-۳- رتبه بندی اشتها بر اساس مقیاس آنالوگ بصری (VAS)^۱

شرکت کنندگان طی مدت دو هفته با رژیم غذایی کاملاً یکسان، هر روز دو نوبت میزان اشتهای آن بررسی شد. محصول مورد نظر با درصد پروتئین‌های ذکر شده به عنوان میان وعده در ساعت ۱۰ صبح به آن‌ها داده شد و به روش رتبه‌بندی VAS، اشتهای آن‌ها بلافاصله قبل از ناهار (ساعت ۲ بعدازظهر) و قبل از شام (ساعت ۸ شب) در ۱۴ روز اندازه‌گیری شد، که نشان‌دهنده یک اندازه‌گیری واحد از هر شرکت‌کننده بود. رتبه بندی VAS از خطوط ۱۰۰ میلی‌متری تشکیل شده که در دو انتها با عبارات متضاد مشخص شده است. شرکت کنندگان برای نشان دادن احساس خود در آن نقطه از زمان، یک ضربدر روی خط قرار داده و با اندازه‌گیری فاصله (میلی‌متر) از ابتدای خط تا موقعیت نشانه (از چپ به راست) امتیاز داده شد [۶].

۲-۲-۴- آزمون ارزیابی میزان سیری ارزیاب‌ها

به ارزیابان منتخب در مدت ۱۴ روز و در هر روز ۱ نوبت از این محصول داده شد. طبق تحقیقات منتشر شده [۱۰] مدت زمان هضم کازئین ۵ تا ۷ ساعت و پروتئین آب پنیر ۱ تا ۲ ساعت است و میزان احساس سیری آن‌ها به روش VAS هنگام ناهار و شام با پاسخ به سوال‌های "چقدر احساس گرسنگی می‌کنید؟" (هرگز این قدر گرسنه نبوده ام - اصلاً گرسنه نیستم)، چقدر این احساس سیری برای شما رضایت بخش هست؟ (کاملاً گرسنه هستم - نمیتوانم یک لقمه دیگر بخورم)، چقدر احساس سیری می‌کنید؟ (اصلاً سیر نیستم - کاملاً سیر

شدت جریان، ضریب قوام و در نهایت احساس دهانی و بافت آن بررسی شد.

۷-۲-۲- ویسکوزیته، تنش تسلیم، ضریب قوام و شاخص جریان

ویسکوزیته ظاهری هر یک از نمونه‌ها با دستگاه ویسکومتر مدل بروکفیلد (COM LV Brookfield Inc., USA) با اسپیندل شماره SC4-18 و گستره سرعت برشی ۱ تا ۱۲۳ بر ثانیه بر حسب میلی پاسکال ثانیه در شرایط دمایی ۲۵ درجه سانتیگراد در موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی مشهد اندازه‌گیری و در نهایت در سرعت برشی ۴۵ بر ثانیه گزارش شد. فاکتورهای تنش تسلیم، ضریب قوام و شاخص جریان در دو مدل هرشل بالکلی و قانون توان و با استفاده از نرم افزار Origin 2021 محاسبه شد.

۸-۲-۲- ارزیابی حسی

یازده نفر ارزیاب برای انجام ارزیابی حسی انتخاب شدند و با استفاده از روش هدونیک (نقطه‌ای)، نمونه‌های شیر تهیه شده را به لحاظ ظاهر، بافت، بو، مزه و پذیرش کلی ارزیابی نمودند. به این ترتیب که نمره ۵ "عالی بودن" نمونه و نمره ۱ "خیلی بد بودن" نمونه را نشان می‌دهد [۱۱].

پس از ارزیابی‌های حسی، بافتی، احساس سیری و انتخاب فرمولاسیون بهینه، آزمون‌های فیزیکوشیمیایی بر روی آن انجام شد.

۹-۲-۲- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

۱-۹-۲-۲- اندازه‌گیری فیبر کل

با توجه به استاندارد ۳۱۰۵، بعد از خرد کردن و چربی زدائی از آزمون، با محلول سولفوریک اسید با غلظت مشخص جوشانده شد، سپس جداسازی و شست‌وشو انجام شد و در

نهایت نمونه را خشک و باقی مانده نامحلول توزین و کاهش جرم در اثر سوزاندن آن اندازه‌گیری گردید [۱۲].

۲-۹-۲-۲- اندازه‌گیری پروتئین

به روش کدال و استاندارد ۶۳۹، نمونه با استفاده از اسیدسولفوریک غلیظ در حضور کاتالیزور هضم و پس از واکنش قلیایی و تقطیر، آمونیاک آزاد شده جمع‌آوری شد و میزان نیتروژن و در نهایت مقدار پروتئین خام محاسبه گردید [۱۳].

۳-۹-۲-۲- اندازه‌گیری ماده خشک کل

بر اساس استاندارد ۶۳۷، ۴ تا ۶ گرم از نمونه پس از وزن کردن در آون قرار داده شد تا به وزن ثابت برسد و سپس از طریق فرمول مقدار ماده خشک محاسبه گردید [۱۴].

۴-۹-۲-۲- اندازه‌گیری ساکارز

طبق استاندارد ۱۲۱۸۴، مقدار ساکارز موجود در فرآورده‌های شیر برحسب گرم در ۱۰۰ گرم نمونه محاسبه گردید. در اولین مرحله چربی و پروتئین جدا و ساکارز به گلوکز و فروکتوز تجزیه شد. و سپس مقدار گلوکز کل به روش اسپکتروفتومتری در طول موج ۳۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. این مقدار معادل کل گلوکز موجود در محیط (گلوکز حاصل از ساکارز و گلوکز آزاد) می‌باشد. از طرف دیگر، گلوکز آزاد موجود در نمونه نیز به روش فوق اندازه‌گیری گردید. اختلاف جذب به دست آمده از دو آزمون، با مقدار گلوکز حاصل از ساکارز متناسب می‌باشد که به وسیله آن مقدار ساکارز را تعیین گردید [۱۵].

۵-۹-۲-۲- اندازه‌گیری pH

طبق استاندارد ۲۸۵۹، آزمون موردنظر در دمای حدود ۲۰°C، داخل بشر ۳۰ ml یا ۵۰ ml ریخته و الکتروود pH متر را

کاملاً داخل نمونه (حداقل ۴۵ ثانیه) قرار داده و سپس عدد نشان داده شده در pH متر را یادداشت گردید [۱۶].

۲-۹-۶- اندازه‌گیری چربی

طبق استاندارد ۳۸۴، در ابتدا با استفاده از اسید سولفوریک غلیظ پروتئین شیر حل شد و سپس ذرات چربی با استفاده از نیروی گریز از مرکز و افزودن مقداری ایزو آمیل الکل جداسازی و مقدار چربی با چربی سنج، اندازه گیری گردید [۱۷].

۲-۹-۷- اندازه‌گیری کلسترول و استرول های گیاهی

بخش استرولی با استفاده از روش کروماتوگرافی لایه نازک مطابق استاندارد ۹۶۷۰، جداسازی و ترکیبات بخش استرولی از نظر کیفی و کمی با استفاده از گاز کروماتوگرافی در موسسه پژوهشی علوم و مهندسی صنایع غذایی تعیین شد [۱۸].

۲-۹-۸- اندازه گیری میزان کالری

با توجه به استاندارد ۸۸۶۷، مقدار کالری محصول پس از سوزانده شدن در دستگاه بمب کالریمتر، با توجه به میزان افزایش درجه حرارت آب موجود در داخل مخزن دستگاه، توسط آزمایشگاه معیار گستر اصفهان اندازه گیری گردید [۱۹].

۲-۹-۹- آزمون های میکروبی

طبق استاندارد ۲۴۰۶، شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، کلی فرم، اشرشیاکلی، استافیلوکوکوس اورئوس کوآگولاز مثبت، سالمونلا و کپک و مخمر در آزمایشگاه میکروبی عالیه انجام شد. که محدوده قابل قبول آن‌ها به ترتیب 10^4 ، 10^2 ، 10^1 ، منفی، منفی، منفی و 10^2 است [۲۰].

۲-۱۰- ارزیابی آماری

داده‌ها به‌عنوان میانگین (انحراف معیار) گزارش شد و تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ اجرا و برای مقایسه زوجی بین گروه‌ها، از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی احساس سیری، ارزیابی حسی و بافت محصول با درصدهای متفاوت پروتئین

از بین افراد متقاضی برای ارزیابی حسی، در نهایت ۴۴ زن و مرد انتخاب شدند که در هر کدام از ۴ گروه ذکر شده در بالا، ۱۱ نفر حضور داشتند. با توجه به نتایج در جدول ۲ و آزمون VAS، وجود درصد بالاتری از پروتئین کازئینات نسبت به آب پنیر در محصول باعث ایجاد احساس سیری در بلند مدت (احساس سیری بیشتر قبل از شام) شد در حالی که تاثیر پروتئین آب پنیر در کوتاه مدت و قبل از ناهار بیشتر مورد توجه است. هر چند که کازئین هم اثر قابل قبولی در کوتاه مدت داشت. همان طور که در پژوهش پزشکی و همکاران [۲۰۱۵] ۲۱ [مشاهده گردید؛ پروتئین کازئین و آب پنیر، پروتئین‌های اصلی موجود در محصولات لبنی هستند و در نحوه هضم و جذب متفاوتند زیرا که این دو پروتئین در آمینواسیدها و ترکیبات تفاوت دارند. پروتئین آب پنیر به سرعت جذب و باعث افزایش گذرا در سطح اسیدهای آمینه پلاسما می‌شود، در حالی که کازئین در محیط اسیدی معده منعقد می‌گردد و تخلیه معده را، با افزایش تدریجی و طولانی مدت در سطح اسید آمینه پلاسما به تاخیر می‌اندازد. برخی مطالعات نشان داده‌اند که آب پنیر نسبت به کازئین سیرکننده‌تر است [۲۲ و ۲۳] اگرچه در این مورد نتایج متفاوتی در منابع وجود دارد [۲۴ و ۲۵] به همین ترتیب، هیچ شواهد روشنی مبنی بر برتری یک پروتئین لبنی بر

گلوکاگون-^{۳۱} و پلی پپتید انسولینوتروپیک وابسته به گلوکز^۳ (GIP)، که هر دو در اختلال پپتیدی روده‌ای انسولینوتروپیک مهم هستند، عمل کنند [۲۶].

میزان احساس سیری ارزیابان با تیمارهای کازئین برابر با آب پنیر و کازئین بیشتر از آب پنیر قابل قبول بود، ارزیابی حسی و پری دهانی آن با توجه به شکل شماره ۱، تیمار ۱ (نمونه با ۵ درصد پروتئین آب پنیر و ۱ درصد پروتئین کازئین) و ۳ (نمونه با ۳ درصد پروتئین کازئین و ۳ درصد پروتئین آب پنیر) تقریباً از نظر طعم و مزه یکسان و کمی بالاتر از تیمار ۲ (نمونه با ۵ درصد پروتئین کازئین و ۱ درصد پروتئین آب پنیر) بودند اما از نظر بافتی تیمار ۲ بهتر ارزیابی شد. در نتیجه‌ی برآیند این آزمون‌ها، این تیمار (۲) یعنی "کازئین بیشتر از آب پنیر" انتخاب گردید تا در مراحل بعد، مقدار فیبر مناسب برای آن با در نظر گرفتن پارامترهای مربوطه مشخص شود.

دیگری در هنگام بررسی اثرات آن بر مصرف انرژی^۱ وجود ندارد. در تحقیقی نشان داده شد که احساسات ذهنی کازئین و سویا نسبت به آب پنیر سیرکننده‌تر بودند، اما آب پنیر در مقایسه با کازئین و سویا بیشتر مورد پذیرش واقع شد [۲۳]. نتایج نشان می‌دهد که می‌توان از منابع مختلف پروتئین برای تعدیل متابولیسم و متعاقباً تعادل انرژی استفاده کرد.

بر اساس تحقیقات موجود، اثرات محدود کننده اشتها در آن‌ها احتمالاً به علت ترشح هورمون‌های سیرکننده می‌باشد بدین صورت که این پروتئین‌ها، جذب آمینواسید به واسطه انسولین را در سلول‌ها تحریک می‌کند، که می‌تواند تأثیر آن بر احساس سیری را نیز توضیح دهد. اینکرتین‌ها^۲، هورمون‌های مشتق شده از روده هستند که در پاسخ به مصرف مواد مغذی آزاد می‌شوند و ترشح انسولین را با تحریک گیرنده‌های خاص روی سلول‌های β افزایش می‌دهند. پروتئین‌های آب پنیر ممکن است از طریق دو هورمون اصلی اینکرتین شامل پپتید شبه

3- Glucagon-like peptide-1

4- Glucose-dependent insulintropic polypeptide

1- energy expenditure (EE)

2- Incretin

Table2. Sensations of appetite measured by the Visual Analogue Scales before lunch and dinner in days 0,7,14.

Groups	Before Lunch			Before Dinner		
	Day0	Day7	Day 14	Day0	Day7	Day14
How hungry do you feel?						
Control	48.9±2.5	49.1±2.8	49.7±3.1 ^a	57.5±3.2	58.1±3.1 ^a	58.3±3.1 ^a
Whey>Casein	40.4±3.8	40.2±3.9	39.9±3.1 ^a	45.4±2.2	45.8±3.2	44.8±2.8 ^a
Whey<Casein	41.5±4.1	41.3±3.9	41.8±4.2	41.7±4.4	41.7±4.1	41.8±4.0
Whey=Casein	41.1±4.3	40.9±3.7	41.2±3.8	43.8±4.5	42.9±4.3 ^a	43.6±3.9
How satisfied do you feel?						
Control	54.7±3.3	54.4±4.5	55.2±4.8 ^a	50.2±4.5	50.5±4.1	49.7±3.9 ^a
Whey>Casein	59.2±4.1	58.5±4.0 ^a	57.9±4.5 ^b	52.2±3.8	52.7±3.5 ^a	53.1±2.9 ^b
Whey<Casein	58.1±2.6	57.7±2.6	56.8±4.2 ^a	59.6±2.4	60.7±3.7 ^a	60.9±3.4 ^b
Whey=Casein	58.3±3.1	58.5±3.6	57.8±3.2 ^a	58.4±4.3	59.2±3.9 ^a	59.8±3.5 ^b
How full do you feel?						
Control	54.7±3.6	54.9±4.2	55.0±4.1	51.6±2.5	52.1±2.1 ^a	52.4±2.4 ^a
Whey>Casein	57.1±3.6	56.4±3.5 ^a	56.1±3.3 ^a	54.7±3.1	54.9±3.2	55.2±3.8 ^a
Whey<Casein	56.2±4.2	55.8±3.7	55.9±3.9	58.9±3.4	58.7±2.7	59.5±3.1 ^a
Whey=Casein	53.7±2.5	53.2±2.7 ^a	53.8±3.2	54.1±2.3	54.5±2.3	54.1±2.4
How strong is your desire to eat?						
Control	60.2±2.7	59.8±2.9	60.5±2.6	66.4±3.1	62.5±3.4 ^b	65.8±3.1 ^a
Whey>Casein	52.4±3.4	52.8±3.4	51.8±3.7 ^a	53.8±3.5	54.7±3.4 ^a	54.5±2.8 ^a
Whey<Casein	52.2±2.4	52.7±2.5 ^a	52.4±2.9	50.0±2.8	49.8±3.4	50.4±2.5
Whey=Casein	52.4±3.2	52.5±3.4	52.8±2.4	50.8±2.6	51.2±2.8	51.7±3.1 ^a

Data are means±s.e.m. (control n=11; Whey>Casein n=11; Whey<Casein n=11; Whey=Casein n=11) of various questions of the absolute values (mm) from the VAS (Visual Analogue Scale) at day 0, day7 and day14. Statistical significance between groups is indicated by different letters, with comparisons made from day0 at P < 0.05. Data were analyzed using the general linear model and difference was assessed by the Tukey's test.

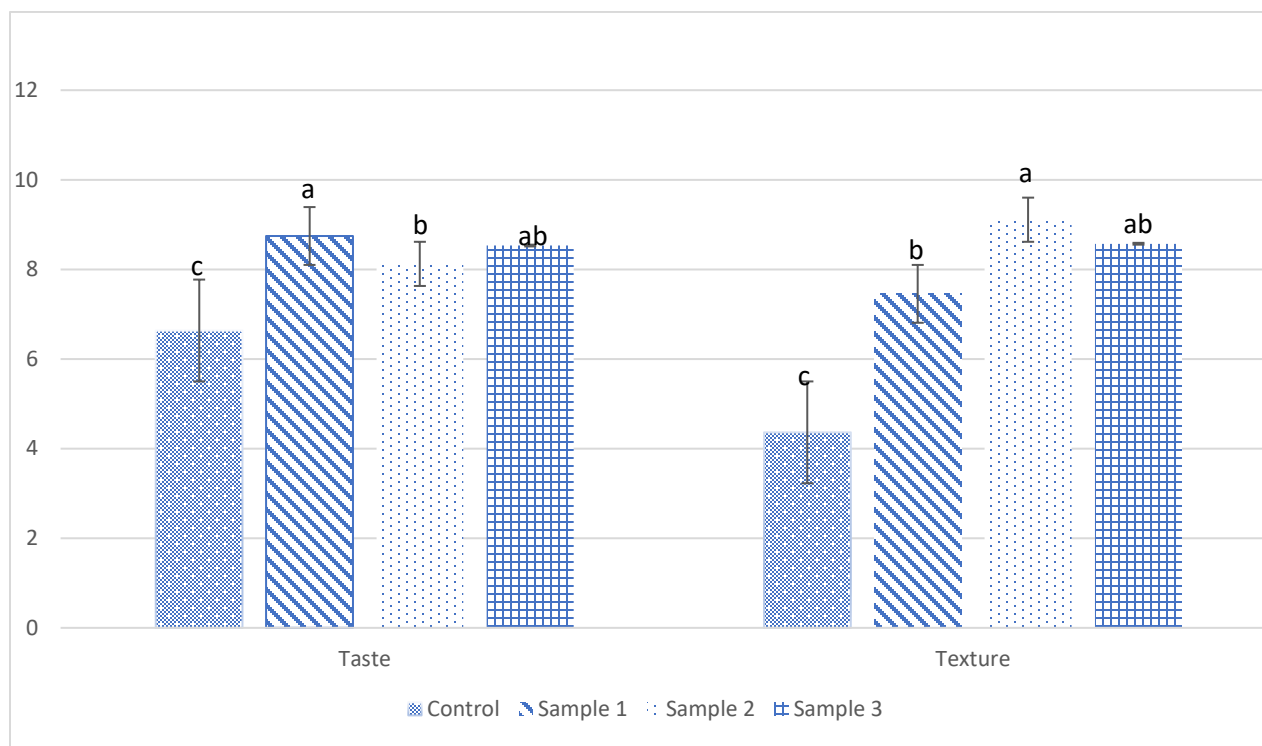


Figure 1. Sensory Analysis by Hedonic evaluation Method. Different lowercase letters in each title “Taste” and “Texture” indicate a significant difference between the data ($p \leq 0/01$).

ظاهری، ضریب قوام، شاخص جریان و تنش تسلیم تیمارها، ارزیابی حسی آنها توسط ۱۱ ارزیاب آموزش دیده به روش هدونیک، انجام شد (جدول ۳). ویسکوزیته شیر طلایی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به طور میانگین ۴۵ سانتی پواز گزارش شد این در حالی است که ویسکوزیته دیگر شیرهای طعم دار عالیس مانند شیر کاکائو، شیر نارگیل، شیرموز و شیر قهوه که در موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی انجام شد، به ترتیب ۱۰/۳۸، ۱۵/۴۸، ۱۵/۹۶، ۱۳/۸۴ سانتی پواز بود. با مقایسه سه تیمار تعریف شده در این مرحله، تیمار شماره ۱ با احساس دهانی بهتر با توجه به امتیاز ارزیابها انتخاب شد. با وجود این که تیمارهای ۲ و ۳ ویسکوزیته بالاتری داشتند، تیمار شماره ۱ با یک درصد فیبر، بهترین امتیاز را به دست آورد که احتمالاً

۲-۳- بررسی خصوصیات رئولوژیکی، بافتی و حسی محصول با فیبر اینولین

ارزیابها، محصول با مقدار مشخص پروتئین آب پنیر و کازئین را با مقدار ۱، ۱/۲۵ و ۱/۵ درصد فیبر اینولین ارزیابی کردند. ویسکوزیته محصول با دستگاه ویسکومتر، اندازه گیری شد و مطابق انتظار با افزایش فیبر، ویسکوزیته آن افزایش یافت که نتایج آن در جدول ۳ آمده است. اینولین به عنوان یک جایگزین خوب چربی در محصولات لبنی مختلف عمل می کند و توانایی آن به عنوان جایگزین چربی نه تنها به تغییر رفتار رئولوژیکی، بلکه به تغییر سایر ویژگی های احساس دهانی مانند کرمی^۱ یا شنی نبودن^۲ نیز مربوط می شود. پس از اندازه گیری ویسکوزیته

وجود ۷ درصد پروتئین در ترکیب و تاثیر آن بر بافت شیرطلایی و همچنین چربی طبیعی شیر، در این مورد بی تاثیر نبوده است. با توجه به تحقیق انجام شده توسط ونگ و همکاران [۲۶] افزودن پروتئین آب پنیر، به دلیل برهمکنش های هیدروفوبی با میسل های کازئین شیر و تشکیل کمپلکس پروتئین کازئین-پروتئین آب پنیر، مانع جداسازی سرم و بهبود خصوصیات بافتی می گردد. در نتیجه با وجود پروتئین آب پنیر در شیرطلایی، با استفاده از مقدار کمتر اینولین، سریع تر به بافت مطلوب خواهیم رسید ضمن این که گزارشاتی مبنی بر بروز اسهال در درصد فیبرهای بالاتر گزارش شده است [۲۷]. همچنین در تحقیقی گون و همکاران [۲۸] گزارش کردند که افزودن اینولین تا سطح ۱ درصد باعث افزایش خواص حسی نسبت به شاهد و افزودن بیشتر تا سطح ۳ درصد باعث کاهش ویژگی های حسی نمونه گردیده است. اینولین، ویسکوزیته ظاهری شیرطلایی و حس خامه ای را در دهان بهبود بخشید و تصور می شود که اینولین به عنوان یک جایگزین چربی، دارای توانایی در تشکیل میکروکریستال هایی هست که با یکدیگر تعامل دارند و دانه های کوچکی را تشکیل می دهند. این دانه ها مقدار زیادی آب را در خود محصور و در نتیجه بافتی صاف و کرمی ایجاد می کنند [۲۹]. اینولین به عنوان بهبود دهنده بافت با تشکیل کریستال های ریز، ساختار ژلی را تشکیل می دهد که مسئول به وجود آوردن حالت خامه ای در بافت محصول می شود. در شکل ۲، رفتار تنش برشی محصول حاوی ۱ درصد فیبر اینولین در برابر افزایش سرعت برش نشان داده شده است. این نمودار نشان دهنده رفتار سیال سودوپلاستیک است، به این

معنی که ویسکوزیته این سیال ثابت نیست و به سرعت برش وابسته است [۳۰]. در هر دو نمودار، منحنی ها در سرعت های برش پایین (نزدیک به صفر) دارای شیب تندتری هستند. این شیب تند نشان می دهد که در این ناحیه، تنش برشی با افزایش سرعت برش به سرعت افزایش می یابد که به معنای ویسکوزیته بالاتر است. با افزایش سرعت برش، شیب منحنی ها به تدریج کاهش می یابد که نشان می دهد با افزایش سرعت برش، افزایش تنش برشی کمتر می شود و به عبارت دیگر، ویسکوزیته سیال کاهش می یابد. رفتار شبه پلاستیک این سیال به خوبی توسط مدل های هرشل-بالکلی و آلو متریک توصیف می شود و پارامترهای این مدل ها به ما کمک می کنند تا تغییرات ویسکوزیته را به صورت کمی مشخص کنیم.

در پژوهشی [۳۱] اینولین اثر قابل توجهی بر روی شاخص سفتی (مقدار نیروی مورد نیاز برای بلند کردن یک قاشق از محصول) نشان نداد و فقط نمونه های حاوی ۳/۵ درصد چربی به طور قابل توجهی سفت تر از نمونه های دیگر بودند. این نتایج تا حدی با داده های رئولوژیکی مطابقت دارد، جایی که هر دو اثر اینولین و چربی را می توان مشاهده کرد. با توجه به این موضوع و شیر ۳ درصد چربی که در شیرطلایی استفاده شده است و نتایج به دست آمده از ویسکوزیته و ارزیابی حسی در این مرحله، استفاده از یک درصد اینولین در شیر ۳ درصد چربی همراه با پروتئین افزوده آب پنیر و کازئین، بهترین نتیجه را به همراه خواهد داشت.

Table3. Viscosity, Yield stress, Consistency Coefficient, Flow Behavior Index, Final sensory analysis

Samples	Inulin Percentage	Average Sensory Analysis score	Viscosity (45/s Shear velocity)	Yield stress (Pa)	Herschel-Bulkley		Allometric	
					Flow Behavior Index	Consistency Coefficient	Flow Behavior Index	Consistency Coefficient
Control	0	3.5±0.7 ^c	40.23 ^c	0	0.60253 ^b	0.17645	0.60423 ^b	0.17668
Sample1	1	4.25±0.5 ^a	43.75 ^b	0	0.62449 ^{ab}	0.18174	0.62286 ^a	0.17995
Sample2	1.25	3.77±0.8 ^b	45.91 ^{ab}	0	0.63228 ^a	0.18256	0.62562 ^a	0.18214
Sample3	1.5	3.5±0.8 ^c	47.12 ^a	0	0.63845 ^a	0.18427	0.62823 ^a	0.18502

Different lowercase letters in each column indicate a significant difference between the data ($P \leq 0.01$)

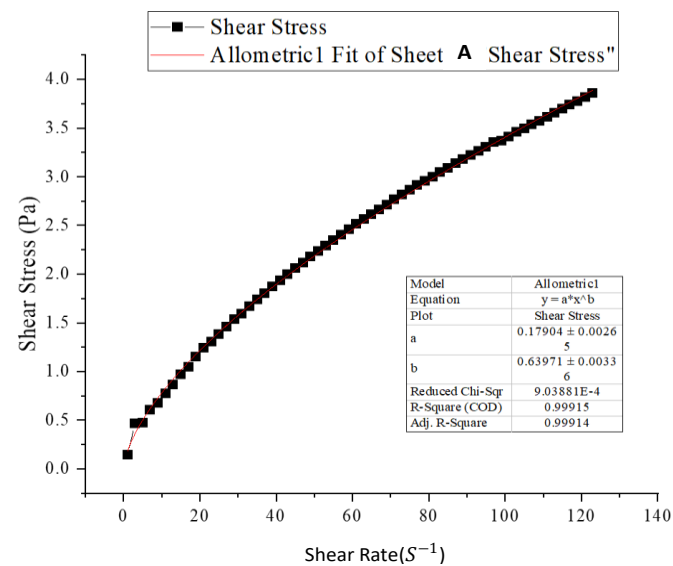
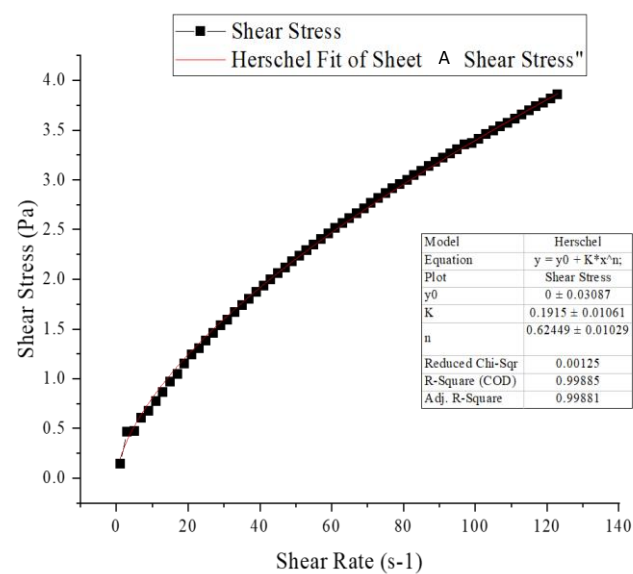


Figure2. Shear stress diagram in terms of shear rate in treatment with 1% of fiber (pseudoplastic fluid)

۳-۳- بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی

در ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محصول نهایی، که تعدادی از پارامترها در جدول ۴ آمده است، ابتدا مقدار فیبر و پروتئین مطابق با استانداردهای موجود اندازه‌گیری شد. این مقادیر با فرمولاسیون محصول هماهنگ بود. بیشترین اسیدهای چرب در شیرطلایی شامل پالمیتیک اسید (۳۶/۸۵٪)، استئاریک اسید (۱۱/۸۱٪) و میریستیک اسید (۱۱/۰۷٪) بود. درصد اسیدهای چرب سیس و ترانس نیز به ترتیب ۲۷٪ و ۱/۵٪ بود.

به دلیل ماهیت رژیمی محصول، میزان ساکارز آن تقریباً ۲/۵٪ بود که نسبت به شیرهای طعم‌دار که به‌طور معمول ۶ تا ۷٪ گزارش می‌شوند، کمتر است. همچنین، قند کل شیر طلایی ۱ تا ۲٪ کاهش یافته است. شیر طلایی به دلیل غنی بودن از پروتئین و فیبر، میزان ماده خشک بالایی نسبت به سایر شیرها دارد؛ به طوری که شیرهای ساده ۸٪، شیرهای طعم‌دار مانند کاکائو ۱۵ تا ۱۸٪ و شیر طلایی ۲۵٪ ماده خشک دارند.

آزمون‌های میکروبی نشان داد که محصول مطابق با استانداردها بوده و عاری از اشرشیاکلا، استافیلوکوکوس اورئوس و سالمونلا است.

Table4. Physicochemical Characteristics of Golden Milk

Factor s	Saturated fatty acid	Unsaturate d fatty acid	cholestero l	Other Sterol s	pH	acidity (in terms of lactic acid)	Total Suga r	Brix	Fat	Calorie (Kcal/10 0)
Golde n Milk	71%	28.8%	98%	1.32%	6.7	0.17	6.67	25%	3%	90

۳-۴- نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که پروتئین کازئین اثر سیرکنندگی در طولانی مدت و پروتئین آب پنیر در کوتاه مدت دارد. پروتئین کازئین تاثیر مطلوب تری بر بافت محصول نهایی داشت در حالی که پروتئین آب پنیر بر طعم و مزه تاثیر بهتری نشان داد. در نتیجه به کارگیری هر دو نوع پروتئین با درصد مشخص در فرمولاسیون محصول استفاده شد. فیبر اینولین در صورتی که در محصول بدون چربی و پروتئین افزوده شود، نسبت‌های بالای ۱ درصد باعث بهبود و نرم شدن بافت می‌شود. در محصول تولیدی با توجه به درصد پروتئین بالای آن و درصد چربی شیر به کار برده شده، استفاده از درصد فیبر بالا باعث عدم مقبولیت در آزمون‌های

ارزیابی حسی مربوطه شد. در نتیجه با تاثیر مثبت فیبر اینولین حدود یک درصد در بافت، این مقدار انتخاب گردید و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محصول نهایی در مقایسه با سایر شیرها (شیرهای ساده و طعم دار) ارزیابی شد. با توجه به رژیمی بودن محصول، مقدار ساکارز و قند کل آن کمتر از سایر شیرها و همچنین به علت استفاده از پروتئین و فیبر در فرمولاسیون، ماده خشک آن بالاتر می‌باشد.

در پژوهش‌های آینده می‌توان به غنی‌سازی شیرطلایی با ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه ضروری که بدن قادر به ساخت آن نیست پرداخت. همچنین می‌توان دسرهای نوشیدنی فراسودمند بر پایه زردچوبه با پروتئین بالا را فرموله کرد.

- [1] Hewlings, S. J., & Kalman, D. S. (2017). Curcumin: A review of its effects on human health. *Foods*, 6(10), 92.
- [2] Na, L.X.; Li, Y.; Pan, H.Z.; Zhou, X.L.; Sun, D.J.; Meng, M.; Li, X.X.; Sun, C.H. Curcuminoids exert glucose-lowering effect in type 2 diabetes by decreasing serum free fatty acids: A double-blind, placebo-controlled trial. *Mol. Nutr. Food Res.* 2013, 57, 1569–1577.
- [3] Chuengsamarn, S.; Rattanamongkolgul, S.; Luechapudiporn, R.; Phisalaphong, C.; Jirawatnotai, S. Curcumin extract for prevention of type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2012, 35, 2121–2127.
- [4] Flamm, G., Glinsmann, W., Kritchevsky, D., Prosky, L., & Roberfroid, M. (2001). Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. *Critical reviews in food science and nutrition*, 41(5), 353-362.
- [5] Halton, T. L., & Hu, F. B. (2004). The effects of high protein diets on thermogenesis, satiety and weight loss: a critical review. *Journal of the American college of nutrition*, 23(5), 373-385.
- [6] Kadam, B., Ambadkar, R., Rathod, K., & Landge, S. (2018). Health benefits of whey: A brief review. *International Journal of Livestock Research*, 8(5), 31-49.
- [7] Pal, S., Radavelli-Bagatini, S., Hagger, M., & Ellis, V. (2014). Comparative effects of whey and casein proteins on satiety in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial. *European journal of clinical nutrition*, 68(9), 980-986.
- [8] Myers, B. M., Smith, J. L., & Graham, D. Y. (1987). Effect of red pepper and black pepper on the stomach. *American Journal of Gastroenterology (Springer Nature)*, 82(3).
- [9] Anton, S. D., Martin, C. K., Han, H., Coulon, S., Cefalu, W. T., Geiselman, P., & Williamson, D. A. (2010). Effects of stevia, aspartame, and sucrose on food intake, satiety, and postprandial glucose and insulin levels. *Appetite*, 55(1), 37-43.
- [10] Luhovyy, B. L., Akhavan, T., & Anderson, G. H. (2007). Whey proteins in the regulation of food intake and satiety. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(6), 704S-712S.
- [11] Barrantes, E., Tamime, A. Y., Muir, D. D., & Sword, A. M. (1994). The effect of substitution of fat by microparticulate whey protein on the quality of set-type, natural yogurt. *International Journal of Dairy Technology*, 47(2), 61-68.
- [12] ISIRI. Agricultural food products- Determination of crude fiber contents. Standard Number: 3105. 1st edition.
- [13] ISIRI. Determination of total nitrogen in milk (Kjeldahl method). Standard Number: 639. 1st edition.
- [14] ISIRI. Determination of total nitrogen in milk (Kjeldahl method). Standard Number: 637. 1st edition.
- [15] ISIRI. Milk products and ice cream- Determination of sucrose and glucose content- Enzymatic method. Standard Number: 12184. 1st edition.
- [16] ISIRI. Milk and milk products - Determination of titrable acidity and pH- Test method. Standard Number: 2852. 2nd edition.
- [17] ISIRI. Milk - Determination fat content- Acido-butyrometric (Gerber method). Standard Number: 23626. 1st edition.
- [18] ISIRI. Animal and vegetable fats and oils- Determination of individual and total strolls contents by gas chromatography – Test method. Standard Number: 9670. 1st edition.
- [19] ISIRI. Animal products, Animal feeding stuffs and feces or urine – Determination of gross calorific value – Bomb calorimeter method. Standard Number: 8867. 1st edition.
- [20] ISIRI. Microbiology of milk and milk products- Specifications and test methods. Standard Number: 2406. 4th edition.
- [21] Pezeshki, A., Fahim, A., & Chelikani, P. K. (2015). Dietary whey and casein differentially affect energy balance, gut hormones, glucose metabolism, and taste preference in diet-induced obese rats. *The Journal of nutrition*, 145(10), 2236-2244.
- [22] Hall WL, Millward DJ, Long SJ, et al. (2003) Casein and whey exert different effects on plasma amino acid profiles, gastro- intestinal hormone secretion and appetite. *Br J Nutr* 89, 239– 248.
- [23] Veldhorst MA, Nieuwenhuizen AG, Hochstenbach-Waelen A, et al. (2009) Dose-dependent satiating effect of whey relative to casein or soy. *Physiol Behav* 96, 675– 682.
- [24] Acheson KJ, Blondel-Lubrano A, Oguey-Araymon S, et al. (2011) Protein choices targeting thermogenesis and metabolism. *Am J Clin Nutr* 93, 525–534.
- [25] Bendtsen LQ, Lorenzen JK, Bendtsen NT, et al. (2013) Effect of dairy proteins on

appetite, energy expenditure, body weight, and composition: a review of the evidence from controlled clinical trials. *Adv Nutr* 4, 418–438

[26] Wang, W., Bao, Y., Hendricks, G. M., & Guo, M. (2012). Consistency, microstructure and probiotic survivability of goats' milk yoghurt using polymerized whey protein as a co-thickening agent. *International Dairy Journal*, 24(2), 113-119.

[27] Staffolo, M. D., Bertola, N., & Martino, M. (2004). Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. *International Dairy Journal*, 14(3), 263-268.

[28] Guven, M., Yasar, K., Karaca, O. B., & Hayaloglu, A. A. (2005). The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat

yogurt manufacture. *International journal of dairy Technology*, 58(3), 180-184.

[29] Bot, A., Erle, U., Vreeker, R., Agterof, W.G.M., 2004. Influence of crystallisation conditions on the large deformation rheology of inulin gels. *Food Hydrocolloids* 18, 547–556

[30])Duarte, M. E., Gouveia, D. S., Mata, M. E., & Queiroz, A. J. D. M. (2012). Rheological behavior of mixed drink of annona and milk. *Engenharia Agrícola*, 32, 333-341.

[31] Guggisberg, D., Cuthbert-Steven, J., Piccinali, P., Bütikofer, U., & Eberhard, P. (2009). Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition. *International Dairy Journal*, 19(2), 107-115.



Scientific Research

Evaluation the production of dietary curcumin milk containing inulin fiber and enriched with protein

Fayyaz, N.¹, Heyran, M.², Sonei, A.³, Rastegarmanesh, A.⁴, Mohammadzadeh aval, M.⁴

1- Senior advisor of research and development unit at Alis company, Mashhad, Iran.

2- Head of research and development unit at Alis Company, Mashhad, Iran.

3- Innovation expert in R&D unit of Alis Company, Mashhad, Iran.

4- R&D Expert at Alis Company, Mashhad, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2024/11/6 Accepted: 2025/03/03 Keywords: Functional milk, Curcumin, Milk protein, Inulin fiber DOI: 10.22034/FSCT.22.161.166. *Corresponding Author E-	Golden Milk is a low-calorie product with reduced sugar, high protein content, and contains inulin fiber, curcumin, WPC and MPC proteins, carrageenan gum, black pepper, sugar, and stevia as a sweetener, flavored with honey and cinnamon. It's suitable for everyone, especially athletes, and is considered a functional food product. We examined three treatments with varying protein percentages (5% whey and 1% caseinate, 5% caseinate and 1% whey, 3% caseinate and 3% whey, and a control). Following experiments and satiety evaluations using the VAS method, the treatment with 5% caseinate and 1% whey was chosen for further stages due to caseinate protein's longer satiety effect and better sensory evaluation for mouthfeel and texture. We then explored rheological properties; viscosity, yield stress, consistency coefficient, and flow index, alongside overall acceptance for three treatments with different inulin fiber amounts (1, 1.25, and 1.5 grams per kilogram). The sample viscosities were 43.75, 45.91, and 47.12 centipoise, while the control was 40.23 centipoise. Flavored milks typically average around 15 centipoise due to lower protein and fiber absence. Consistency coefficient and flow index increased with fiber content. In taste tests, the sample with 1 gram of inulin fiber scored highest in sensory evaluation (4.25 ± 0.5) compared to 1.25 and 1.5 grams of fiber (3.77 ± 0.8 and 3.5 ± 0.8, respectively). Upon achieving an optimal formulation, the product's physicochemical properties; protein, caloric value, and sugar content were measured at 7%, 90 kilocalories, and 6%, respectively.



بهینه سازی فرمولاسیون بیسکوئیت فاقد گلوتن با استفاده از شیر خرمای و پودر هسته خرما

عذرا حاج علی بکلو^۱، فروغ محترمی^{۲*}، آرش قیطان پور^۲، محسن اسمعیلی^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه ارومیه - ایران

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه ارومیه، ارومیه - ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

به نظر می‌رسد که بیماران سلیاکی اعتماد بیشتری به محصولاتمانند بیسکوئیت‌ها و کراکرها به عنوان منبع کربوهیدرات دارند. از این رو این مطالعه به بررسی و بهینه‌سازی بیسکوئیت فاقد گلوتن با استفاده از شیر خرما و پودر هسته خرما پرداخته است. شکر مصرفی در سطوح ۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۶۰ درصد به وسیله شیر خرما و آرد برنج در سطوح ۰، ۱۰، ۱۳ و ۲۰ درصد به وسیله پودر هسته خرما جایگزین گردیدند. بیسکوئیت‌های فاقد گلوتن از لحاظ خواص بافتی خمیر و بیسکوئیت و خواص فیزیکی شیمیایی بیسکوئیت شامل ضریب پخش، رطوبت، فعالیت آبی، رنگ، فعالیت آنتی اکسیدانی، فیبرکل، قندکل، چربی و پروتئین بر اساس روش‌های استاندارد مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای تعیین بهترین سطوح جایگزینی شیر خرما و پودر هسته خرما، ارزیابی حسی با استفاده از آزمون هدونیک ۵ نقطه ای و ارزیابی احساس دهانی با استفاده از نرم افزار سنسومیکر انجام گرفت. در نهایت ترکیب بهینه پیشنهادی تولید و ویژگی‌های بافتی و فیزیکی شیمیایی شامل سفتی، فیبرکل، قندکل، چربی، پروتئین، خاکستر، pH، رطوبت، فعالیت آبی، رنگ، فعالیت آنتی اکسیدانی اندازه گیری و با نمونه شاهد مقایسه شد. جایگزینی آرد برنج با پودر هسته خرما و همچنین جایگزینی شکر با شیر خرما، سفتی و ارتجاعیت خمیر را افزایش داد. در ارتباط با ویژگی‌های بافتی بیسکوئیت‌های فاقد گلوتن، سفتی با افزایش سطوح پودر هسته خرما و شیر خرما به طور معناداری افزایش پیدا کرد. در مورد ویژگی‌های حسی نیز باید اظهار داشت که جایگزینی آرد برنج با پودر هسته خرما و همچنین شکر با شیر خرما بر روی طعم، تردی و رنگ تاثیر معناداری داشت.

تاریخ‌های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۸/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰

کلمات کلیدی:

بیسکوئیت،

بدون گلوتن،

شیر خرما،

پودر هسته خرما،

سنسومیکر

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.198.

* مسئول مکاتبات:

f.mohtarami@urmia.ac.ir

۱-مقدمه

بیماری سلیاک یک التهاب مزمن روده باریک می باشد که منجر به بروز علائم مختلفی مانند سوتغذیه، اختلالات روده، مشکلات پوستی، استخوانی، عصبی و عضلانی می گردد [1]. بیماری سلیاک یک مسئله بهداشت جهانی می باشد که تقریباً ۱٪ از جمعیت جهان را تحت تاثیر قرار می دهد [2]. این بیماری سلیاک منجر به سوءجذب چندین مواد مغذی مانند آهن، اسید فولیک، کلسیم و ویتامین های محلول در چربی می گردد. امروزه تنها راه درمان و مقابله با بیماری سلیاک و اختلال های مربوط به گلوتن یک رژیم سخت فاقد گلوتن می باشد [۳]. شبکه گلوتن در نان و سایر محصولات نرم با عمل آورنده های بیولوژیکی نظیر مخمرها مهم است [۴] در حالیکه در بیسکوئیت ها نقش مهمی ایفا نمی کند. در این محصول، شبکه گلوتن برای بدست آوردن یک خمیر چسبناک نه زیاد الاستیک بایستی به آرامی توسعه پیدا کند. به نظر می رسد که بیماران سلیاکی اعتماد بیشتری به محصولاتی مانند بیسکوئیت ها و کرارکر ها به عنوان منبع کربوهیدرات دارند [2].

یکی از راه های غنی سازی محصولات فاقد گلوتن، استفاده از فراورده های خرما است. شیر خرما یکی از فراورده های مهم خرما می باشد که در فرمولاسیون برخی مواد غذایی از جمله بستنی، نوشیدنی ها، تولید شیرینی، محصولات نانوائی، مخلوط خمیر کنجد و شیر خرما، مربا و کره استفاده می گردد و غنی از کربوهیدرات ها می باشد [5]. گلوکز و فروکتوز قندهای اصلی موجود در شیر خرما هستند. محتوی قند کل در شیر خرما ۸۸٪ می باشد [6] و علاوه بر ترکیبات تغذیه ای، سرشار از آنتی اکسیدان ها است. پژوهشگران در تحقیقی به بررسی افزودن شیر خرما در فرمولاسیون کیک اسفنجی پرداختند. نتایج بدست آمده نشان داد که به صورت کلی جایگزینی ساکارز با شیر خرما در معناداری بر روی سفتی نمونه ها نداشت [7]. در تحقیق دیگری شیر خرما در سطوح مختلف جایگزین ساکارز گردید و نتایج بدست آمده نشان داد که محتوی فنولیک و فعالیت آنتی اکسیدانی به طور

معناداری افزایش یافت ($p < 0/05$) اما رنگ نمونه های حاوی شیر خرما به طور معناداری تیره شد [7]. شیر خرما به عنوان جایگزین ساکارز در سایر فراورده ها مانند انواع کوکی ها، بیسکوئیت ها و کیک های لایه ای و اسفنجی نیز به کار رفته است [8].

پودر هسته خرما، از دیگر فراورده های خرماست که در سالهای اخیر توجه زیادی را به خود جذب کرده است. هسته خرما محتوی مقادیر بالایی از پتاسیم، سدیم، منیزیم، روی، مس، نیکل، کبالت، کروم، سرب و کادمیوم می باشد که پتاسیم، فسفر، منیزیم، کلسیم و سدیم در مقادیر بالاتری می باشند. هسته های خرما همچنین یک منبع عالی از ترکیبات فنولیک، گالیک اسید و آنتی اکسیدان ها می باشند. به علت محتوی بالای پلی فنل ها و ارزش تغذیه ای هسته های خرما، این محصول می تواند به عنوان یک ماده فراسودمند در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی به کار می رود [9]. در تحقیقی به ارزیابی ویژگی های شیمیایی، فیزیکی و حسی بیسکوئیت ترکیب شده با پودر هسته خرما پرداخته شد و نتایج ارزیابی های حسی نشان داد که بیسکوئیت های که حاوی ۳۰٪ پودر هسته خرما بودند از لحاظ قابلیت پذیرش برتری داشتند. حجم مخصوص و دانسیته بیسکوئیت با افزایش سطوح پودر هسته خرما کاهش پیدا کرد. اما سفتی با افزایش سطوح پودر هسته خرما افزایش پیدا کرد [8]. در تحقیق دیگری به بررسی ویژگی های فراسودمند نان مسطح تولید شده با پودر هسته خرما پرداخته شد. نتایج بیانگر این بود که، تفاوت معناداری در محتوی رطوبت نمونه ها نسبت به نمونه شاهد مشاهده نگردید و سطوح مختلف پودر هسته خرما تاثیری بر روی محتوی پروتئین نداشته است [10].

به علت عدم حضور گلوتن در فراورده های مخصوص بیماران سلیاک، معمولاً ویژگی های حسی این فراورده ها نسبت به محصولات مشابه دارای گلوتن پایین تر است بنابراین ارزیابی حسی آن ها از اهمیت خاصی برخوردار است. سنسومیکر یک نرم افزار برای آنالیز داده های مربوط به مطالعات حسی می باشد که به دلیل داشتن حوزه های مختلف کاربر پسند می باشد. اطلاعات مورد نیاز می توانند با

استفاده از روش‌های متفاوت به دست آیند. مانند مقیاس طبقه‌بندی شده^۱، مقیاس خطی^۲، زمان تسلط بر حس (TDS)^۳ و زمان-شدت (TI)^۴. آنالیز داده‌ها می‌تواند با استفاده از روش‌های متفاوت صورت گیرد. منحنی‌ها و نمودارهای با کیفیتی از این نرم افزار به دست می‌آید. این نرم‌افزار در مورد محصولاتی که توجه زیادی به اولویت مصرف کننده می‌دهند به منظور توسعه و بهبود محصول می‌تواند یک نرم افزار مفید در ارتباط با ویژگی‌های حسی محصول باشد [11].

با توجه به کمبود منابع در مورد استفاده از فراورده های خرما در تولید فراورده های فاقد گلوتن، مطالعه حاضر جهت افزایش تنوع فرآوردهای بدون گلوتن به بررسی اثر استفاده از شیر خرما و پودر هسته خرما در فرمولاسیون بیسکویت بدون گلوتن بر ویژگی فیزیکوشیمیایی و حسی آن پرداخته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه برای تهیه بیسکویت فاقد گلوتن

آرد برنج، نشاسته ذرت، روغن جامد، پودر قند، تخم مرغ، گلاب و پودر هل از فروشگاه های محلی خریداری گردید. شیر خرما و هسته خرما از کارخانه نوشینه خوی تهیه گردید.

۲-۲- تهیه پودر هسته خرما

در مرحله اول پودر هسته خرما آماده گردید. بدین صورت که ابتدا هسته های خرما شسته و پس از خشک کردن داخل سینی فر قرارداد و در فر با دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت و هر ۷ دقیقه یکبار هسته‌ها رو بهم زده تا تمامی هسته‌ها بطور یکسان برشته گردند. پس از اتمام این مرحله و سرد شدن، هسته‌های خرما، توسط آسیاب محلی آسیاب و دو بار از الک (شماره مش ۶۰) عبور داده شده و جهت کاربرد در کیسه‌های پلی اتیلنی زیپ دار در جای خشک و خنک تا زمان مصرف نگهداری گردید

۲-۳- فرمولاسیون خمیر نمونه های بیسکویت

در این تحقیق، بیسکویت های بدون گلوتن با جایگزینی شکر توسط شیر خرما و جایگزینی آرد برنج با پودر هسته خرما تهیه شدند. نوع فرمولاسیون ارائه شده با نرم افزار Design Expert به روش سطح پاسخ مطابق با جدول ۱ آماده گردید:

Table 1: Formulation of different biscuit samples

Sample code Ingredient s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Date seed powder	10 %	0%	20%	20%	0%	0%	13 %	0%	10%	0%	20 %	20 %	10%	0%
Date syrup	30 %	40 %	0%	0%	0%	0%	60 %	60%	0%	60%	60 %	20 %	0%	20%
Rice flour	90 %	60 %	80%	80%	100 %	100 %	87 %	100 %	90%	100 %	80 %	80 %	90%	100 %
Sugar	70 %	60 %	100 %	100 %	100 %	100 %	40 %	40%	100 %	40%	40 %	80 %	100 %	80%

3 -Temporal Dominance of Sensations

1 -Category scale

4-Time Intensity

2 -Linear scale

۲-۴-آماده سازی نمونه ها

ابتدا زرده تخم مرغ به اضافه پودر قند و هل با همزن دستی به روش کرمینگ به مدت ۲ دقیقه همزده، سپس روغن نیمه جامد را به آن اضافه کرده و ۲۰ ثانیه همزده در مرحله بعد آرد برنج و نشاسته ذرت را به مخلوط اضافه کرده و به شکل یک خمیر در آورده. با توجه به نوع فرمولاسیون، مقادیر پودر هسته خرما، شیر خرم، پودر قند و آرد برنج تغییر کرد. خمیر حاصله را داخل یک کیسه زیپ دار از جنس پلی اتیلن قرار داده و در داخل یخچال به مدت نیم ساعت استراحت دادیم. پس از استراحت، توسط غلطک به ضخامت ۸ میلی متر پهن شده و پس از قالب زنی با قالب به قطر ۴۰ میلی متر در فر با دمای ۱۵۰ درجه به مدت ۱۵ دقیقه پخت گردید. بیسکوئیت ها پس از خنک شدن در کیسه های زیپ دار قرار داده شده و سپس در ظروف یکبار مصرف از جنس PET در دمای محیط تا انجام آزمایشات نگه داری گردید.

۲-۴-۱-ارزیابی بافت خمیر بیسکوئیت

پس از آماده شدن خمیرها مقدار مشخصی از آن در پلیت های شیشه های با قطر ۱۰ سانتی متر و ارتفاع ۱/۵ سانتی متر به طور یکنواخت فشرده شده و به مدت ۱۵ دقیقه استراحت داده شد. بافت خمیر با استفاده از دستگاه بافت سنج ساخت انگلیس -Texturometer TA-XT plus (Stable Micro-Systems, UK) مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمون فشردن با پروب استیل به قطر ۳۵ میلی متر و سرعت حرکت پروب ۰/۵ میلی متر در ثانیه در دو مرحله رفت و برگشت با ۷۵ درصد نفوذ انجام شد [۱۲].

۲-۵-آزمون های فیزیکی بیسکوئیت

۲-۵-۱-اندازه گیری فعالیت آبی

اندازه گیری فعالیت آبی نمونه های بیسکوئیت فاقد گلوتن با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آبی novasina مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۲].

۲-۵-۲-اندازه گیری ابعاد و ضریب پخش

بدین منظور قطر و ضخامت، ۵ بیسکوئیت از هر تیمار در ۳ تکرار انجام گردید. ضریب پخش از تقسیم کردن عدد قطر بر ضخامت با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید [۱۲].

$$1] \text{ضریب پخش} = \frac{\text{قطر}}{\text{ضخامت}} \times 100$$

۲-۵-۳-اندازه گیری رنگ

رنگ سطح بیسکوئیت ها با استفاده از دستگاه CHROMA METER CR-400 (کونیکا، مینولتا، ساخت کشور ژاپن) اندازه گیری گردید. [13]. علاوه بر این تغییر رنگ کلی رنگ نیز مطابق فرمول زیر محاسبه گردید.

$$2] \Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

۲-۶-آزمون های شیمیایی بیسکوئیت

۲-۶-۱-اندازه گیری رطوبت

برای اندازه گیری درصد رطوبت، مقدار ۲/۵ گرم از نمونه بیسکوئیت های خرد شده را داخل پلیت ها ریخته و در آون خشک شد. بعد از خارج کردن از آون به مدت نیم ساعت درون دسیکاتور حاوی سیلیکاژل قرار داده شد تا خنک شود و به وزن ثابت برسد و سپس درصد رطوبت محاسبه شد [۴].

۲-۶-۲-اندازه گیری درصد خاکستر

اندازه گیری خاکستر به روش کوره گذاری در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد انجام گرفت [۱۲].

۲-۶-۳-اندازه گیری pH

برای اندازه گیری PH ابتدا ۱۰ گرم از نمونه خورد شده را با ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر تازه جوشیده شده کاملاً مخلوط کرده. به مدت ۲۰ دقیقه در جای ساکن قرار داده شد. سپس PH قسمت آبی توسط دستگاه PH متر اندازه گیری گردید [۱۲].

۲-۶-۴-اندازه گیری اسیدیته

برای اندازه گیری اسیدیته از روش نیتراسیون با محلول استاندارد هیدروکسید سدیم استفاده شد و نتایج به صورت درصد اسید چرب بر حسب درصد وزنی اسید اولئیک گزارش گردید [۱۲].

۷-۲- آزمون حسی بیسکوئیت های فاقد گلوتن

۷-۲-۱- آزمون هدونیک

ویژگی های حسی بیسکوئیت های فاقد گلوتن با استفاده از آزمون هدونیک ۵ نقطه ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این آزمون از ۱۵ پانالیست، ۸ زن و ۷ مرد در رده سنی بین ۲۵ تا ۶۵ سال استفاده گردید. تمامی بیسکوئیت ها بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در شرایط یکسان از نظر بافت، ظاهر، رنگ، طعم، و پذیرش کلی بررسی شدند.

۷-۲-۲- آزمون میزان چسبندگی به دهان

پس از تعیین زمان مورد نیاز برای آزمون، با استفاده از نرم افزار زمان چسبیدن نمونه ها به کام و دندان ها تعیین گردید [16].

۳- بحث و نتایج

۳-۱- ویژگی بافتی خمیر بیسکوئیت

تاثیر پودر هسته خرما و شیر خرما بر میزان سفتی خمیرهای فاقد گلوتن معنی دار است. در شکل ۱ تغییرات میزان سفتی خمیر بیسکوئیت فاقد گلوتن با افزایش سطوح پودر هسته خرما نشان داده شده است. براساس نمودار با افزایش سطوح پودر هسته خرما سفتی خمیر افزایش پیدا کرده است. اما در مورد تاثیر شیر خرما به طور مستقل و همچنین اثر متقابل پودر هسته خرما و شیر خرما روند مشخصی وجود ندارد. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است با افزایش سطوح شیر خرما ارتجاعیت خمیر افزایش پیدا کرده است. اما در مورد تاثیر پودر هسته خرما به طور مستقل و همچنین اثر متقابل پودر هسته خرما و شیر خرما روند مشخصی وجود ندارد.

$$= (A \times 0.009 \times N) \times 2$$

اسیدیته (گرم/۱۰۰ گرم) [3]

که در آن A میلی لیتر هیدروکسید سدیم مصرفی است و N نرمال بودن هیدروکسید سدیم است.

۶-۲-۵- اندازه گیری چربی

برای اندازه گیری چربی از روش سوکسله استفاده شد [۱۴]. ۵ گرم از نمونه به طور دقیق روی کاغذ صافی وزن شده و داخل کارتریج قرار داده شده و با پنبه پوشانده شد. ظرف چربی که قبلاً حرارت داده شده بود سرد شده و با دقت وزن شده و با هگزان پر شد و به دستگاه سوکسله وصل شد و فرآیند استخراج به مدت ۴ ساعت انجام شد.

۶-۲-۶- اندازه گیری پروتئین

از روش کلدال برای اندازه گیری میزان پروتئین استفاده شد و مقدار نیتروژن که به صورت درصد جرمی در ماده خشک بیان گردید [۱۲].

۶-۲-۷- اندازه گیری قند کل

برای اندازه گیری قند کل از روش فهلینگ استفاده شد [۱۲].

۶-۲-۸- اندازه گیری فیبر کل

مقدار فیبر بیسکوئیت های فاقد گلوتن مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۳۱۰۵ فرآورده های غذایی، کشاورزی اندازه گیری گردید [۱۲].

۶-۲-۹- اندازه گیری میزان خاصیت آنتی اکسیدانی

برای تعیین میزان آنتی اکسیدان از روش مهار رادیکال های آزاد DDPH استفاده گردید [15].

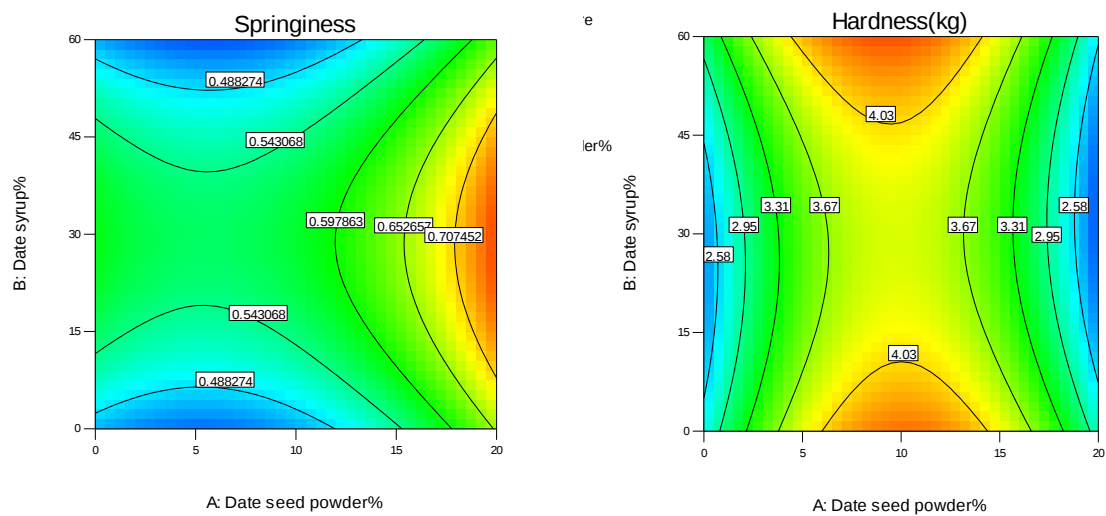


Figure 1: Graph of changes in firmness and Springiness of gluten-free biscuit dough

گلوتن پرداختند. در پژوهشی که بر روی کوکی ها انجام شد، ترکیب آرد برنج با آرد خرما در مقایسه با خمیر شاهد باعث افزایش سفتی گردید. در نتیجه سفتی کوکی های شامل آرد هسته خرما افزایش پیدا کرد [13]. در پژوهش دیگری که به ارزیابی ویژگی های شیمیایی، فیزیکی و حسی بیسکوئیت ترکیب شده با پودر هسته خرما پرداخته شد نتایج نشان دهنده آن بود که، حجم مخصوص و دانسیته با افزایش سطوح پودر هسته خرما کاهش پیدا کرد. اما سفتی با افزایش سطوح پودر هسته خرما افزایش پیدا کرد [8].

۳-۲- تغییرات سفتی بیسکوئیت پس از پخت طی زمان بر اساس نتایج به دست آمده پودر هسته خرما و شیر خرما تاثر معناداری بر میزان سفتی بیسکوئیت فاقد گلوتن یک روز پس از پخت داشتند. بر اساس شکل ۲ با افزایش سطوح پودر هسته خرما، میزان سفتی بیسکوئیت ها افزایش یافته است. در مورد شیر خرما نیز با افزایش سطوح متغیر میزان سفتی بیسکوئیت ها افزایش پیدا کرده است که با نتایج سایر محققان همخوانی دارد. به ترکیب آرد خرما شاهانه با آرد برنج و تاثر آن بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و بافتی کوکی های فاقد

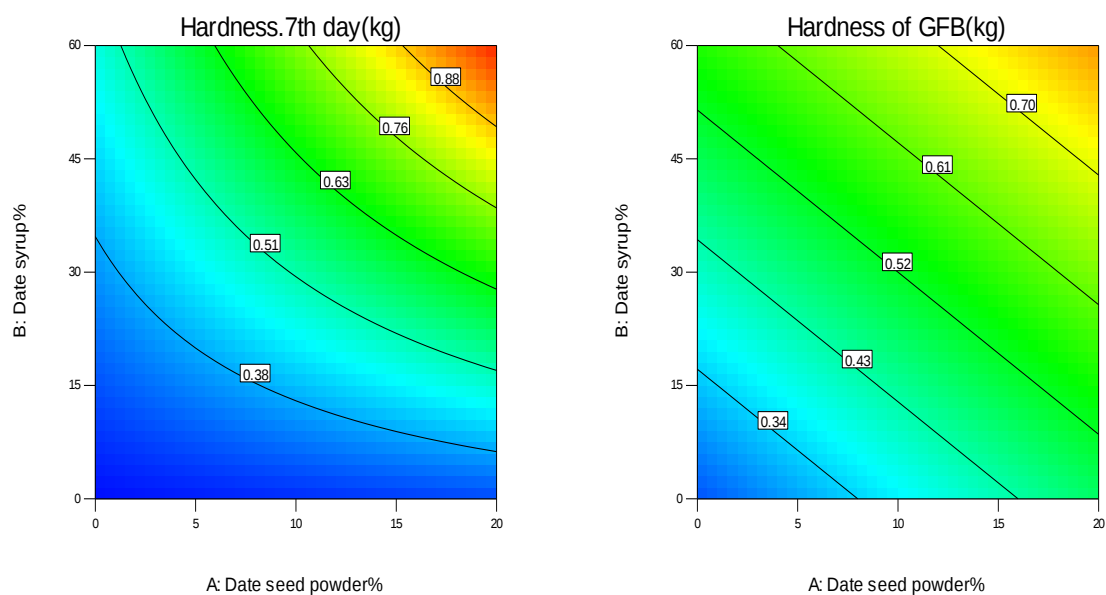


Figure 2: Contour plot graph of changes in firmness of gluten-free biscuit

میزان سفتی بیسکوئیت های فاقد گلوتن حاوی پودر هسته خرما و شیر خرما یک هفته پس از پخت اندازه گیری گردید و همانطور که در شکل ۲ دیده می شود، نتایج بیانگر این بود که با افزایش پودر هسته خرما با افزایش سطوح پودر هسته خرما، میزان سفتی بیسکوئیت ها افزایش یافته است. در مورد شیر خرما نیز با افزایش سطوح متغیر میزان ضریب پخش بیسکوئیت ها افزایش پیدا کرده است. در تحقیقی که در مورد تاثیر جایگزینی شیر خرما با شکر بر روی ویژگی های فیزیکی و حسی کوکی انجام شد، مشخص گردید که در بیسکوئیت های حاوی شیر خرما، ضخامت، قطر و ضریب پخش کاهش پیدا کرد.

میزان سفتی بیسکوئیت های فاقد گلوتن حاوی پودر هسته خرما و شیر خرما یک هفته پس از پخت اندازه گیری گردید و همانطور که در شکل ۲ دیده می شود، نتایج بیانگر این بود که با افزایش پودر هسته خرما با افزایش سطوح پودر هسته خرما، میزان سفتی بیسکوئیت ها افزایش یافته است. در مورد شیر خرما نیز با افزایش سطوح متغیر میزان سفتی بیسکوئیت ها افزایش پیدا کرده است. همچنین در مورد اثرات متقابل فاکتورها بر روی هم باید گفت، با افزایش سطوح متغیرها سفتی بیسکوئیت ها افزایش پیدا کرده است.

۳-۳- ضریب پخش

ضریب پخش یا قطر تعیین کننده ویژگی های آرد استفاده شده برای تولید بیسکوئیت می باشد و مقبولیت و مطلوبیت

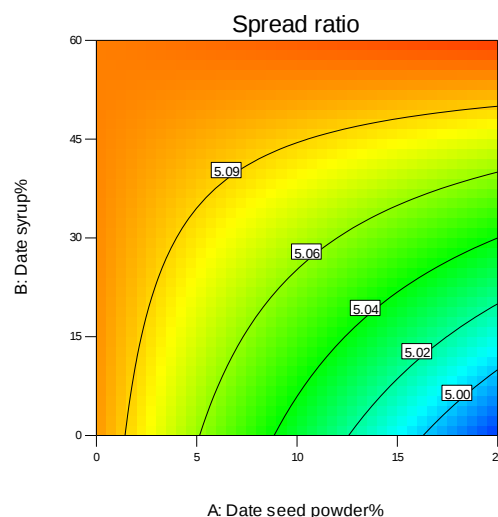


Figure 3: Contour plot diagram of thickness variations in gluten-free biscuits

آرد های فاقد گلوتن با میزان پروتئین بالا، می توانند در زمان تهیه خمیر آب جذب کنند و ضریب پخش را کاهش دهند زیرا آب در دسترس در این چنین سیستم هایی برای حل کردن شکر در طول پخت ناکافی می باشد در نتیجه ویسکوزیته افزایش پیدا کرده و ضریب پخش کاهش پیدا می کند [19].

در پژوهشی که بر روی ویژگی های تغذیه ای بیسکوئیت های فاقد گلوتن حاوی پودر هسته خرما و آرد نخودچی انجام گرفت مشخص گردید که با افزایش پودر هسته خرما، ضخامت افزایش پیدا کرده و ضریب پخش کاهش پیدا کرد [18]. یکی از دلایل کاهش ضریب پخش در مورد نمونه های پودر هسته خرما می تواند به این دلیل باشد که

افزایش شیره خرما) به طور مستقل میزان فعالیت آبی بیسکوئیت ها تغییر یافته است. در مورد پودر هسته خرما با افزایش سطوح متغیر، میزان فعالیت آبی کاهش پیدا کرده است اما در مورد شیره خرما با افزایش سطوح متغیر، میزان فعالیت آبی افزایش پیدا کرده است. در مورد اثرات متقابل دو متغیر نیز باید گفت با افزایش شیره خرما و کاهش پودر هسته خرما میزان فعالیت آبی افزایش پیدا کرد و همچنین با افزایش پودر هسته خرما و کاهش شیره خرما میزان فعالیت آبی کاهش پیدا کرد.

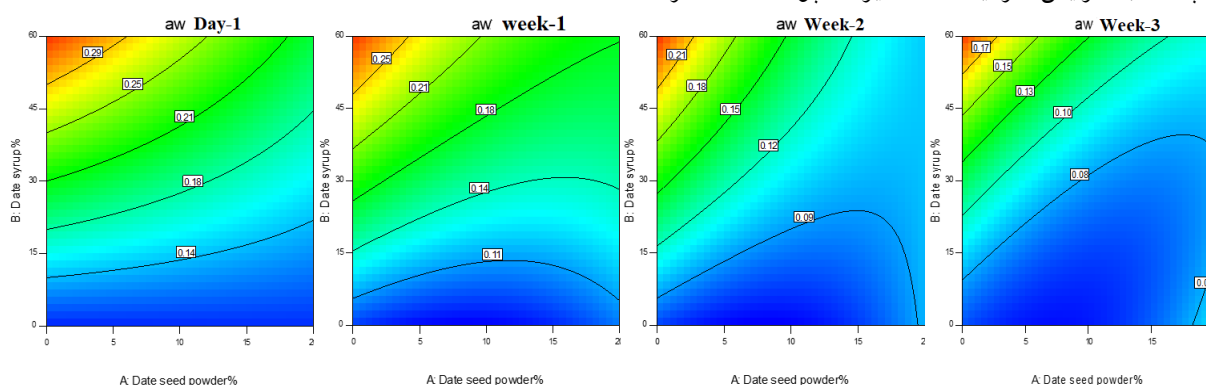


Figure 4: Contour plot of aw changes after baking over time

۳-۵-۱- شاخص L^*

در شکل ۵ اثرات دو متغیر پودر هسته خرما و شیره خرما بر خصوصیت درجه روشنایی (L^*) بیسکوئیت فاقد گلوتن نشان داده شده است. بر اساس نمودار با افزایش هر یک از متغیرها (پودر هسته خرما و افزایش شیره خرما) به طور مستقل درجه روشنایی بیسکوئیت ها کاهش یافته است. در مورد اثرات متقابل دو متغیر نیز باید گفت با افزایش سطوح هر دو متغیر از میزان درجه روشنایی بیسکوئیت ها کاسته گردیده است. دلیل این کاهش روشنایی به وجود مقادیر زیاد قندهای احیا کننده در شیره خرما نسبت داده شده است که در مقایسه با ساکارز فاعلتر بوده و در واکنش های میلارد شرکت کرده است [20]. سایر محققان نیز در تحقیقی که به بررسی ویژگی های کیفی بیسکوئیت غنی شده با آرد هسته خرما و آرد سبوس گندم پرداخته بود دریافتند که با افزایش

۳-۴- فعالیت آبی بیسکوئیت پس از پخت طی زمان با توجه به نمودار به دست آمده شکل ۴ که اثرات دو متغیر پودر هسته خرما و شیره خرما بر میزان فعالیت آبی بیسکوئیت فاقد گلوتن را یک روز پس از پخت نشان می دهد. می توان دریافت پودر هسته خرما با افزایش سطوح پودر هسته خرما، میزان فعالیت آبی کاهش پیدا کرده است اما در مورد شیره خرما با افزایش سطوح متغیر، میزان فعالیت آبی افزایش پیدا کرده است. بر اساس شکل ۴ فعالیت آبی بیسکوئیت ها یک هفته پس از پخت با افزایش هر یک از متغیرها (پودر هسته خرما و

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می گردد با افزایش پودر هسته خرما به عنوان متغیر مستقل میزان فعالیت آبی بیسکوئیت ها دو هفته پس از پخت کاهش پیدا کرده است در مقابل با افزایش سطوح شیره خرما از میزان فعالیت آبی کاسته گردیده است. با توجه به شکل ۴ میزان فعالیت آبی بیسکوئیت ها سه هفته پس از پخت نیز تحت تاثیر متغیرها بوده است به طوری که مورد پودر هسته خرما با افزایش سطوح متغیر، میزان فعالیت آبی کاهش پیدا کرده است اما در مورد شیره خرما با افزایش سطوح متغیر، میزان فعالیت آبی افزایش پیدا کرده است. در مورد اثرات متقابل دو متغیر نیز باید گفت با افزایش شیره خرما و کاهش پودر هسته خرما میزان فعالیت آبی افزایش پیدا کرد و همچنین با افزایش پودر هسته خرما و کاهش شیره خرما میزان فعالیت آبی کاهش پیدا کرد.

۳-۵- اندازه گیری رنگ

و همچنین به علت شرکت قندهای احیاکننده در واکنش میلارد باشد.

۳-۵-۳- شاخص b^*

همانطور که شکل ۵ نشان می دهد، داده های به دست آمده توسط دستگاه رنگ سنج بیانگر آن است که با افزایش سطوح هر یک از متغیرها، از میزان زردی رنگ نمونه ها کاسته گردیده است. همچنین در مورد اثر متقابل پودر هسته خرما و شیر خرما باید اظهار داشت که میزان زردی رنگ کاهش پیدا کرده است.

پودر هسته خرما، از میزان درجه روشنایی نمونه ها کاسته گردید [20].

۳-۵-۲- شاخص a^*

بر اساس شکل ۵ با افزایش هر یک از متغیرها (پودر هسته خرما و افزایش شیر خرما) به طور مستقل میزان قرمزی رنگ بیسکوئیت ها افزایش یافته است. در مورد اثرات متقابل دو متغیر نیز باید گفت با افزایش سطوح هر دو متغیر میزان قرمزی رنگ بیسکوئیت ها افزایش گردیده است. افزایش قرمزی رنگ بیسکوئیت های فاقد گلو تن می تواند به علت پیگمان های رنگی موجود در پودر هسته خرما و شیر خرما

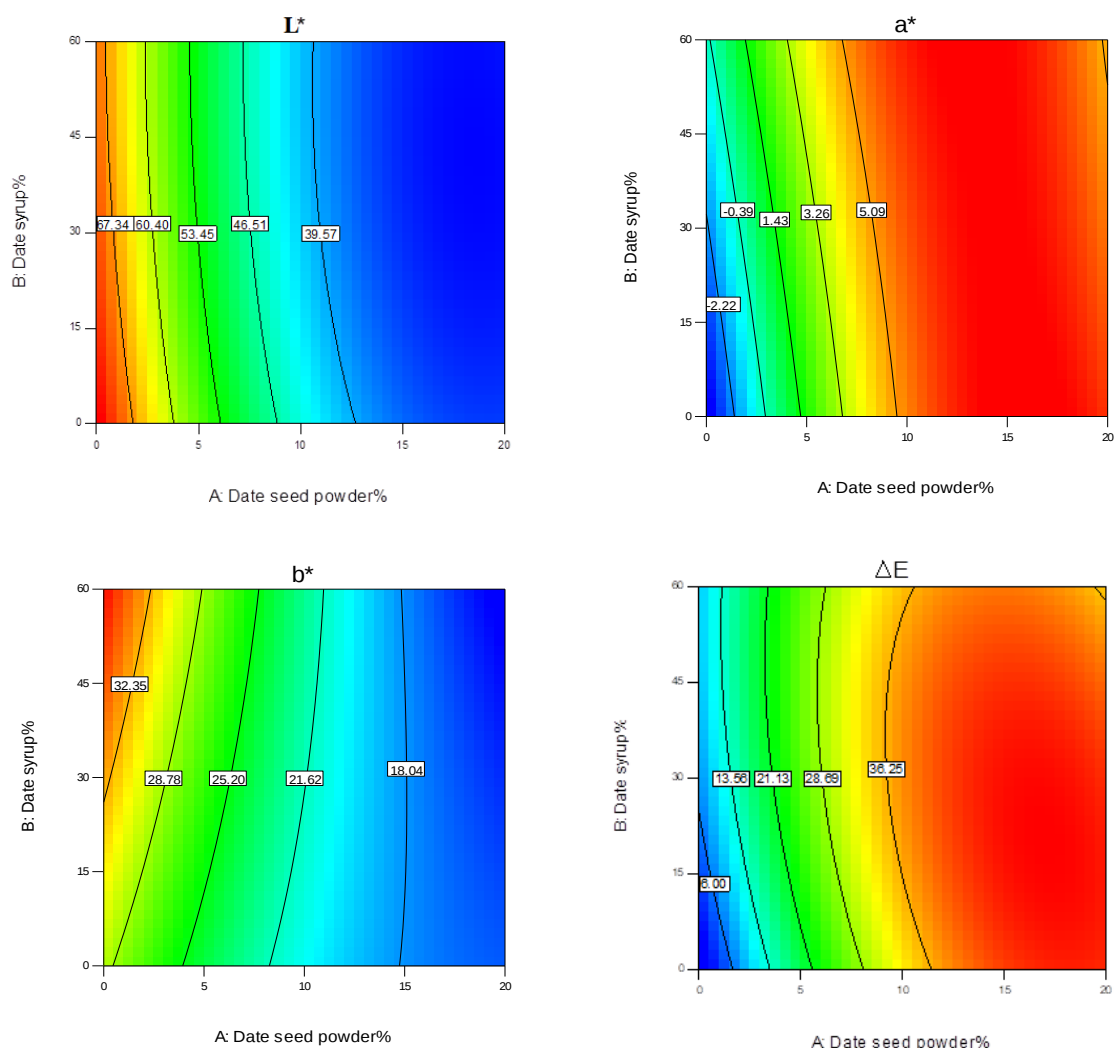


Figure 5: Contour plot of color parameter changes in gluten-free biscuit

بر اساس شکل ۵ با افزایش هر یک از متغیرها (پودر هسته خرما و شیر خرما) به طور مستقل میزان ΔE بیسکوئیت ها

۳-۵-۴- تغییر رنگ کلی ΔE

خرما محتوی رطوبت کاهش پیدا کرده است. در تحقیقیدر مورد تاثیر جایگزینی شیر خرمای و پودر خرما در فرمولاسیون کوکی، محققان به این نتیجه رسیدند که شیر خرمای و پودر خرما باعث افزایش محتوی رطوبتی نمونه های حاوی این فاکتورها می گردد [18]. در مورد نمونه های حاوی ساکارز، زمانیکه خمیر وارد فر میگردد آب در مرحله اول پخت براحتی تبخیر شده و یک ساختمان باز در بافت خمیر ایجاد میگردد که این ساختمان باز به خروج آب از بافت بیسکویت کمک می کند.

۳-۶-۲- اندازه گیری خاصیت آنتی اکسیدانی دانه خرما به عنوان یکی از بزرگترین منابع گیاهی حاوی پلی فنل ها شناخته می شود و حتی بزرگتر از دانه ها و تخم کتان و بزرگ می باشد [23]. بر اساس نتایج به دست آمده در شکل ۶ با افزایش شیر خرمای و پودر هسته خرما، میزان خاصیت آنتی اکسیدانی افزایش پیدا کرده است. اما در مورد اثرات متقابل پودر هسته خرما و شیر خرمای باید گفت که اثرات بر هم کنش متغیرها بر روی هم معنادار نبوده است. این نتایج با یافته های سایر محققان همراستا بود [7].

افزایش یافته است. در مورد اثرات متقابل دو متغیر نیز باید گفت با افزایش سطوح هر دو متغیر میزان ΔE بیسکویت ها افزایش پیدا کرده است.

۳-۶-۱- ویژگی های شیمیایی بیسکویت های فاقد گلوتن

۳-۶-۱- اندازه گیری محتوی رطوبت

محتوی رطوبت نهایی محصولات پخته شده یکی از مهم ترین پارامترهای کیفی می باشد که مدت زمان ماندگاری محصول را تحت تاثیر قرار می دهد [21]. شیر خرمای به علت خاصیت هیگروسکوپ و آب دوستی بالای خود مانع از خروج زیاد آب در حین پخت میگردد. قندهای موجود در شیر خرمای از جمله گلوکز و فروکتوز در مقایسه با ساکارز در دماهای پایین سریعتر حل شده و میزان آب بیشتری را جذب میکنند [22].

همان طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، حضور پودر هسته خرما و شیر خرمای در فرمولاسیون بیسکویت های فاقد گلوتن، بر میزان محتوی رطوبت نمونه ها تاثیر گذار بوده است. بطوریکه با افزایش سطوح شیر خرمای، محتوی رطوبت افزایش پیدا کرده است در مقابل با افزایش سطوح پودر هسته

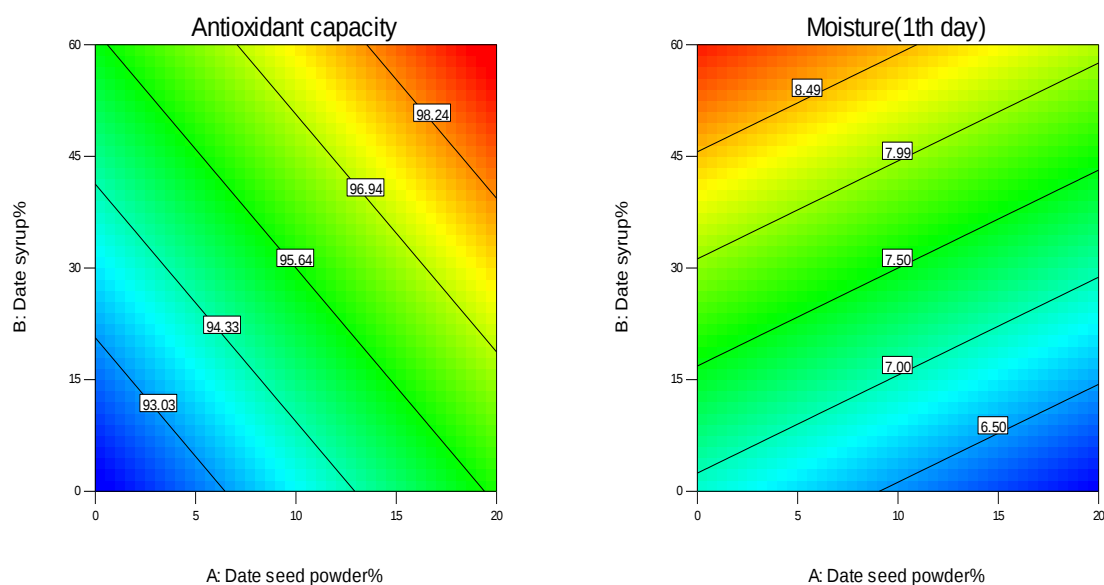


Figure 6: Contour plot of moisture content and antioxidant level changes in gluten-free biscuits

۳-۷-۱- ویژگی های حسی

۳-۷-۱- تردی

بر اساس رفتار نمودار در شکل ۷، می توان گفت که با افزایش پودر هسته خرما میزان پذیرش تردی بیسکوئیت ها افزایش یافته است. اما در مورد اثرات متقابل پودر هسته خرما و شیر خرما باید گفت که با افزایش سطوح پودر هسته خرما در مقابل کاهش سطوح شیر خرما میزان پذیرش تردی افزایش پیدا کرده است.

۳-۷-۲- طعم

نتایج مربوط به طعم بیسکوئیت های فاقد گلوتن در شکل ۷ آورده شده است و نشان دهنده اثرات معنادار پودر هسته خرما بر روی طعم بیسکوئیت های فاقد گلوتن می باشد ($P < 0.05$). بر اساس نتایج به دست آمده، با افزایش سطوح

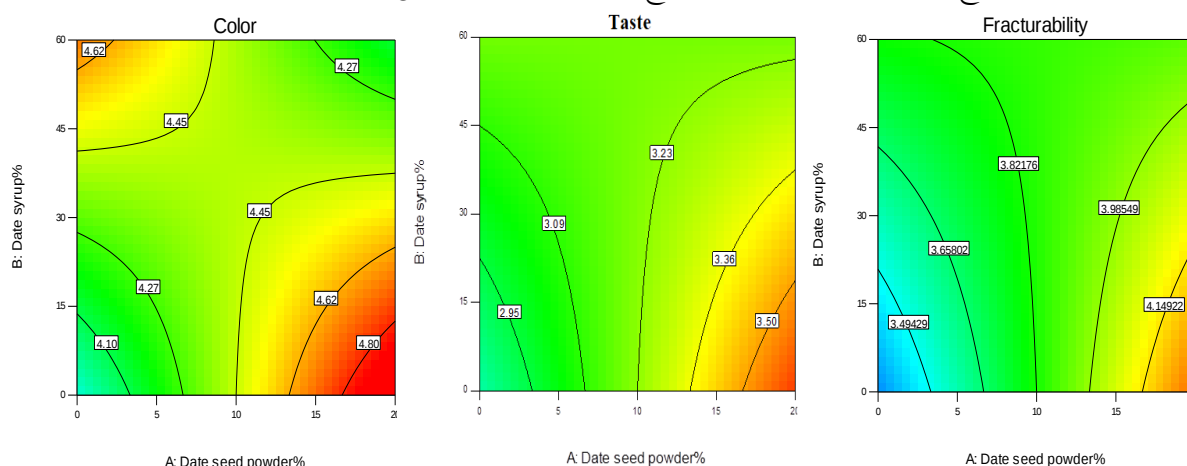


Figure 7: Graph of crispness, flavor, and color acceptance levels in gluten-free biscuits

۳-۷-۴- ظاهر و پذیرش کلی

با توجه به نتایج بدست آمده، اثر پودر هسته خرما و شیر خرما بر روی میزان پذیرش سایر پارامترهای مورد ارزیابی از جمله ظاهر و پذیرش کلی معنادار نبوده است ($P > 0.05$). تاثیر افزودن پودر بر پذیرش کلی محصول غذایی به نوع پودر مورد استفاده بستگی دارد. درحالی پودر سنجد اثر منفی بر پذیرش کلی نمونه های نان فاقد گلوتن داشت [۲۴]،

افزودن پودر تفاله هویج سبب بهبود ویژگی های حسی نان فاقد گلوتن شد [۲۶].

۳-۷-۵- ارزیابی چسبندگی به دهانی با استفاده از نرم افزار سنسومیکر

در شکل ۸ نمودارهای مربوط به میزان چسبندگی نمونه ها به دهان در زمان های مختلف نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده میزان چسبندگی در فرمولاسیون های مختلف، متفاوت می باشد.

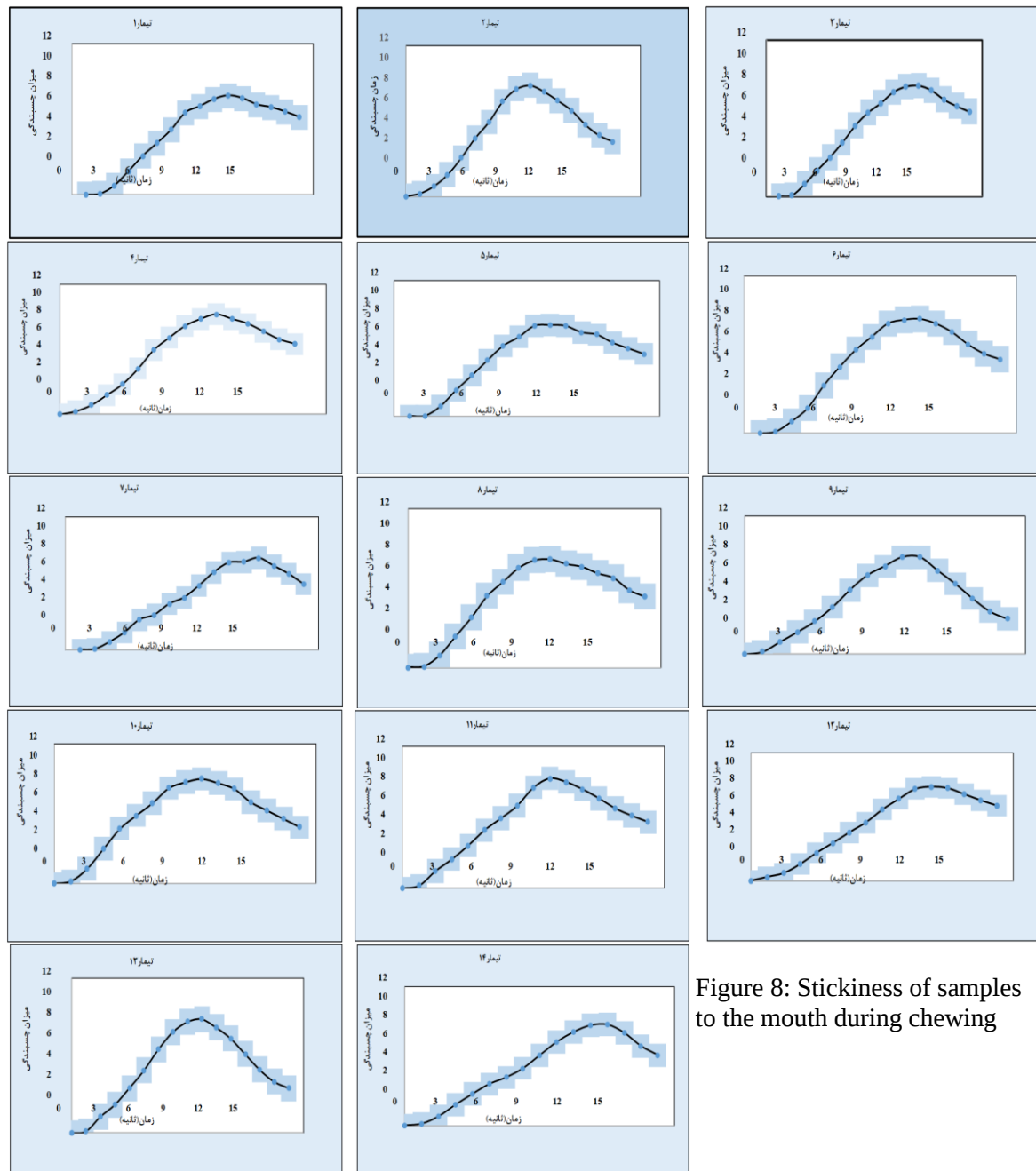


Figure 8: Stickiness of samples to the mouth during chewing

۳-۸- بهینه سازی

برای تعیین نمونه بهینه، پس از انجام آزمون‌ها، آنالیز پاسخ‌ها و نتایج به‌دست آمده از برازش مدل‌های آماری، مقادیر بهینه برای ترکیب پودر هسته خرما و شیر خرمای مشخص گردید. در این مرحله برای به‌دست آوردن ترکیب بهینه، جایگزینی آرد برنج با پودر هسته خرما و جایگزینی شکر با شیر خرمای نرم‌افزار Design Expert و روش سطح پاسخ

در تیمارهای شماره ۱، ۳، ۴، ۶، ۷، ۱۲ و ۱۴ میزان چسبندگی تا ثانیه ۱۲ در حال افزایش بوده است و پس از این مدت منحنی روند کاهشی را طی می‌کند. در تیمارهای شماره ۲، ۵، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۳ میزان چسبندگی تا ثانیه ۹ در حال افزایش بوده و پس از این مدت منحنی روند کاهشی را طی می‌کند.

درصد شیر خرمای مناسبترین جایگزین برای آرد برنج و شکر می باشد (شکل ۹).

استفاده گردید و مقادیر ایده آل پاسخ ها و درجه اهمیت آنها توسط نرم افزار بدست آمد. بر اساس نتایج به دست آمده بیسکوئیت فاقد گلوتن، با ۲۰ درصد پودر هسته خرما و ۶۰



Figure 9: Control sample (right) and optimized sample (left)

۳-۹- سنجش ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و حسی بیسکوئیت تهیه شده از فرمولاسیون بهینه با نمونه شاهد نتایج مربوط به ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و حسی بیسکوئیت های فاقد گلوتن تهیه شده از فرمولاسیون بهینه با نمونه شاهد در جدول ۲ نشان داده شده است.

Table 2: Results related to the physicochemical and sensory properties of gluten-free biscuits

Evaluated Parameter	Optimized Sample	Control Sample
Moisture	7.8	6.9
Water Activity	0.21	0.10
Spread Ratio	5.08	5.11
L*	32.74	74.08
a*	5.55	-4.03
b*	14.97	29.57
Antioxidant Property	99.25	91.85
Fat	21	19
Protein	6.74	6.22
Ash	1	0.72
Total Sugar content	2	12.55
Total Fiber content	31	26
pH	5.42	6.45

جایگزین های آرد برنج و شیر خرمای استفاده گردید. بر اساس نتایج حاصل از ویژگی های فیزیکی شیمیایی و حسی ترکیب بهینه به دست آمده، پودر هسته خرما در

۴- نتیجه گیری
در این پژوهش به منظور ارتقای کیفیت محصولات فاقد گلوتن از پودر هسته خرما و شیر خرمای به عنوان

فاقد گلوتن برای بیماران سلیاکی در صنایع غذایی استفاده گردد.

۵- قدردانی

بدینوسیله در پایان این پروژه، از معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، به خاطر حمایت و همکاری در انجام این پروژه تشکر و قدردانی می‌گردد.

سطح ۲۰ درصد به علت دارا بودن ویژگی‌های کیفی از جمله فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا و همچنین بالا بودن میزان فیبر و ویژگی‌های فیزیکی مطلوب و همچنین مقبولیت از لحاظ طعم، رنگ و ظاهر می‌تواند به عنوان یک محصول فراسودمند در تولید فرآورده‌های غذایی

۶- منابع

- [1] Abbès, F., Kchaou, W., Blecker, C., Ongena, M., Lognay, G., Attia, H., & Besbes, S. (2013). Effect of processing conditions on phenolic compounds and antioxidant properties of date syrup. *Industrial Crops and Products*, 44, 634-642.
- [2] Adeola, A. A., & Ohizua, E. R. (2018). Physical, chemical, and sensory properties of biscuits prepared from flour blends of unripe cooking banana, pigeon pea, and sweet potato. *Food science & nutrition*, 6(3), 532-540.
- [3] Alanazi, F. K. (2010). Utilization of date syrup as a tablet binder, comparative study. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 18(2), 81-89.
- [4] Alsenaien, W., Alamer, R., Tang, Z.-X., Albahrani, S., Al-Ghannam, M., & Aleid, S. (2015). Substitution of sugar with dates powder and dates syrup in cookies making. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 8(1), 8 - 1 3 .
- [5] De Simas, K. N., Vieira, L. d. N., Podestá, R., Müller, C. M., Vieira, M. A., Beber, R. C., . . . Amboni, R. D. (2009). Effect of king palm (*Archontophoenix alexandrae*) flour incorporation on physicochemical and textural characteristics of gluten-free cookies. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(3), 531-538.
- [6] Di Cairano, M., Galgano, F., Tolve, R., Caruso, M. C., & Condelli, N. (2018). Focus on gluten free biscuits: Ingredients and issues. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 203-212.
- [7] Gamal A, E.-S., Salah M, A., & Mutlaq M, A.-O. (2012). Nutritional quality of biscuit supplemented with wheat bran and date palm fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *Food and Nutrition Sciences*, 3 (3), 322-328.
- [8] Ghaitaranpour, A., Koocheki, A., & Mohebbi, M. (2024). Simulation of bread baking with a conceptual agent-based model: An approach to study the effect of proofing time on baking behavior. *Journal of Food Engineering*, 368, 1 1 1 9 2 0 .
- [9] Ghaitaranpour, A., Mohebbi, M., & Koocheki, A. (2021). An innovative model for describing oil penetration into the doughnut crust during hot air frying. *Food Research International*, 147, 1 1 0 4 5 8 .
- [10] Habib, H., Othman, A., Al-Marzooqi, S., Al-Bawardi, A., Pathan, J. Y., Hilary, S., . . . Platat, C. (2017). The antioxidant activity of date seed: preliminary results of a preclinical in vivo study. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29 (1 1) , 8 2 2 - 8 3 2 .
- [11] Heydari, A., Mohebbi, M., & Ghaitaranpour, A. (2023). Impact of fat types on the visual, textural, and sensory properties of Nanberenji (a traditional gluten-free cookie). *International Journal of Food Engineering*, 19(9), 423-434.
- [12] Jouanin, A., Gilissen, L. J., Boyd, L. A., Cockram, J., Leigh, F. J., Wallington, E. J., . . . Visser, R. G. (2018). Food processing and breeding strategies for coeliac-safe and healthy wheat products. *Food Research International*, 1 1 0 , 1 1 - 2 1 .
- [13] Koepsel, K., KM, K., & RC, H. (1980). Effects of corn syrups in layer cakes. *Cereal Chemistry*, 5 7 , 4 9 - 5 3 .
- [14] Lajnef, I., Khemiri, S., Yahmed, N. B., Chouaibi, M., & Smaali, I. (2021). Straightforward extraction of date palm syrup from *Phoenix dactylifera* L. byproducts: application as sucrose substitute in sponge cake formulation. *Journal of*

- Food Measurement and Characterization, 15, 3 9 4 2 - 3 9 5 2 .
- [15] Leach, K. (1990). Moisture measurement during biscuit manufacture. *Measurement and Control*, 2 3 (7) , 1 9 8 - 2 0 1 .
- [16] Mohamed, A., Fawzy, A., Mohamed, N., Mostafa, T., & Zeinab, A. Chemical, physical and sensory evaluation of biscuit supplemented with date powder. *Minia Journal of Agricultural Research and Development*. 36 (2), 1-20.
- [17] Nasiri, F., Mohtarami, F., Esmaili, M., & Pirs, S. (2024). Production of gluten-free biscuits with inulin and flaxseed powder: investigation of physicochemical properties and formulation optimization. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(17), 21443-21459.
- [18] Nunes, C. A., & Pinheiro, A. C. M. (2012). *SensoMaker*. Universidade Federal de Lavras, L a v r a s , B r a s i l .
- [19] Pinheiro, A. C. M., Nunes, C. A., & Vietoris, V. (2013). *SensoMaker*: a tool for sensorial characterization of food products. *Ciência e Agrotecnologia*, 37, 199-201.
- [20] Platat, C., Habib, H., Al Maqbali, F., Jaber, N., & Ibrahim, W. (2014). Identification of date seeds varieties patterns to optimize nutritional benefits of date seeds. *J. Nutr. Food Sci. S*, 16 (6), 274-2 8 5 .
- [21] Platat, C., Habib, H. M., Hashim, I. B., Kamal, H., AlMaqbali, F., Souka, U., & Ibrahim, W. H. (2015). Production of functional pita bread using date seed powder. *Journal of food science and technology*, 52(10), 6375-6384.
- [22] Sakr, A. M., & Hussien, H. A. (2017). Nutritional quality of gluten free biscuits supplemented with sweet chickpeas and date palm powder. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 2 (1) , 1 2 8 - 1 3 4 .
- [23] Sofi, S. A., Singh, J., Chhikara, N., Panghal, A., & Gat, Y. (2020). Quality characterization of gluten free noodles enriched with chickpea protein isolate. *Food Bioscience*, 36, 100626.
- [24] Lavini, A., Mohtarami, F., Pirs, S., & Talebi, A. (2021). The effect of *Elaeagnus angustifolia* (oleaster) powder on physicochemical, textural and sensory properties of gluten free bread. *Journal of food science and technology (Iran)* 18, 1 - 1 5 .
- [25] Ghahremannejad, N., Alizadeh, M., & Pirs, S. (2017). Partial Substitute of Sugar with Date Concentrate in the Peach/Apple Juice and Study Physicochemical/Color Properties of Blend Fruit Juice. *Advance Journal of Food Science and Technology* 13 (6) , 2 5 2 - 2 3 6 .
- [26] Mohtarami, F., & Pirs, S. (2019). The Effect of Carrot Pomace Powder on Physicochemical, Textural and, Sensory Properties of Gluten Free Bread. *Journal of food science and technology (I r a n)* , 1 6 (8 6) , 3 7 3 - 3 8 5 .



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Optimizing gluten-free biscuit formulation using date syrup and date kernel powder

Ozra Hajalibaklo¹, Forogh Mohtarami^{2*}, Arash Ghaitaranpour², Mohsen Esmaili²

1 _ Master of science student, Department of food industry science and engineering, Urmia University - Iran

2 _ Department of Science and Food Industry Engineering, University of Urmia, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2024/11/11 Accepted:2024/12/30 Keywords: Biscuits, Gluten free, Date syrup, Date kernel powder, Sensomaker DOI: 10.22034/FSCT.22.161.198. *Corresponding Author E- f.mohtarami@urmia.ac.ir	It appears that celiac patients have more trust in products like biscuits and crackers as sources of carbohydrates. Therefore, this study focused on evaluating and optimizing gluten-free biscuits using date syrup and date seed powder. Sugar levels at 20%, 30%, 40%, and 60% were replaced by date syrup and rice flour at levels of 0, while rice flour levels at 0%, 10%, 13%, and 20% were substituted with date seed powder. Gluten-free biscuits were assessed based on the dough's textural properties, as well as the biscuits' physicochemical properties, including spread ratio, moisture, water activity, color, antioxidant activity, total fiber, total sugar, fat, and protein, using standard methods. Sensory evaluation was conducted with a 5-point hedonic test, and mouthfeel was assessed with Sensomaker software to determine the optimal replacement levels for date syrup and date seed powder. Finally, the proposed optimized formulation was produced, and textural and physicochemical properties, including firmness, total fiber, total sugar, fat, protein, ash, pH, moisture, water activity, color, and antioxidant activity, were measured and compared with a control sample. Replacing rice flour with date seed powder and sugar with date syrup increased the dough's firmness and elasticity. Regarding the textural properties of gluten-free biscuits, firmness significantly increased with higher levels of date seed powder and date syrup. For sensory characteristics, replacing rice flour with date seed powder and sugar with date syrup had a significant effect on taste, crispness, and color.



بررسی فعالیت اکسیدانی و بهینه‌سازی تولید آب فعال شده با پلاسمای سرد

آزاده رنجبر ندامانی^{۱*}، علی تقوی^۲، الهام رنجبر ندامانی^۳

- ۱- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد فناوری‌های پس از برداشت، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۳- دکترای شیمی مواد غذایی، کارشناس تحقیق و توسعه کاله، آمل، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ‌های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۸/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۱

کلمات کلیدی:

آب فعال شده،

پلاسمای سرد،

دیزاین اکسپرت،

پراکسید هیدروژن

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.214.

* مسئول مکاتبات:

a.ranjbar@sanru.ac.ir

آب فعال شده با پلاسمای سرد به‌عنوان یک جایگزین غیرسمی و دوستدار محیط‌زیست معرفی و کارایی خود در برابر طیف گسترده‌ای از عوامل بیماری‌زا از جمله باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها را نشان داده است. در این پژوهش از آب شهری برای فعال‌سازی توسط دستگاه مولد پلاسمای سرد با استفاده از یک رآکتور پلاسما شامل الکترودهای مسی و فولادی، ولتاژ ۲۰ kV و جریان ۳ mA با کمک هوای اتمسفر استفاده شد. برای تولید آب فعال شده، طرح آزمایشات توسط نرم‌افزار دیزاین اکسپرت ورژن ۱۲ در قالب طرح باکس-بنکن با فاکتورهای زمان تیمار با پلاسما (۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه)، سرعت تزریق هوا (۰/۵ m/s، ۱ و ۱/۵) و دمای نگهداری آب فعال شده با پلاسمای سرد (۲۰ °C، ۴ و ۲۰-) اجرا شد. قبل از استفاده، ویژگی‌های آب از جمله میزان پراکسید هیدروژن، اکسیژن، سختی کل، ازن، نیترات، نیتريت و کلر اندازه‌گیری شد. این ویژگی‌ها طی مدت روزهای ۱، ۲، ۳ و ۶ نیز مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج نشان دادند تمام فاکتورهای مورد مطالعه بر نتایج مورد بررسی اثر معنادار داشتند. اثر متقابل این فاکتورهای نیز در برخی موارد اثر معنادار کاهشی و یا افزایش بر نتایج داشتند. به‌طور کلی مشخص شد دمای نگهداری محیط، زمان تیمار بیشتر با پلاسمای سرد، و سرعت هوای ۱ m/s می‌تواند آب فعال با ویژگی‌های اکسیدانی بهتری را تهیه کند. شرایط بهینه تولید آب فعال شده نیز عبارت بود از زمان تیمار ۲۳/۵ دقیقه با پلاسمای سرد، سرعت هوای ۰/۹۷ m/s و دمای نگهداری ۲۰ °C.

۱-مقدمه

مواد غذایی به حداقل می‌رساند (Guo et al., 2021; Xiang et al., 2022).

مطالعات اخیر نشان داده است که PAW می‌تواند به طور مؤثر پاتوژن‌های مختلف مسئول بیماری‌های ناشی از غذا را غیرفعال کند. به عنوان مثال، گو و همکاران (۲۰۱۷) دریافتند که PAW می‌تواند ساکارومایسس سرویزیه CICC 1374 را از سطح انگور بدون تغییر قابل توجهی در رنگ سطح و محتوای آنتوسیانین پس از ۳۰ دقیقه کاهش دهد (Guo et al., 2017). علی و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد مایع فعال شده با پلاسما (PAL)^۲ به علاوه محلول بافر فعال شده با پلاسما (PABS)^۳ باعث کاهش آفت‌کش‌های کلروتالونیل و تیرام در میوه گوجه‌فرنگی شد (Ali et al., 2021). لیو چنگ هوی و همکاران (۲۰۲۰) اثر PAW تولید شده در ۷ کیلوهرتز با ۶، ۸ و ۱۰ کیلو ولت را بررسی کرد. آنها گزارش کردند که PAW می‌تواند باکتری‌های هوازی، کپک‌ها، مخمرها و کلیفرم‌های سطح برش‌زده سیب فوجی را کاهش دهد (C. Liu et al., 2020) و همکاران (۲۰۲۰) دریافتند که غلظت پراکسی نیتروس اسید (ONOOH) در PAW با پراکسید هیدروژن برهم‌کنش دارد و اسید پراکسی نیتریک (O₂NOOH) را تولید می‌کند که بعداً به O₂⁻ و O₂¹ تجزیه می‌شود. این ترکیبات مسئول افزایش اثرات ضدباکتریایی PAW هستند (Ma et al., 2020).

تحقیقات همچنین نشان داده است که ترکیب منحصربه‌فرد PAW می‌تواند کاربرد آن در مراحل مختلف تولید مواد غذایی از شستشوی محصولات تازه گرفته تا ضدعفونی کردن تجهیزات و سطوح فراوری مواد غذایی را تسهیل کند. تطبیق پذیری PAW به این معنی است که می

در سال‌های اخیر، صنایع غذایی به طور فزاینده‌ای به دنبال راه حل‌های نوآورانه برای افزایش ایمنی مواد غذایی، افزایش عمر مفید و به حداقل رساندن استفاده از افزودنی‌های شیمیایی بوده است. یکی از فناوری‌های امیدوارکننده که مورد توجه قرار گرفته است، آب فعال‌شده با پلاسما (PAW)^۱ است. این نوع آب، با استفاده از پلاسمای سرد تولید می‌شود و حاوی گونه‌های واکنش‌پذیری مانند رادیکال‌ها، یون‌ها و ازن است که می‌توانند ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب را تغییر دهند. مشخص شده است که این تغییرات اثرات ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی آب را افزایش داده و آن را برای کاربردهای مختلف در فراوری مواد غذایی قابل استفاده می‌سازد (Han et al., 2023; Herianto et al., 2021).

افزایش تقاضای جهانی برای روش‌های فراوری مواد غذایی ایمن‌تر و پایدارتر، نیاز به جایگزینی برای روش‌های سالم‌سازی و نگهداری مرسوم را ایجاد کرده است. روش‌های سنتی اغلب بر ضدعفونی‌کننده‌های شیمیایی تکیه می‌کنند که ممکن است بقایای مضر از خود به جای بگذارند و نگرانی‌های مصرف‌کننده در مورد ایمنی مواد غذایی و حفظ محیط‌زیست را افزایش دهند. در این زمینه، PAW به عنوان یک جایگزین غیرسمی و دوستدار محیط‌زیست ظاهر شده است و کارایی خود در برابر طیف گسترده‌ای از عوامل بیماری‌زا از جمله باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها را نشان داده است (Guo et al., 2017; Hadinoto et al., 2021; Julák et al., 2018; Rathore et al., 2021; Xiao et al., 2023). استفاده از PAW تغییراتی در صنایع غذایی ایجاد می‌کند که راستای فراوری‌های دوستدار محیط‌زیست بوده و اتکا به مواد شیمیایی مضر را با حفظ استانداردهای ایمنی

3-Plasma-Activated Buffer Solution

1-Plasma- Activated Water

2-Plasma-Activated Plasma

این طریق می‌باشد. با استفاده از یک رآکتور پلاسما شامل الکترودهای مسی و فولادی، ولتاژ ۲۰ kV، جریان ۳ mA با کمک هوای اتمسفر تولید و با نمونه برخورد می‌کرد.



شکل ۱- دستگاه مولد پلاسمای سرد

Figure 1- Cold- Plasma Emitter Machine

طرح آزمایشات توسط نرم‌افزار دیزاین اکسپرت^۴ و رژن ۱۲ در قالب طرح باکس- بنکن با فاکتورهای زمان تیمار با پلاسما (۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه)، سرعت تزریق هوا (۰/۵ m/s)، ۱ و ۱/۵) و دمای نگهداری آب فعال شده با پلاسمای سرد (۲۰ °C، ۴ و -۲۰) طبق جدول ۱ اجرا شد. در این پژوهش از آب شهری برای فعال‌سازی استفاده شد. زیرا در بررسی مقالات مشخص شده است استفاده از آب مقطر در فعال‌سازی نقشی نداشته و برای این کار تاکنون از آب شیر استفاده شده است (Han et al., 2023; Hoeben et al., 2019; Hou et al., 2021; Traylor et al., 2011).

جدول ۱- طرح باکس- بنکن برای تولید نمونه‌های PAW

Table 1- Box-Behnken Design for producing the PAW samples

Run	Cold- Plasma time (min)	Air Velocity (m/s)	Storage Temperature (°C)
1	30	0.5	0
2	0	1.5	0
3	15	0.5	-20
4	0	1	-20
5	30	1	-20
6	0	1	20
7	15	1	0
8	30	1	20
9	15	1.5	20
10	15	1	0

توان آن را در پروتکل‌های ایمنی مواد غذایی موجود ادغام کرد و در نتیجه بهداشت کلی را بدون سرمایه گذاری اضافی در فناوری‌های جدید افزایش داد (Al-Sharif et al., 2020; Milhan et al., 2022; Xiao et al., 2023). به عنوان مثال، در فراوری میوه‌ها و سبزیجات تازه بریده شده، PAW در کاهش بار میکروبی و در عین حال حفظ کیفیت و ویژگی‌های حسی محصولات، نویدبخش بوده است (Hou et al., 2021; Wong et al., 2023; Zhao et al., 2020; Zhou et al., 2018).

علی‌رغم ویژگی‌های امیدوارکننده PAW، تحقیقات بیشتری برای درک کامل شرایط بهینه برای تولید آن، مانند مدت‌زمان تیمار پلاسمای سرد در آب، شرایط تخلیه پلاسما، و دمای ذخیره‌سازی PAW مورد نیاز است. در این مطالعه، تأثیر برخی شرایط تولید و نگهداری بر فعالیت PAW مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

تولید PAW:

برای تولید PAW از دستگاه مولد پلاسمای سرد ساخته شده در مرکز رشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (شکل ۱) استفاده شد. این دستگاه شامل بخش مولد پلاسمای سرد و بخش نگهداری نمونه است که قادر به تولید پلاسمای سرد و تماس مستقیم نمونه با هوای یونیزه شده از

11	15	1	0
12	30	1.5	0
13	15	1	0
14	0	0.5	0
15	15	1.5	-20
16	15	1	0
17	15	0.5	20

تعیین ویژگی‌های شیمیایی آب

قبل از استفاده، ویژگی‌های آب از جمله میزان پراکسید هیدروژن (کیت Karizab 4436)، اکسیژن (کیت Arak Chemical Eng. Co. AK 3060)، سختی کل (Arak Chemical CO)، ازن (Arak Chemical Eng. Co. 3096)، نیترات (Arak Chemical Co. 3020)، نیتريت (Arak Chemical Co. 3015) و کلر (Arak Chemical CO.) اندازه‌گیری شد. این ویژگی‌ها طی مدت روزهای ۱، ۲، ۳ و ۶ نیز مورد آزمون قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام و تجزیه و تحلیل آماری با استفاده نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۰ با کمک آنالیز واریانس با آزمون توکی برای تعیین میزان معنی‌داری انجام شد. مقدار p کمتر از ۰/۰۵ از نظر آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

جدول ۲ تحلیل آماری اثر فاکتورهای مورد مطالعه زمان تیمار با پلاسمای سرد، سرعت هوای ورودی، زمان نگهداری و دمای نگهداری آب فعال شده با پلاسمای سرد را در سطح ۵٪ ($p < ۰/۰۵$) نشان می‌دهد. طبق این جدول، اثر زمان پلاسمای سرد (۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه) بر روی پاسخ‌های نیترات و سختی کل معنادار بوده است. سرعت هوای ورودی (m/s) ۰/۵، ۱ و ۱/۵ بر نیتريت و سختی کل معنادار بوده است. دمای نگهداری ($^{\circ}C$ ۲۰، ۴ و -۲۰) بر سختی کل معنادار بوده و در نهایت روزهای نگهداری (۱، ۲، ۳ و ۶ روز) اثر معناداری بر همه فاکتورها به جز نیتريت و ازن داشته است. این یافته نشان می‌دهد فاکتورهای مورد مطالعه توانسته‌اند اثر معناداری بر کیفیت و میزان فعالیت گونه‌های فعال تولید شده طی تیمار با پلاسمای سرد شوند.

جدول ۲- تحلیل ANOVA اثر معناداری فاکتورهای مورد بررسی بر روی پاسخ‌های مورد مطالعه

Table 2- ANOVA analysis for the effect of factors on studied results

		Cold-Plasma Time (min)				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Nitrate	Between Groups	204.118	2	102.059	3.626	0.032
	Within Groups	1829.764	65	28.150		
	Total	2033.882	67			
Nitrite	Between Groups	0.038	2	0.019	2.067	0.135
	Within Groups	0.593	65	0.009		
	Total	0.631	67			
Ozone	Between Groups	0.054	2	0.027	2.267	0.112
	Within Groups	0.775	65	0.012		
	Total	0.829	67			
Chloride	Between Groups	0.076	2	0.038	2.081	0.133
	Within Groups	1.187	65	0.018		
	Total	1.263	67			
Hardness	Between Groups	289808.563	2	144904.281	7.258	0.001
	Within Groups	1297664.188	65	19964.064		
	Total	1587472.750	67			
Oxygen	Between Groups	23.721	2	11.860	0.329	0.721
	Within Groups	2345.135	65	36.079		
	Total	2368.856	67			
H2O2	Between Groups	111.890	2	55.945	1.175	0.315

Within Groups		3094.625	65	47.610		
Total		3206.515	67			
Air Velocity (m/s)						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Nitrate	Between Groups	11.118	2	5.559	0.179	0.837
	Within Groups	2022.764	65	31.119		
	Total	2033.882	67			
Nitrite	Between Groups	0.045	2	0.023	2.505	0.089
	Within Groups	0.586	65	0.009		
	Total	0.631	67			
Ozone	Between Groups	0.026	2	0.013	1.064	0.351
	Within Groups	0.803	65	0.012		
	Total	0.829	67			
Chloride	Between Groups	0.060	2	0.030	1.632	0.204
	Within Groups	1.202	65	0.018		
	Total	1.263	67			
Hardness	Between Groups	154371.924	2	77185.962	3.501	0.036
	Within Groups	1433100.826	65	22047.705		
	Total	1587472.750	67			
Oxygen	Between Groups	25.841	2	12.920	0.358	0.700
	Within Groups	2343.015	65	36.046		
	Total	2368.856	67			
H2O2	Between Groups	5.765	2	2.882	0.059	0.943
	Within Groups	3200.750	65	49.242		
	Total	3206.515	67			
Storage Temperature (°C)						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Nitrate	Between Groups	10.132	2	5.066	0.163	0.850
	Within Groups	2023.750	65	31.135		
	Total	2033.882	67			
Nitrite	Between Groups	0.011	2	0.006	0.577	0.565
	Within Groups	0.620	65	0.010		
	Total	0.631	67			
Ozone	Between Groups	0.039	2	0.020	1.615	0.207
	Within Groups	0.790	65	0.012		
	Total	0.829	67			
Chloride	Between Groups	0.035	2	0.018	0.936	0.397
	Within Groups	1.227	65	0.019		
	Total	1.263	67			
Hardness	Between Groups	382001.569	2	191000.785	10.299	0.000
	Within Groups	1205471.181	65	18545.710		
	Total	1587472.750	67			
Oxygen	Between Groups	94.519	2	47.259	1.351	0.266
	Within Groups	2274.337	65	34.990		
	Total	2368.856	67			
H2O2	Between Groups	0.265	2	0.132	0.003	0.997
	Within Groups	3206.250	65	49.327		
	Total	3206.515	67			
Storage Days						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Nitrate	Between Groups	608.588	3	202.863	9.109	0.000
	Within Groups	1425.294	64	22.270		
	Total	2033.882	67			
Nitrite	Between Groups	0.035	3	0.012	1.258	0.296
	Within Groups	0.596	64	0.009		
	Total	0.631	67			
Ozone	Between Groups	0.051	3	0.017	1.404	0.250
	Within Groups	0.778	64	0.012		
	Total	0.829	67			
Chloride	Between Groups	0.656	3	0.219	23.044	0.000
	Within Groups	0.607	64	0.009		
	Total	1.263	67			
Hardness	Between Groups	285850.750	3	95283.583	4.685	0.005
	Within Groups	1301622.000	64	20337.844		
	Total	1587472.750	67			
Oxygen	Between Groups	664.995	3	221.665	8.326	0.000

	Within Groups	1703.860	64	26.623		
	Total	2368.856	67			
	Between Groups	2078.868	3	692.956	39.329	0.000
H2O2	Within Groups	1127.647	64	17.619		
	Total	3206.515	67			

میزان ترکیبات اکسیدانی فعال در PAW نشده است. هرچند فاکتور سرعت هوای ورودی و فاکتور زمان تیمار با پلاسما به طور مجزا توانسته اند اثر معنادار قوی بر تولید این ترکیبات از خود نشان دهند، اما در مجموع اثر متقابل آن‌ها در برخی شرایط معنادار بوده است. برای مثال افزایش زمان تیمار با پلاسما و افزایش سرعت هوای ورودی توانسته است تفاوت معناداری در کاهش سختی داشته باشد که این نتیجه تحقیقات در زمینه تصفیه پساب و آب توسط پلاسما سرد را تأیید می‌کند. سرعت هوا در زمان ۱۵ و ۳۰ دقیقه تیمار با پلاسما سرد، بر سختی و وزن اثر معنادار کاهنده‌ای داشته است.

زمانی که PAW تولید می‌شود، فرآیندهای مختلفی در لایه مرزی آب و پلاسما رخ می‌دهد؛ مانند انتقال گونه‌های فعال تولید شده در پلاسما، به آب و بروز برهمکنش‌های شیمیایی بین گونه‌های فعال و مولکول‌های آب (Wende et al., 2019). تخلیه‌های تولید شده درون آب، بسیار فعال و گذرا بوده و فرآیندهای نابودی گونه‌های فعال رخ می‌دهند که اغلب در میدان‌های الکتریکی قوی بروز می‌کنند و باعث تشکیل گونه‌های با عمر کوتاهی مانند یون‌های هیدروکسیل و الکترون‌های هیدراته محلول می‌شود (Khlyustova et al., 2019). واکنش‌های سریع بعدی بین یون‌های هیدروکسیل و الکترون‌های هیدراته محلول منجر به تولید گونه‌های فعالی مانند ازن و پراکسید هیدروژن می‌شوند. لیو و همکاران (۲۰۲۰) گزارش دادند گونه‌های فعال اکسیژن با افزایش سرعت هوای ورودی کاهش یافتند. آن‌ها این اتفاق را ناشی از این می‌دانستند که هوا سهم زیادی از فاز گازی گونه‌های فعال را از محفظه با خود برده و باعث کاهش امکان حل شدن آن گونه‌های فعال در آب می‌شود (K. Liu et al., 2020).

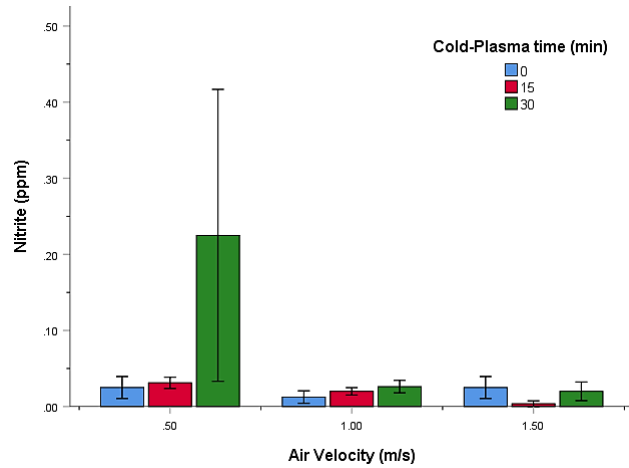
اغلب سیستم‌های مولد پلاسما سرد در فشار اتمسفر و با هوای معمولی برای تولید آب فعال شده استفاده شده‌اند، زیرا طراحی این سیستم‌ها آسان و نگهداری آن‌ها ارزان است. اما باید خاطر نشان کرد ویژگی‌های فرایند تولید آب فعال شده با پلاسما از جمله توان، ولتاژ، نوع گاز در بین تیمارهای مختلف متفاوت است. مطالعات زیادی بر بررسی اثر فاکتورهای تولید PAW تمرکز داشته‌اند (Guo et al., 2021; Han et al., 2023; Zhou et al., 2020). همکاران (۲۰۱۸) اثر ولتاژ و زمان تیمار در تولید PAW توسط آب مقطر را بررسی کرده و گزارش دادند با افزایش ولتاژ در تولید PAW، ویژگی کاهش جمعیت میکروبی آن نیز افزایش می‌یابد (Qi et al., 2018). ژائو و همکاران (۲۰۲۰) نیز گزارش دادند که بالاتر بردن ولتاژ و زمان در معرض قرار گرفتن آب، باعث افزایش ویژگی غیرفعال‌سازی میکروبی PAW خواهد شد (Zhao et al., 2020). در این تحقیق مشخص شد که فاکتورهای مورد مطالعه بر ویژگی‌های اکسیدانی آب فعال شده با پلاسما اثر داشته است. همچنین اثر متقابل زمان تیمار با پلاسما و فاکتورهای روز نگهداری، دمای نگهداری و سرعت هوای ورودی در شکل‌های ۱ الی ۳ نشان داده می‌شود.

اثر سرعت زمان تیمار با پلاسما سرد و هوای ورودی بر مقدار ترکیبات فعال

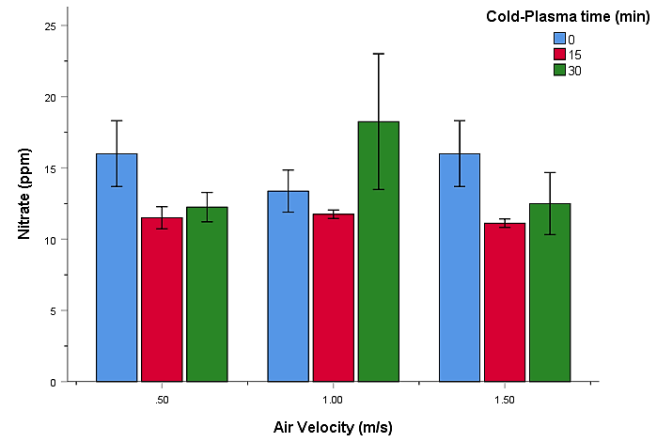
یکی از فاکتورهای مؤثر بر اثربخشی PAW، نرخ جریان گاز است (Wong et al., 2023; Xiao et al., 2023). طبق مطالعات انجام شده، نرخ جریان گاز، همواره رابطه مثبتی با فعالیت اکسیدانی PAW از خود نشان نداده است. در این مطالعه، شکل ۱ نشان می‌دهد اثر متقابل سرعت هوای ورودی و زمان تیمار با پلاسما باعث تغییرات معنادار در

یا با تولید گازهایی که منجر به برهم‌کنش با این یونها می‌شوند، این یونها را از دسترس خارج می‌کنند (Kamgang-Youbi et al., 2009; Zhao et al., 2020).

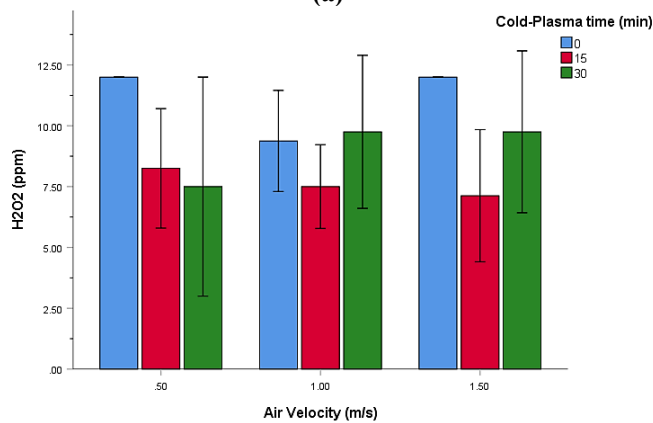
می‌توان کاهش سختی آب در اثر افزایش زمان تیمار با پلاسمای سرد را ناشی از تولید رادیکال‌های آزاد در آب دانست که می‌توانند یون‌های کلسیم و منیزیم را تجزیه کنند



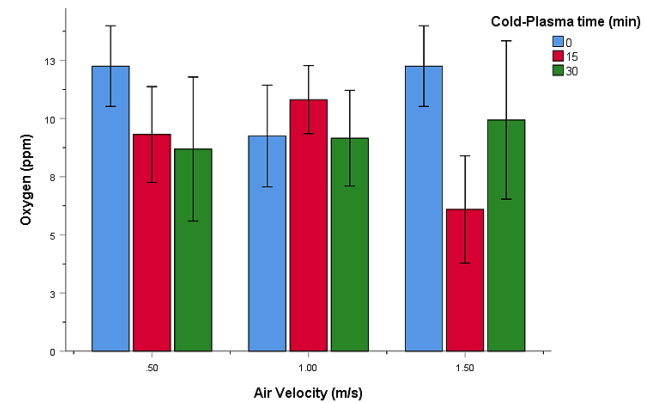
(a)



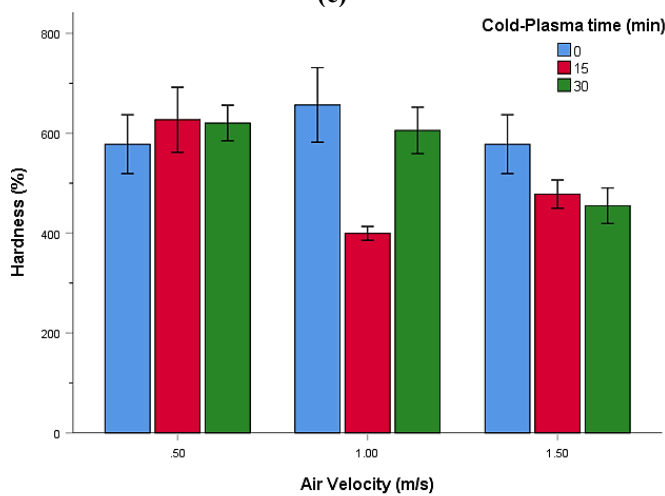
(b)



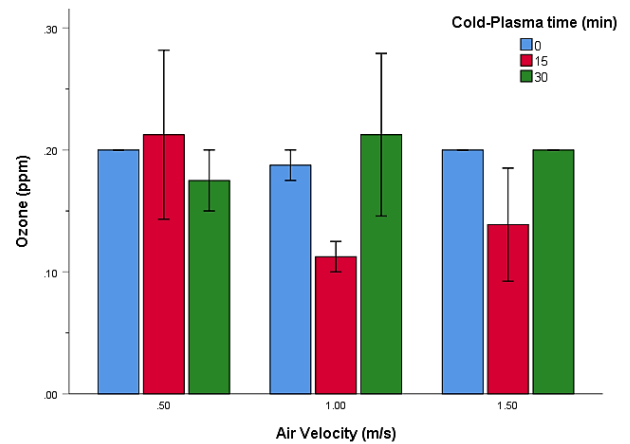
(c)



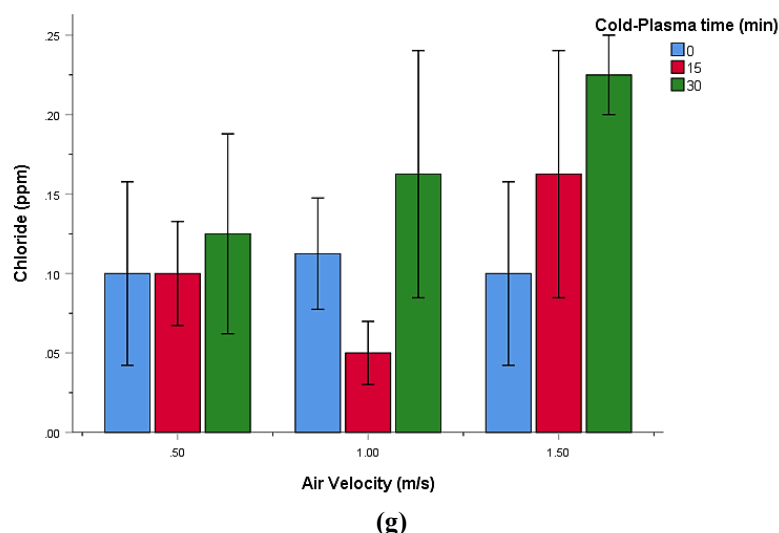
(d)



(e)



(f)



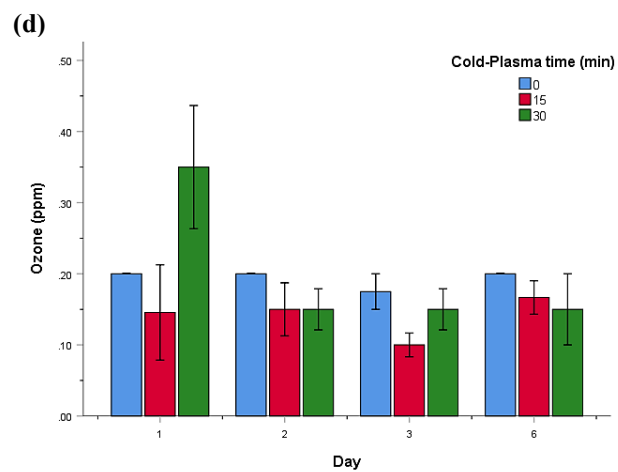
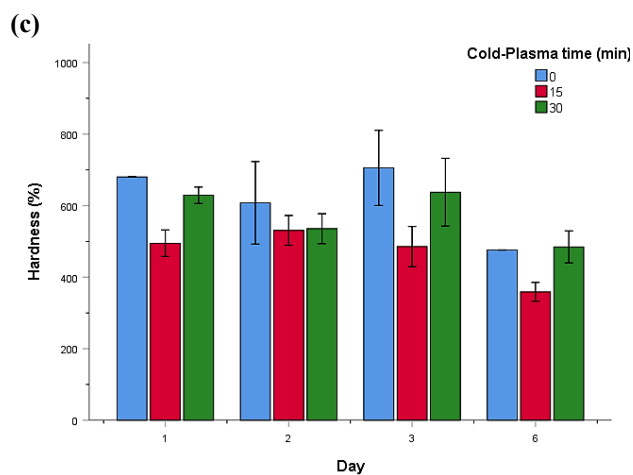
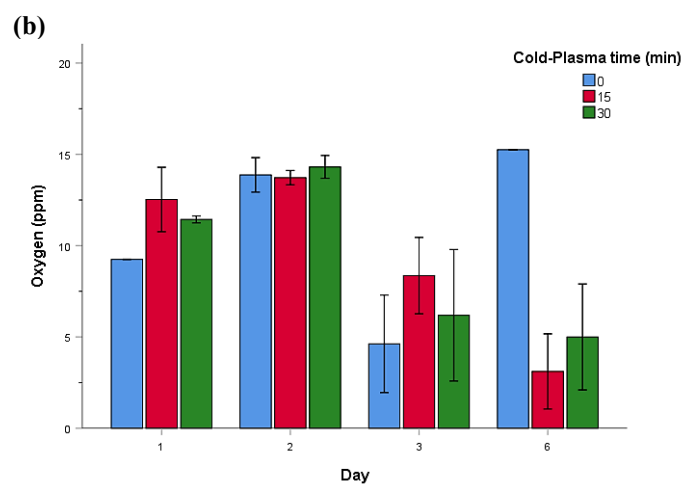
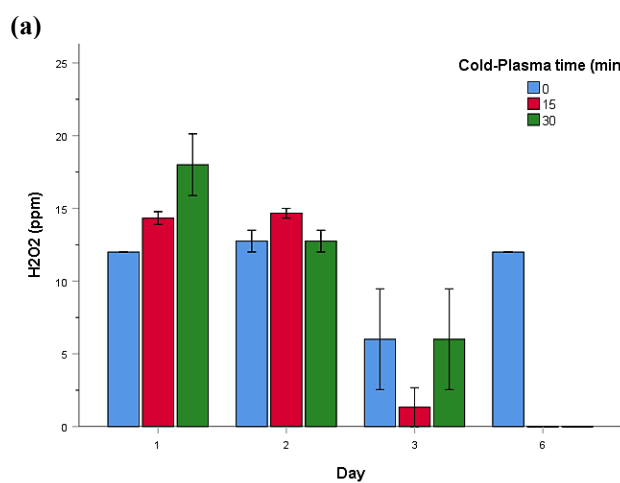
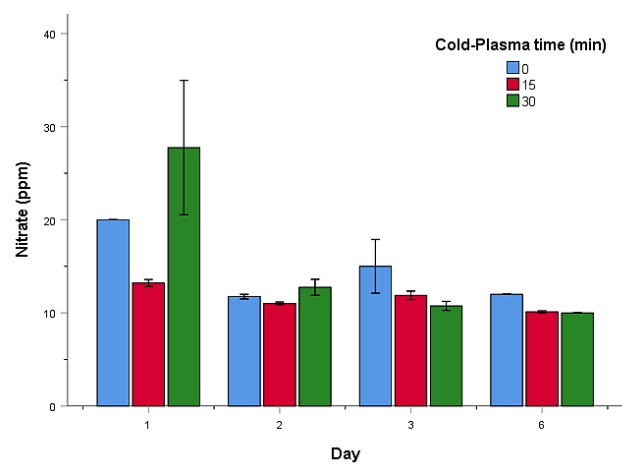
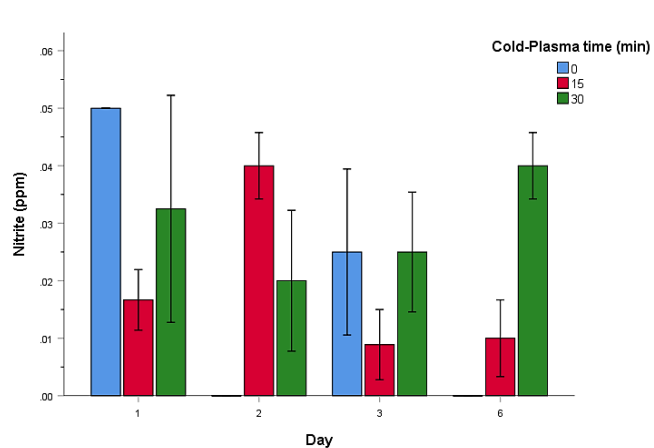
شکل ۱- اثر متقابل زمان تیمار پلاسمای سرد و سرعت هوای ورودی بر میزان محتوای نیتريت (a)، نیترات (b)، پراکسید هیدروژن (c)، اکسیژن (d)، سختی (e)، ازن (f) و کلر (g)

Figure 1- The interaction effect of cold-plasma time and inlet air velocity on Nitrite (a), Nitrate (b), H_2O_2 (c), Oxygen (d), Hardness (e), Ozone (f), and Chloride (g) contents

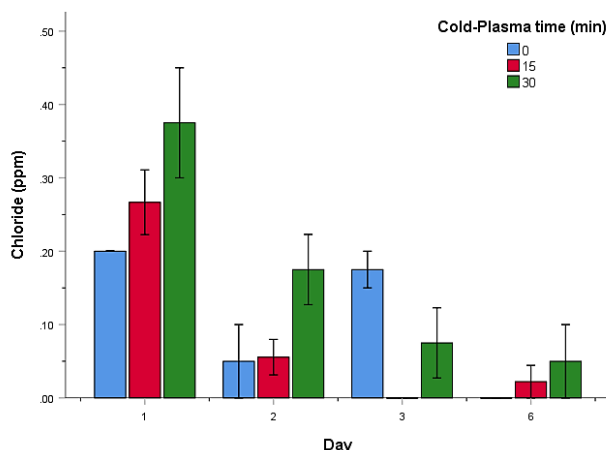
ثابت مانده است. سرعت کاهش پراکسید هیدروژن در نمونه‌هایی که ۳۰ دقیقه تیمار پلاسمای سرد را گرفته‌اند، طی شش روز نگهداری بسیار بالا بود. در مورد کلر، در روز اول افزایش زمان تیمار با پلاسمای توانسته است میزان آن را افزایش دهد، اما در روزهای بعدی نگهداری، میزان کلر به شکل مستقل از زمان تیمار با پلاسمای سرد، به شدت کاهش یافته است. نیکت و همکاران (۲۰۱۸) گزارش دادند با افزایش زمان تیمار پلاسمای سرد، غلظت پراکسید هیدروژن نیز افزایش می‌یابد و این پایداری طی زمان نگهداری نیز تا حدودی حفظ می‌شود (Niquet et al., 2018).

اثر زمان نگهداری بر مقدار ترکیبات فعال

طبق شکل ۲، با تغییر زمان تیمار پلاسمای سرد، میزان ترکیبات اکسیدانی نمونه‌ها به شکل معناداری تغییر کرده است. این تغییرات طی روزهای نگهداری به خوبی مشهود است و تغییرات هر نمونه در هر روز کاملاً معنادار است. در بین این ترکیبات، پراکسید هیدروژن، نیترات، نیتريت و ازن شاخص فعالیت ضد میکروبی PAW محسوب می‌شوند (Zhang et al., 2013). با پایش تغییرات این ترکیبات نسبت به تیمار زمان پلاسمای سرد مشخص شد که در روز اول، با افزایش زمان CP، تولید پراکسید هیدروژن، نیترات و ازن افزایش یافته است اما در روز دوم نگهداری میزان آن‌ها کاهش یافته و در مورد نیترات و ازن تا آخرین روز نگهداری



(f)



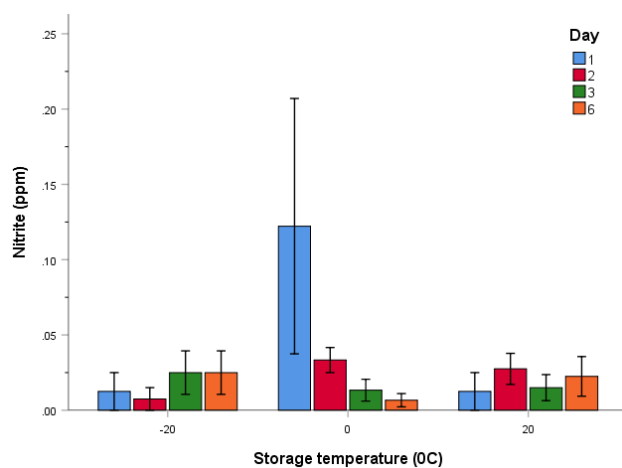
(g) پراکسید (b)، نیترات (a) بر میزان محتوای نیتريت (PAW) شکل ۲- اثر متقابل زمان تیمار پلاسمای سرد و روزهای نگهداری (g) و کلر (f)، ازن (e)، سخته (d)، اکسیژن (c) هیدروژن (b) و نیتروژن (a) بر میزان محتوای نیتريت (PAW) شکل ۲- اثر متقابل زمان تیمار پلاسمای سرد و روزهای نگهداری

Figure 2- The interaction effect cold-plasma time and storage duration of PAW on Nitrite (a), Nitrate (b), H₂O₂ (c), Oxygen (d), Hardness (e), Ozone (f), and Chloride (g) contents

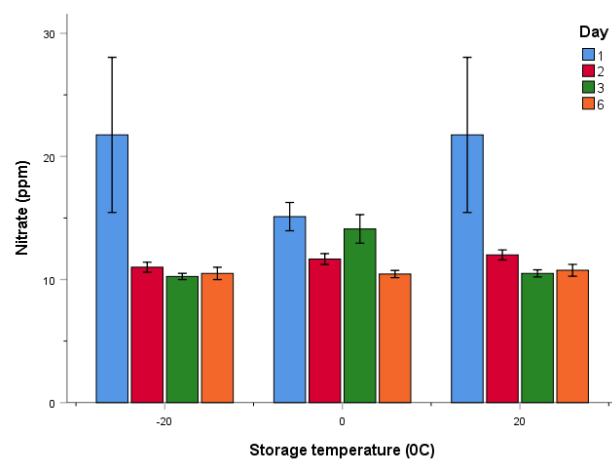
2017). میزان اکسیژن رابطه معناداری با اثر متقابل زمان و دمای نگهداری از خود نشان نداد اما سختی کل در دمای انجماد افزایش یافت و در دمای یخچال و محیط، تا روز آخر کاهش معنادار داشت. مقدار ازن که یکی از شاخص‌های بسیار مهم فعال بودن PAW است، در نمونه‌های نگهداری شده در دمای یخچال تا روز ششم افزایش معنادار از خود نشان داد اما در دو دمای دیگر تغییرات آن کاهشی بود. کلر نیز در تمامی دماهای نگهداری دارای روند کاهشی بود. ازنی که در آب حل شده است، پایداری زیادی ندارد اما میزان حضور آن به رادیکال هیدروکسیل بستگی دارد (Lauratti et al., 1998). رادیکال‌های هیدروکسیل گونه‌های واکنش‌پذیر با عمر کوتاه هستند که پتانسیل اکسیداسیون و احیای بالایی دارد و در حضور مواد آلی موجود در آب، با آن‌ها واکنش داده و رادیکال‌های جدیدی ایجاد می‌کند که باعث بروز واکنش‌های بیشتری می‌شود (Ayala et al., 2014; Herianto et al., 2021; Laurita et al., 2015).

اثر زمان و دمای نگهداری بر مقدار ترکیبات فعال

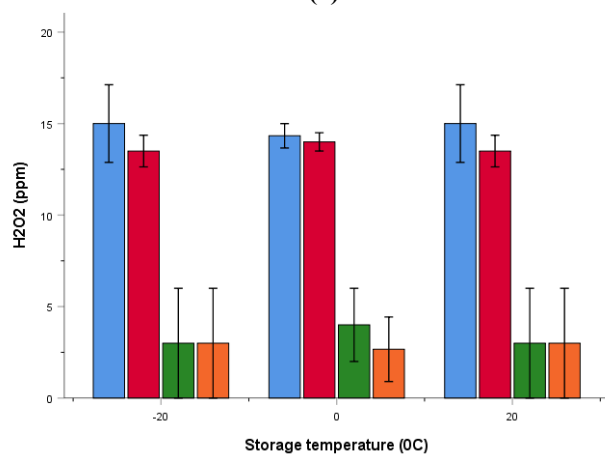
یکی دیگر از فاکتورهای مهم در کیفیت اکسیدانی PAW، دمای نگهداری آن است. یکی از ایده‌های مهمی که امروزه می‌تواند در صنایع غذایی اهمیت بسیار بالایی داشته باشد، امکان تولید و نگهداری این آب برای مدت زمان طولانی‌تر است. به ویژه اینکه آیا می‌توان این آب را به صورت منجمد نگهداری و حمل کرد یا خیر. به همین دلیل در این مطالعه وضعیت اکسیدانی PAW در سه دمای محیط، یخچال و انجمادی مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۳ اثر متقابل زمان و دمای نگهداری نمونه‌های PAW را نشان می‌دهد. طبق این شکل، مقدار نیتريت طی نگهداری در یخچال کاهش معنادار از خود نشان داد. اما نیترات در همه دماهای نگهداری با افزایش زمان نگهداری به طرز معناداری کاهش یافت. همچنین میزان پراکسید هیدروژن در روز اول و دوم در تمامی دماهای نگهداری بالاترین مقدار بود اما تا روز ششم در تمامی دماها روند نزولی از خود نشان داد. این نتایج مطابق با یافته‌های ژنگ و همکاران (۲۰۱۷) می‌باشد (Zheng, ۲۰۱۷).



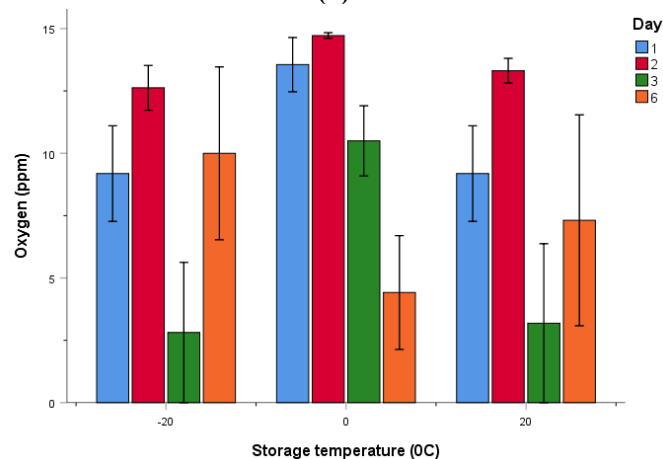
(a)



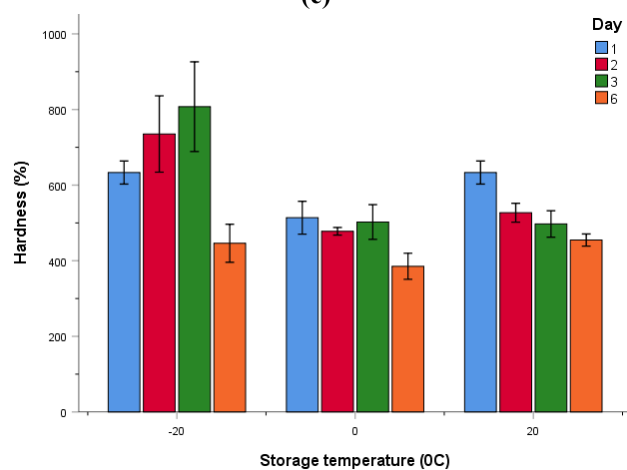
(b)



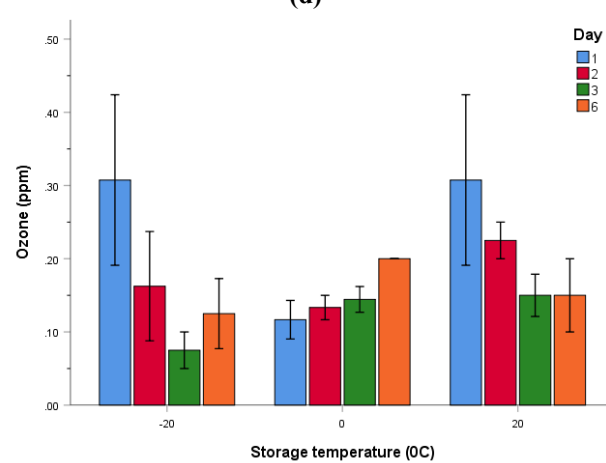
(c)



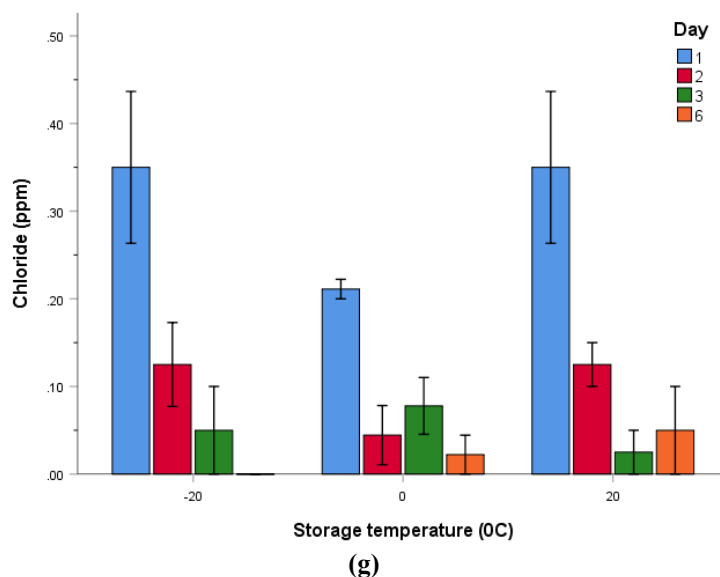
(d)



(e)



(f)



(g)

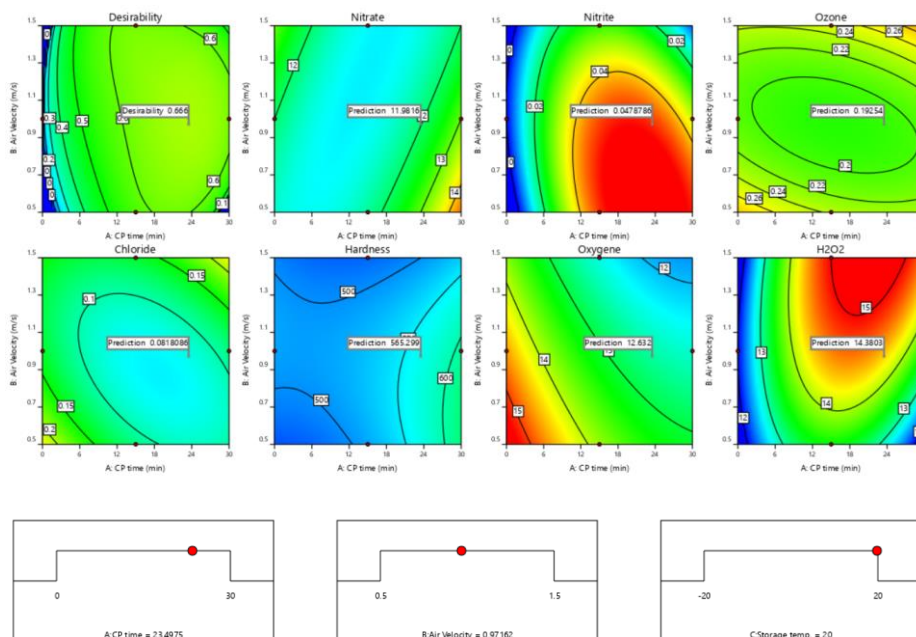
شکل ۳- اثر متقابل زمان و دمای نگهداری PAW بر میزان محتوای نیتريت (a)، نترات (b)، پراکسید هیدروژن (c)، اکسیژن (d)، سختی (e)، ازن (f) و کلر (g)

Figure 3- The interaction effect of storage time and temperature of PAW on Nitrite (a), Nitrate (b), H_2O_2 (c), Oxygen (d), Hardness (e), Ozone (f), and Chloride (g) contents

نشان داده می‌شوند. بر این اساس بهترین شرایط فراوری برای دستیابی به هدف مذکور با سطح حساسیت ۳، عبارت بود از زمان تیمار ۲۳/۵ دقیقه با پلاسمای سرد، سرعت هوای ۰/۹۷ m/s و دمای نگهداری ۲۰°C. به این ترتیب می‌توان امکان تولید آب فعال شده با پلاسمای سرد با بیشترین کارایی را ایجاد نمود.

بهینه‌سازی فرایند تولید PAW

باتوجه به اثر فاکتورهای متقابل بر فعالیت اکسیدانی PAW، بهینه‌سازی شرایط فراوری باتوجه به کاربرد PAW از اهمیت بالایی برخوردار است؛ لذا این کار با کمک نرم‌افزار دیزاین اکسپرت ورژن ۱۲ با هدف حداکثر کردن فعالیت اکسیدانی PAW و به حداقل رساندن سختی انجام و نتایج در شکل ۴



شکل ۴- بهینه‌سازی تولید آب فعال‌شده با پلاسمای سرد

Figure 4- The optimization of PAW production

۴- نتیجه‌گیری:

می‌رود، می‌توان برای تهیه و نگهداری PAW برنامه‌ریزی لازم را انجام داد. این نتایج می‌تواند پایه‌گذار کاربردهای آینده آب فعال شده با پلاسمای سرد برای حفظ نکات بهداشتی در صنایع غذایی و کشاورزی شود.

۵- سپاسگزاری:

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با شماره ۰۲-۱۴۰۳-۰۲ می‌باشد. لذا بابت حمایت‌های مادی و معنوی در اجرای این طرح پژوهشی از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری سپاسگزاری می‌شود.

۶- منابع

- [1] Al-Sharify, Z. T., Al-Sharify, T. A., & al-Azawi, A. M. (2020). Investigative study on the interaction and applications of plasma activated water (PAW). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 102867. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102867>
- [2] Ali, M., Cheng, J.-H., & Sun, D.-W. (۲۰۲۱). Effect of plasma activated water and buffer solution on fungicide degradation from tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. *Food Chemistry*, 350, 129195. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129195>
- [3] Ayala, A., Muñoz, M. F., & Argüelles, S. (۲۰۱۴). Lipid peroxidation: production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2014(1), 360438.
- [4] Guo, D., Liu, H., Zhou, L., Xie, J., & He, C. (2021). Plasma-activated water production and its application in agriculture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(12), 4891-4899.
- [5] Guo, J., Huang, K., Wang, X., Lyu, C., Yang, N., Li, Y., & Wang, J. (2017). Inactivation of Yeast on Grapes by Plasma-Activated Water and Its Effects on Quality Attributes. *Journal of Food Protection*, 80(2), 225-230. <https://doi.org/https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-116>
- [6] Hadinoto, K., Astorga, J. B., Masood, H., Zhou, R., Alam, D., Cullen, P. J., Prescott, S., & Trujillo, F. J. (2۰۲۱). Efficacy optimization of plasma-activated water for food sanitization through two reactor design configurations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 74, 102867. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102867>
- [7] Han, Q.-Y., Wen, X., Gao, J.-Y., Zhong, C.-S., & Ni, Y.-Y. (2023). Application of plasma-activated water in the food industry: A review of recent research developments. *Food Chemistry*, 405, 134797. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134797>
- [8] Herianto, S., Hou, C. Y., Lin, C. M., & Chen, H. L. (2021). Nonthermal plasma-activated water: A comprehensive review of this new tool for enhanced food safety and quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 583-626.
- [9] Hoebe, W., Van Ooij, P., Schram, D., Huiskamp, T., Pemen, A., & Lukeš, P. (2019). On the possibilities of straightforward characterization of plasma activated water. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 39, 597-626.
- [10] Hou, C.-Y., Lai, Y.-C., Hsiao, C.-P., Chen, S.-Y., Liu, C.-T., Wu, J.-S., & Lin, C.-M. (2021). Antibacterial activity and the physicochemical characteristics of plasma activated water on tomato surfaces. *LWT*, 149, 111879. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111879>
- [11] Julák, J., Hujacová, A., Scholtz, V., Khun, J., & Holada, K. (2018). Contribution to the chemistry of plasma-activated water. *Plasma Physics Reports*, 44, 125-136.

- [12] Kamgang-Youbi, G., Herry, J. M., Meylheuc, T., Brisset, J. L., Bellon-Fontaine, M. N., Doubla, A., & Naitali, M. (2019). Microbial inactivation using plasma-activated water obtained by gliding electric discharges. *Letters in applied microbiology*, 48(1), 13-18.
- [13] Khlyustova, A., Labay, C., Machala, Z., Ginebra, M.-P., & Canal, C. (2019). Important parameters in plasma jets for the production of RONS in liquids for plasma medicine: A brief review. *Frontiers of Chemical Science and Engineering*, 13, 238-252.
- [14] Laurita, R., Barbieri, D., Gherardi, M., Colombo, V., & Lukes, P. (2015). Chemical analysis of reactive species and antimicrobial activity of water treated by nanosecond pulsed DBD air plasma. *Clinical Plasma Medicine*, 3(2), 53-61.
- [15] Leuratti, C., Singh, R., Lagneau, C., Farmer, P. B., Plastaras, J. P., Marnett, L. J., & Shuker, D. (1998). Determination of malondialdehyde-induced DNA damage in human tissues using an immunoslot blot assay. *Carcinogenesis*, 19(11), 1919-1924.
- [16] Liu, C., Chen, C., Jiang, A., Sun, X., Guan, Q., & Hu, W. (2020). Effects of plasma-activated water on microbial growth and storage quality of fresh-cut apple. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 59, 102256. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.10.2256>
- [17] Liu, K., Yang, Z., & Liu, S. (2020). Study of the characteristics of DC multineedle-to-water plasma-activated water and Its germination inhibition efficiency: The effect of discharge mode and gas flow. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 48(4), 969-979.
- [18] Ma, M., Zhang, Y., Lv, Y., & Sun, F. (2020). The key reactive species in the bactericidal process of plasma activated water. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 53(18), 185207.
- [19] Milhan, N. V. M., Chiappim, W., Sampaio, A. d. G., Vegian, M. R. d. C., Pessoa, R. S., & Koga-Ito, C. Y. (2022). Applications of plasma-activated water in dentistry: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(8), 4131.
- [20] Niquet, R., Boehm, D., Schnabel, U., Cullen, P., Bourke, P., & Ehlbeck, J. (2018). Characterising the impact of post-treatment storage on chemistry and antimicrobial properties of plasma treated water derived from microwave and DBD sources. *Plasma Processes and Polymers*, 15(3), 1700127.
- [21] Qi, Z., Tian, E., Song, Y., Sosnin, E. A., Skakun, V. S., Li, T., Xia, Y., Zhao, Y., Lin, X., & Liu, D. (2018). Inactivation of *Shewanella putrefaciens* by plasma activated water. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 38, 1035-1050.
- [22] Rathore, V., Patel, D., Butani, S., & Nema, S. K. (2021). Investigation of physicochemical properties of plasma activated water and its bactericidal efficacy. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 41(1), 1-11.
- [23] Traylor, M. J., Pavlovich, M. J., Karim, S., Hait, P., Sakiyama, Y., Clark, D. S., & Graves, D. B. (2011). Long-term antibacterial efficacy of air plasma-activated water. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 44(47), 472001.
- [24] Wende, K., von Woedtke, T., Weltmann, K.-D., & Bekeschus, S. (2019). Chemistry and biochemistry of cold physical plasma derived reactive species in liquids. *Biological Chemistry*, 400(1), 19-38.
- [25] Wong, K. S., Chew, N. S., Low, M., & Tan, M. K. (2023). Plasma-activated water: Physicochemical properties, generation techniques, and applications. *Processes*, 11(7), 2213.
- [26] Xiang, Q., Fan, L., Li, Y., Dong, S., Li, K., & Bai, Y. (2022). A review on recent advances in plasma-activated water for food safety: Current applications and future trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(8), 2250-2268.
- [27] Xiao, A., Liu, D., & Li, Y. (2023). Plasma-activated tap water production and its application in atomization disinfection. *Applied Sciences*, 13(5), 3015.
- [28] Zhang, Q., Liang, Y., Feng, H., Ma, R., Tian, Y., Zhang, J., & Fang, J. (2013). A study of oxidative stress induced by non-thermal plasma-activated water for bacterial damage. *Applied physics letters*, 102(2), 023101.
- [29] Zhao, Y. M., Patange, A., Sun, D. W., & Tiwari, B. (2020). Plasma-activated water: Physicochemical properties, microbial inactivation mechanisms, factors influencing antimicrobial effectiveness, and applications in the food industry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3951-3979.
- [30] Zheng, J. (2017). Inactivation of *Staphylococcus aureus* in water by pulsed spark discharge. *Scientific reports*, 7(1), 10311.
- [31] Zhou, R., Zhou, R., Prasad, K., Fang, Z., Speight, R., Bazaka, K., & Ostrikov, K. K. (2018). Cold atmospheric plasma activated water as a prospective disinfectant: The crucial role of peroxynitrite. *Green Chemistry*, 20(23), 5276-5284.
- [32] Zhou, R., Zhou, R., Wang, P., Xian, Y., Mai-Prochnow, A., Lu, X., Cullen, P., Ostrikov, K. K., & Bazaka, K. (2020). Plasma-activated water: Generation, origin of reactive species and biological applications. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 53(30), 303001.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Studying the Oxidant Activity and Optimization of Cold Plasma- Activated Water

Azadeh Ranjbar Nedamani^{*1}, Ali Taghavi², Elham Ranjbar Nedamani³

- 1- Assistant Professor, Biosystem Engineering Department, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Sari, Iran.
- 2- M.Sc. Student of Post-Harvest Technology, Biosystem Engineering Department, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Sari, Iran
- 3- Ph.D. in Food Chemistry, Research and Development, Kalleh, Amol, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2024/11/14

Accepted: 2025/3/11

Keywords:

Activated water,
Cold plasma,
Design expert,
Hydrogen peroxide

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.214.

*Corresponding Author E-
a.ranjbar@sanru.ac.ir

ABSTRACT

Activated water with cold-plasma has emerged as a non-toxic and environmentally friendly alternative, demonstrating its efficiency against a wide range of pathogens, including bacteria, viruses, and fungi. In this study, tap water was activated using cold plasma generator, employing a plasma reactor consisting of copper and steel electrodes, with a voltage of 20 kV and a current of 3 mA at atmospheric air. To produce and optimization of activated water, experimental designs were conducted using Design Expert software version 12, following a Box-Behnken design. The factors were treatment time (0, 15, and 30 min), air injection velocity (0.5, 1, and 1.5 m/s), and storage temperature (20, 4, and -20 °C). The characteristics of water, including hydrogen peroxide concentration, oxygen levels, total hardness, ozone, nitrate, nitrite, and chlorine, were measured at the days of 0, 1, 2, 3, and 6 to investigate the activation during storage period. The results indicated that all studied factors had a significant effect on the outcomes examined. The interaction effects of these factors also exhibited significant decreasing impact on the results in certain cases. Finally, it was determined that the storage temperature of the environment, prolonged treatment time with cold-plasma, and an air velocity of 1 m/s could yield activated water with superior oxidative properties. The optimized condition for producing activated water was identified as a treatment time of 23.5 min, 0.97 m/s air velocity, and storage temperature of 20°C.



بهینه‌یابی فرمولاسیون کیک اسفنجی فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج حاوی صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما با استفاده از طرح آماری مخلوط

فرزانه محمدزاده^۱، مهدی قره خانی^۱، احمد قره خانی^۲، حمید بخش آبادی^۳

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

۲- گروه دامپزشکی، واحد ماکو، دانشگاه آزاد اسلامی، ماکو، ایران

۳- گروه کشاورزی، مرکز آموزش عالی میناب، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۹/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۸

کلمات کلیدی:

کیک اسفنجی،

برنج،

بهینه‌یابی،

صمغ کتیرا،

پودر تفاله خرما

سلیاک یک بیماری ایجاد شده توسط مصرف گلوتن در افراد مستعد از لحاظ ژنتیکی می‌باشد که تنها درمان موثر برای این بیماری پابندی به یک رژیم غذایی فاقد گلوتن در سراسر طول عمر بیمار می‌باشد. بنابراین هدف از این مطالعه بهینه‌یابی فرمولاسیون کیک اسفنجی بر پایه آرد برنج با افزودن صمغ کتیرا و تفاله خرما بود. اثرات دو غلظت صمغ کتیرا (۰ تا ۱/۵ درصد) و پودر تفاله خرما در محدوده‌ی ۰ تا ۹ درصد با کمک طرح آماری مخلوط بر پارامترهای رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، سختی، شاخص‌های رنگی و خصوصیات حسی کیک برنجی بررسی گردید. بر اساس نتایج این پژوهش کلیه ویژگی‌های مورد آزمایش کیک تهیه شده تحت تأثیر اجزای مخلوط بود ($P < 0/05$). افزایش میزان صمغ کتیرا در فرمولاسیون منجر به افزایش مقدار رطوبت، تخلخل، شاخص L^* و b^* شد. به‌گونه‌ای که بیشینه میزان رطوبت متعلق به نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ کتیرا و فاقد پودر تفاله خرما بود که این نمونه دارای ۴۹/۹۳ درصد رطوبت بیشتری از نمونه‌ی حاوی ۹ درصد پودر تفاله خرما داشت. در حالی که میزان سختی، شاخص a^* و پذیرش کلی کاهش یافت. با افزایش پودر تفاله خرما در فرمولاسیون میزان رطوبت، حجم مخصوص، شاخص L^* و b^* و پذیرش کلی کاهش ولی میزان سختی، تخلخل و شاخص a^* افزایش یافت. میزان صمغ کتیرا، پودر تفاله خرما و سایر مواد در فرمولاسیون بهینه به ترتیب برابر ۰/۹، ۰/۲۵ و ۹۸/۸۵ درصد بود که در این نقطه مطلوبیت ۰/۸۵۴ حاصل گردید.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.229.

* مسئول مکاتبات:

m.gharekhani@iaut.ac.ir

۱-مقدمه

غلات از اولین غذاهای شناخته شده بشر بوده که از زمان‌های بسیار کهن تاکنون همواره نقش بسیار مهمی در اقتصاد و تغذیه مردم دنیا به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه داشته است [۱]. کیک به عنوان یکی از محصولات صنایع آردی، دارای تنوع بالایی بوده و در بین مردم و به‌خصوص کودکان و نوجوانان طرفداران زیادی دارد. این محصول نوعی شیرینی با بافت نرم می‌باشد که جزء دسته غذاهای پخته شده طبقه‌بندی می‌شود و مواد اصلی آن را آرد، روغن (به استثنای کیک اسفنجی) شکر و تخم مرغ تشکیل می‌دهد [۲]. که از آرد به‌عنوان در برگیرنده اجزای مختلف کیک و شکل دهنده آن استفاده می‌شود. این محصول بایستی دارای بافتی متخلخل، حفره‌های ریز با دیواره نازک و حالت اسفنجی باشد. هرچند که برای ایجاد تخلخل در بافت کیک می‌توان از گاز کربنیک، مواد شیمیایی مجازی که گاز کربونیک آزاد می‌کنند و یا عمل هوا دادن در اثر کرم کردن روغن، شکر و تخم مرغ استفاده نمود اما حفظ حالت اسفنجی به عهده شبکه گلوتن است [۳]. ولی متأسفانه عده‌ای از افراد به‌دلیل بیماری سلیاک قادر به مصرف محصولات دارای گلوتن نیستند. سلیاک یک بیماری ایجاد شده توسط مصرف گلوتن در افراد مستعد از لحاظ ژنتیکی است که قسمت پرولامین محلول در الکل شامل گلیادین در گندم، سکالین در جو، آونین در جو دو سر و هوردئین در جو از عوامل مسبب این بیماری هستند. افراد مبتلا به سلیاک بعد از مصرف غذای حاوی گلوتن یک سری نشانه‌های بالینی ناشی از اختلال در هضم گلوتن نشان می‌دهند که در زمان‌های طولانی منجر به آسیب پرزهای ویلی موجود در روده‌ی کوچک می‌شود. پوکی استخوان، کمبود ویتامین D و کلسیم به دلیل سوء جذب روده، اختلالات عصبی و روانی، ناباروری، اختلالات جنسی و اختلالات گوارشی از علائم

بیماری سلیاک می‌باشند [۴، ۵ و ۶]. تنها درمان موثر برای بیماری سلیاک پابندی به یک رژیم غذایی فاقد گلوتن در سراسر طول عمر بیمار می‌باشد. این بیماران بایستی از مصرف برخی پروتئین‌های ذخیره‌ای (پرولامین‌ها) که در گندم (گلایدین)، چاودار (سکالین) و جو (هوردئین) وجود دارند، اجتناب کنند. برنج با نام علمی *Oryza Sativa* از تیره‌ی Gramineae که خواصی مانند فقدان گلوتن، سطوح پایین سدیم و مقادیر زیاد کربوهیدرات‌های سریع والهضم را دارد، که آن را برای بیماران سلیاکی مناسب ساخته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اکثر نان‌های بدون گلوتن تجاری به‌دلیل حذف گلوتن، خواص حسی بسیار نامطلوبی دارند و بافت نان حاصله، زبر، متراکم، کم حجم و رنگ پوخته ضعیف بوده و در نهایت برای مصرف کننده قابل قبول نبوده و ماندگاری کمی داشتند [۷ و ۸]. جایگزینی گلوتن، یکی از مسائل چالش بر انگیز برای صنعت غذا است، زیرا تهیه مواد غذایی فاقد گلوتن که از کیفیت تغذیه‌ای و عملکردی مطلوب برخوردار باشند، دشوار است. پروتئین‌ها، هیدروکلوئیدها، امولسیفایرها و یا ترکیبی از این مواد به منظور بهبود خواص فیزیکی و محتوای تغذیه‌ای محصولات فاقد گلوتن استفاده می‌شوند [۹]. صمغ کتیرا به عنوان یکی از صمغ‌های تراوشی گیاهی، از گونه‌های چند ساله آستراگالوس^۱ (گون) و گونه‌های بوته مانند با ساقه‌های چوبی به دست می‌آید [۱۰ و ۱۱] که در کشورهای ایران، سوریه، ترکیه و برخی نقاط دیگر از قاره آسیا می‌روید [۱۲]. از نظر شیمیایی کتیرا یک کربوهیدرات آب‌دوست غیریکنواخت و بسیار منشعب است و از دو جزء اصلی تحت عنوان تراگاکانتیک اسید یا باسورین و تراگا کانتین تشکیل شده است [۱۳]. کتیرا توسط سازمان جهانی غذا و داروی آمریکا به‌عنوان هیدروکلوئیدی با کیفیت در فهرست GRAS قرار گرفته است [۱۴]. این صمغ در صنایع غذایی

1-Astragalus

۲-۱- مواد

در این مطالعه برای تهیه کیک اسفنجی از صمغ کتیرا شرکت پارس آنالیز، پودر تفاله خرما شرکت شهد بابارس و سایر مواد مورد نیاز نیز از فروشگاه‌های سطح شهرستان تبریز استفاده گردید. تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از الک آزمایشگاهی، آون آزمایشگاهی (Memert، آلمان)، ترازوی دیجیتال (Gec Avery، ساخت انگلستان)، مخلوط کن برقی خمیر (Philips، چین)، فر پخت نانوائی (صنایع پخت مشهد، ایران) و بافت سنج (Lefra، آمریکا).

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تهیه خمیر و پخت کیک اسفنجی

خمیر کیک بر اساس روش شکر - خمیر تهیه گردید. فرمولاسیون‌های مختلف به کار رفته در این مطالعه در جدول شماره ۱ آورده شده است. بعد از تهیه خمیر، داخل قالب‌های کیک، کاغذ روغنی گذاشته شد و میزان ۵۰ گرم از مخلوط تهیه شده داخل هر کدام از آنها ریخته شد. قالب‌های حاوی خمیر کیک داخل فر با دمای ۱۹۰-۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۵-۲۰ دقیقه قرار داده شدند. کیک‌های آماده شده از فر خارج و خنک شدند. قالب‌های کیک به منظور خنک شدن سریعتر وارونه قرار داده شد تا بدنه آنها در معرض هوا قرار گرفته و زودتر خنک شوند. این امر به خروج کیک از قالب‌ها کمک نمود و مشکل تعریق را نیز برطرف کرد. پس از کامل شدن مراحل تولید، نمونه‌ها تا انجام مراحل آزمایش، داخل کیسه‌های پلی اتیلنی و در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) نگه داشته شدند.

به خصوص فرآورده‌های صنایع پخت دارای کاربرد گسترده - ای بوده که از آن دسته می‌توان به خاصیت امولسیفایری، پایدارکنندگی و قوام دهنده‌گی در این محصولات اشاره کرد [۱۵]. از محققینی که از صمغ‌ها در فرمولاسیون محصولات مختلف بر پایه غلات استفاده کردند، می‌توان به مطالعات شیخ الاسلامی و همکاران (۲۰۱۷)، بیلادریس و همکاران (۱۹۹۷) و کوماری و همکاران، (۲۰۱۱) اشاره نمود [۱۶، ۱۷ و ۱۸]. درخت خرما یکی از قدیمی‌ترین درختان میوه شناخته شده برای انسان است. بیشتر گونه‌های جنس فولیکس به عنوان گیاه زینتی در درون یا بیرون خانه‌ها پرورش داده می‌شوند و تنها گونه‌ای که میوه آن مصرف خوراکی دارد همان خرما می‌باشد. عراق همواره بزرگترین تولید کننده خرما در جهان است و بصره به خاطر ارقام بسیار مرغوب خرما شهرت جهانی دارد [۱۹] که با توجه به وجود املاح، فیبرهای غذایی و ویتامین‌های مختلف در خرما می‌توان با افزودن آن به محصولات غذایی گوناگون این محصولات را غنی سازی نمود. تحقیقات مختلفی در خصوص استفاده از مشتقات خرما از جمله پودر میوه خرما، قند و شیر خرما در تهیه محصولات نانوائی انجام شده است [۲۰، ۲۱ و ۲۲]. هدف از این مطالعه با توجه به مطالعات اندک در زمینه استفاده از صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما که از ضایعات کارخانجات تولید قند ارگانیک می‌باشد در تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن پایه آرد برنج به منظور افزایش بهبود ویژگی‌های آن و بهینه‌یابی فرمولاسیون کیک اسفنجی بود.

۲-۲- مواد و روش‌ها

Table 1- Mixture composition in the soup formulated with Tragacanth gum (x_1), Date pulp power (x_2) and Other compound (x_3) in a three component constrained D-optimal mixture design.

Number of sample	Tragacanth gum (x_1): (%)	Date pulp power (x_2): (%)	Other compound (x_3): (%)
1	1.5	9	89.5
2	1.5	0	98.5
3	0.5	9	90.5
4	0.5	6	93.5
5	0	0	100

6	0	9	91
7	1	3	96
8	0	6	94
9	1.5	3	95.5
10	0	6	94

۲-۲-۲-۶- ارزیابی میزان شاخص‌های رنگی

برای آنالیز رنگ نمونه‌ها از روش پردازش تصویر با کامپیوتر استفاده گردید. در این روش با استفاده از دوربین دیجیتال از سطح نمونه‌ها عکس برداری شد (به منظور عکس برداری، نمونه‌ها در داخل یک محفظه با زمینه‌ای به رنگ سیاه قرار گرفتند، جهت نورپردازی فضا از لامپ فلوروسنت کم مصرف استفاده گردید زاویه بین عدسی دوربین و محور منبع نوری حدود ۴۵ درجه بود تا نور منعکس شده به دوربین از منبع نوری نبوده، بلکه از نمونه‌ها باشد، همچنین فاصله نمونه‌ها از دوربین ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد) و بعد از انتقال به کامپیوتر، شاخص‌های رنگی (L^* ، a^* و b^*) با برنامه فتوشاپ نسخه (CC) تعیین شدند. با استفاده از کالیبره کردن مقدار این پارامترها توسط کارت‌های رنگی، میزان واقعی این پارامترها تعیین شد شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر بوده و در نهایت شاخص b^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر می‌باشد [۲۵].

۲-۲-۲-۷- ارزیابی حسی نمونه‌ها

خصوصیات حسی نمونه‌های تولیدی از طریق آزمون چشایی ارزیابی شد. ۹ ارزیاب از بین افراد آموزش دیده، خصوصیات نمونه‌های تولیدی را جهت تعیین میزان

۲-۲-۲-۲- تعیین میزان رطوبت

برای اندازه‌گیری میزان رطوبت نمونه‌ها از روش AACC به شماره ۱۶-۴۴ استفاده گردید [۲۳].

۲-۲-۲-۳- اندازه‌گیری حجم مخصوص

حجم نمونه‌های حاصله با استفاده از روش جابه‌جایی دانه‌ی کلزا اندازه‌گیری شد [۲۴].

۲-۲-۲-۴- ارزیابی میزان تخلخل

برای ارزیابی تخلخل نمونه‌ها از روش پردازش تصویر توسط عکس برداری با دوربین دیجیتال با وضوح ۱۲ مگاپیکسل و آنالیز با نرم افزار Image J استفاده شد [۲۵].

۲-۲-۲-۵- آزمون سختی بافت

سفتی بافت داخلی نمونه‌های تولیدی، در روز اول پس از پخت توسط دستگاه بافت سنج اندازه‌گیری و مورد ارزیابی قرار گرفتند. حداکثر نیروی لازم برای نفوذ پروپ استوانه‌ای با قطر ۳۸/۱ میلی‌متر با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه به مرکز برش‌های مغز کیک بعنوان شاخص سفتی محاسبه گردید. زمان استراحت $1/5^2$ ثانیه در نظر گرفته شد و ضخامت برش‌های مغز کیک $2 \times 2 \times 2$ سانتی‌متر مکعب و میزان فشردگی تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه کیک تعیین گردید. نقطه شروع و نقطه هدف به ترتیب ۵ گرم و ۱۰ میلی‌متر بود. این آزمون در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت [۲۶].

میزان رطوبت افزایش یافت. هیدروکلوئیدها به دلیل داشتن ماهیت هیدروفیلیکی، حاوی گروه‌های هیدروکسیل در ساختار خود می‌باشند که باعث واکنش بیشتر آنها با آب از طریق پیوندهای هیدروژنی می‌شود، در نتیجه میزان جذب آب و رطوبت را افزایش می‌دهند [۲۶ و ۲۸]. مویدی و همکاران (۲۰۱۴) نیز در نتایج پژوهش خود نشان داده‌اند که افزودن کتیرا به فرمول نان حجیم سبب افزایش رطوبت آن شد و با افزایش سطح غلظت کتیرا میزان رطوبت بیشتر شد [۱۵]. شیخ الاسلامی و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان دادند که استفاده از هیدروکلوئیدهای آب دوست مانند صمغ‌ها، به دلیل طبیعت آب دوست خود با آب بر همکنش می‌دهند و سبب کاهش انتشار آب و پایداری حضور آن در سیستم می‌شوند که همین امر در افزایش جذب آب خمیر و حفظ رطوبت محصول نهایی در حین فرایند پخت و نگهداری موثر است [۲۹]. عرب شیرازی و همکاران (۲۰۱۲)، آشویی و همکاران (۲۰۰۹) و سیهان و همکاران (۲۰۰۳)، در مطالعات خود قابلیت امولسیفایرها در افزایش رطوبت محصول نهایی را تأیید نمودند. ولی با افزایش بیشتر تفاله خرما، به علت دارا بودن ترکیبات مختلفی از قبیل بیشتر بودن میزان چربی، رطوبت نمونه‌ها کاهش یافت [۳۰، ۳۱ و ۳۲]. نتایج این بخش با نتایج ابیگونا و همکاران (۲۰۱۳) و پتر اکچکوا و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت داشت [۲۰ و ۲۱]. مدل ۱ ارائه شده در جدول ۳ بیانگر تأثیر بیشتر میزان صمغ کتیرا بر رطوبت نمونه‌ها داشت و از طرفی مشخص گردید که مدل خطی بهترین مدل برای بررسی نتایج حاصل از رطوبت نمونه‌ها بود.

پذیرش کلی با استفاده از رابطه (۱) و با اعمال ضرایب ارزشیابی ۱، ۳، ۴ و ۳ به ترتیب برای صفات رنگ، بافت، طعم و مزه و بو بر مبنای مقیاس ۵-۱ (۱ کمترین و ۵ بالاترین امتیاز) ارزیابی کردند [۲۷].

$$Q = \frac{\sum(P \times G)}{\sum P} \quad \text{رابطه (۱)}$$

Q = پذیرش کلی (عدد کیفیت نمونه‌های تولیدی)، P = ضریب رتبه صفات و G = ضریب ارزیابی صفات.

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش به منظور بهینه‌یابی فرمولاسیون کیک اسفنجی بدون گلوتن بر پایه برنج از طرح مخلوط D -optimal و نرم‌افزار Design Expert نسخه 6.0.2 استفاده شد که سه جزء فرمول شامل درصدهای مختلف صمغ کتیرا (X_1)، پودر تفاله خرما (X_2) و سایر مواد (X_3) بود. برای مقایسه داده‌ها با یکدیگر نیز از طرح کاملاً تصادفی نرم افزار SAS 9/1 و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $(P < 0.05)$ استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تأثیر نوع فرمولاسیون بر میزان رطوبت

نتایج حاصل از آزمون دانکن و همچنین شکل ۱ نشان داد که بیشینه میزان رطوبت متعلق به نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ کتیرا و فاقد پودر تفاله خرما بود به گونه‌ای که این نمونه دارای ۴۹/۹۳ درصد رطوبت بیشتری از نمونه‌ی که حاوی ۹ درصد پودر تفاله خرما بود، داشت. همانطور که مشخص است با افزایش میزان صمغ کتیرا در فرمولاسیون

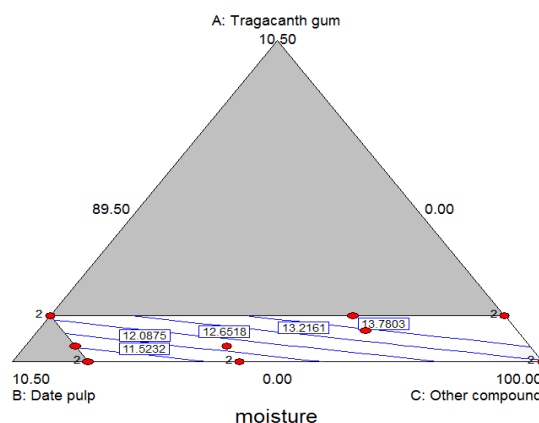


Figure 1- Contour diagram of the moisture content of the produced cakes under the influence of different formulations

Table 2-Experimental results of the assessed properties

Number of sample	Moisture (%)	Specific volume (ml/g)	Hardness (g)	Porosity(%)	L*	a*	b*	Total acceptance
1	12.90 ^d	1.22 ^e	1500 ^e	23.14 ^{de}	72.49 ^f	-10.22 ^h	52.93 ^h	3.75 ^d
2	15.45 ^a	1.46 ^b	735 ^j	33.54 ^{bc}	80 ^a	-10.89 ⁱ	76.12 ^a	4.32 ^b
3	11.80 ^h	1.16 ^g	1705 ^b	32.2 ^{bc}	75.9 ^d	-9.9 ^g	68.29 ^c	3.78 ^d
4	12.60 ^e	1.25 ^d	1320 ^f	34.69 ^b	75.9 ^d	-5.81 ^{bc}	63.27 ^f	3.9 ^{cd}
5	13.10 ^c	1.31 ^b	1132 ^g	23.07 ^{ef}	78.58 ^b	-9.15 ^f	70.17 ^b	5 ^a
6	10.66 ⁱ	1.14 ^h	1898 ^a	27.07 ^{cd}	72.05 ^g	-7.67 ^e	63.59 ^f	3.8 ^{cd}
7	12.39 ^f	1.24 ^d	1027 ⁱ	40.02 ^a	78.15 ^c	-7.49 ^d	65.47 ^e	4.33 ^b
8	12.00 ^g	1.19 ^f	1608 ^c	21.74 ^f	71 ^h	-5.8 ^b	66 ^d	4 ^c
9	14.00 ^b	1.27 ^c	1120 ^h	32.01 ^{bc}	73.14 ^e	-5.84 ^c	60.45 ^g	3.99 ^c
10	12.10 ^g	1.20 ^f	1515 ^d	21.74 ^f	70.96 ^h	-3.65 ^a	66.09 ^d	4 ^c

Numbers with different letters in each column imply significant differences in the 5% level of probability.

۳-۲- تأثیر متغیرها بر حجم مخصوص

استحکام محیط داخلی خمیر و افزایش الاستیسیته که به موجب آن سلول‌های گازی نمی‌توانند به خوبی به هم متصل شده و رشد کنند، می‌دانند [۳۴]. همچنین بیان شده است که صمغ‌ها خواص امولسیفایری دارند و یک لایه سطحی دور حباب‌های گاز تشکیل می‌دهند که به نگهداری گاز در خمیر کمک می‌کند. شیخ الاسلامی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود نشان دادند که افزایش غلظت صمغ‌های کتیرا و بالنگو در فرمولاسیون نان‌های بربری نیم‌پز منجمد در ابتدا باعث افزایش و سپس باعث کاهش حجم مخصوص شد. این محققان علت کاهش حجم نان در پی بیشتر شدن غلظت صمغ‌ها را عدم انبساط آن‌ها در طی فرآیند

حجم کیک نشان‌دهنده میزان هوا، بخار آب تولید شده و دی‌اکسید کربن و میزان تغییرات آن در طول پخت در خمیر کیک می‌باشد به عبارت دیگر حجم کیک به توانایی شبکه پروتئینی در نگهداری گاز دی‌اکسید کربن تولید شده در طول تخمیر بستگی دارد [۳۳]. با افزایش میزان کتیرا در فرمولاسیون کیک‌های تولیدی میزان حجم مخصوص نمونه‌ها افزایش یافت (شکل و جدول ۲). محققان دلیل افزایش حجم مخصوص با استفاده از صمغ‌ها را در محصولات پخت ناشی از تأثیر صمغ‌ها بر ازدیاد قوام و

بیشتری دارد [۳۵]. در این راستا مقدار و نوع قند و چربی مصرفی اهمیت بسیاری دارد. کرم بخش و همکاران (۲۰۲۴)، نشان دادند که افزایش پودر تفاله خرما به علت افزایش دانسیته و همچنین آزاد شدن زود هنگام حباب‌های هوا و گازها قبل از بستن کامل خمیر می‌شود که این امر منجر به کاهش حجم کیک اسفنجی می‌گردد [۳۶]. وانگ و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که افزودن فیبر به نان سبب افت محسوس در حجم نان شد [۳۷]. بیشینه تأثیر را بر میزان حجم مخصوص نمونه‌ها پارامتر اثر متقابل میزان صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما داشت که این نتیجه به خوبی در مدل شماره ۲ جدول ۳ آورده شده است.

پخت، اختلال در مرحله تخمیر که ناشی از افزایش بیش از حد آب توسط صمغ‌ها بود، دانستند، کتیرا حاوی قندهای ساده‌ای مانند آرابینوز، فروکتوز، گالاکتورونیک‌اسید، گزیلوز و گالاکتوز است که این قندهای ساده می‌تواند توسط مخمر استفاده شده و سبب بهبود فعالیت آن شود و به دنبال آن افزایش حجم نان حاصل گردد [۱۷]. نتایج نشان داد که با افزایش میزان پودر تفاله خرما در فرمولاسیون کیک‌های تولیدی میزان حجم مخصوص نمونه‌ها کاهش یافت. بالا رفتن مقدار قند و چربی در خمیر در اثر افزودن پودر هسته خرما نیز می‌تواند باعث افزایش دمای ژلاتینه شدن نشاسته و ایجاد بافت فشرده در محصول گردد که نیاز به مطالعات

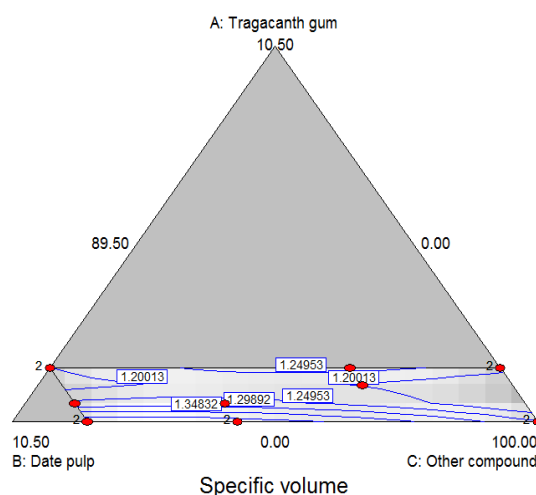


Figure 2- Contour diagram of the specific volume of the produced cakes under the influence of different formulations

و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی، در آن دخیل هستند [۳۹ و ۴۰]. نتایج نشان داد که افزودن صمغ کتیرا و همچنین پودر تفاله خرما به کیک، منجر به کاهش میزان سختی آن گردید که روند این کاهش زمانی که از صمغ کتیرا استفاده شده بود بیشتر بود (شکل ۳ و جدول ۲). محققینی اظهار داشتند که اثر هیدروکلوئیدها بر کاهش سختی مغز نان به دلیل دو پدیده متفاوت می‌باشد. پدیده اول، کاهش تورم گرانول‌های نشاسته و شسته شدن و خارج شدن آمیلوز؛ و پدیده دوم اثر تضعیف کنندگی صمغ‌ها بر ساختار نشاسته به دلیل ممانعت از به هم پیوستن

۳-۳- تأثیر نوع فرمولاسیون بر سختی

به طور کلی سفت شدن و از دست دادن تردی و شکنندگی محصولاتی مانند نان و کیک در ارتباط با پدیده بیاتی می‌باشد [۳۸]. بیاتی یا سفت شدن بافت این دسته از محصولات در طول مدت زمان نگهداری، فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی از جمله کریستالیزاسیون مجدد نشاسته ژلاتینه شده به خصوص آمیلوپکتین‌های کوتاه زنجیر، رتروگراداسیون^۳ آمیلوز، اتصال آمیلوز و آمیلوپکتین به یکدیگر، مهاجرت رطوبت پس از کریستالیزاسیون نشاسته، جذب رطوبت خارج شده از نشاسته توسط گلوتن و کاهش مقدار رطوبت

3-Retrogradation

و [۳۱]. علت کاهش سختی نمونه‌های تولیدی با افزایش درصد پودر تفاله خرما را می‌توان به برهمکنش‌های احتمالی هیدروکلوئیدها با پروتئین‌های آرد نسبت داد که از تشکیل شبکه درونی قوی جلوگیری می‌کند [۴۳]. مدل پیش‌گویی شده برای داده‌های میزان سختی تحت تأثیر فرمولاسیون در جدول ۳ آورده شده است.

زنجیره‌های آمیلوز می‌باشد. البته این مسئله که کدام اثر اهمیت بیشتری دارد به نوع هیدروکلوئید بستگی دارد [۲۲]. کاهش سفتی مغز نان در اثر افزودن هیدروکلوئیدها می‌تواند به دلیل افزایش میزان رطوبت این نمونه‌ها نیز باشد، زیرا رابطه معکوسی بین سفتی مغز نان و میزان رطوبت وجود دارد [۴۱ و ۴۲]. نتایج این بخش با نتایج آشورینی و همکاران (۲۰۰۹) و کوماری و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت [۱۸]

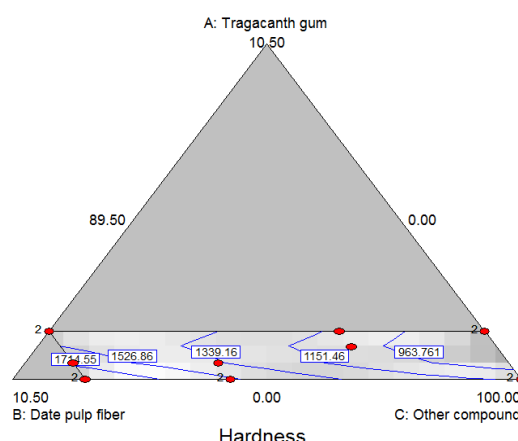


Figure 3- Contour diagram of the hardness of the produced cakes under the influence of different formulations

Table 3- Designed equation models for dependent variable.

Number	Dependent variable	Equation	R ²	R ² -adj	cv
1	Moisture (%)	$y = + 26.33 X_1 + 10.57 X_2 + 13.16 X_3$	0.901	0.88	3.86
2	Specific volume (ml/g)	$y = + 19.48 X_1 + 1.44 X_2 + 1.25 X_3 + 23.05 X_1 X_2 - 21.55 X_1 X_3 + 0.28 X_2 X_3$	0.938	0.900	2.54
3	Hardness (g)	$y = + 26715 X_1 + 2135 X_2 + 1131 X_3 - 33808 X_1 X_2 - 33019 X_1 X_3 - 645 X_2 X_3 + 9258 X_1 X_2 X_3$	0.995	0.991	2.63
4	Porosity (%)	$y = -1573 X_1 + 28.55 X_2 + 22.73 X_3 + 1855 X_1 X_2 + 1952 X_1 X_3 - 7.00 X_2 X_3$	0.760	0.615	12.17
5	L*	$y = -737 X_1 + 73.89 X_2 + 78.64 X_3 + 933 X_1 X_2 + 961 X_1 X_3 - 20.66 X_2 X_3$	0.990	0.984	0.57
6	a*	$y = + 208.86 X_1 - 11.12 X_2 - 9.27 X_3 - 248.28 X_1 X_2 - 266.16 X_1 X_3 + 24.45 X_2 X_3$	0.946	0.913	-8.18
7	b*	$y = -604.68 X_1 + 73.89 X_2 + 78.64 X_3 + 933 X_1 X_2 + 961 X_1 X_3 - 20.66 X_2 X_3$	0.911	0.855	4.09
8	Total acceptance	$y = -9.20 X_1 + 3.74 X_2 + 5.00 X_3 + 15.18 X_1 X_2 + 11.32 X_1 X_3 - 1.02 X_2 X_3$	0.955	0.928	2.78

نان‌های حاصل و جلوگیری از رشد سلول‌های گازی شده و بافت تقریباً بدون حباب هوا تشکیل می‌دهد که پی‌آمد آن کاهش تخلخل نان‌های حاصل بود، نسبت داد [۴۶]. در تحقیقی که توسط عوض صوفیانی و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از کنجاله بادام شیرین و صمغ زانتان در کیک بدون گلوتن انجام شد نتایج نشان داد که کنجاله بادام شیرین میزان تخلخل بافت تمام نمونه‌های کیک را نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد که افزایش میزان تخلخل به دلیل کاهش اندازه و افزایش تعداد سلول‌های گازی در بافت محصول است [۹]. نتایج مشابهی نیز پیرامون تأثیر صمغ‌های مختلف بر میزان تخلخل نمونه‌های تولیدی گزارش شده است [۴۷]. معادله به‌دست آمده از داده‌های حاصل از مدل درجه دوم برای تخلخل در جدول ۳ آمده است که نشان از تأثیرگذاری بیشتر پارامتر اثر متقابل میزان صمغ کتیرا و سایر مواد بر میزان تخلخل داشت.

۳-۴- تأثیر متغیرهای مستقل بر میزان تخلخل

نتایج نشان داد که بیشینه میزان تخلخل مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد صمغ کتیرا و ۳ درصد پودر تفاله خرما بود و کمترین آن مربوط به نمونه فاقد صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما بود که اختلاف آماری معنی‌داری با نمونه فاقد کتیرا و ۶ درصد پودر تفاله خرما نداشت (جدول ۲ و شکل ۴). هیدروکلوئیدها با افزایش قوام خمیر، تشکیل شبکه موقت ژل و افزایش سفتی دیواره‌های احاطه‌کننده سلول‌های حاوی گاز در نان، موجب حفظ بیشتر گاز دی اکسید کربن و بخار آب تولید شده در خمیر می‌شوند که در نتیجه آن منجر به افزایش تخلخل نان‌ها می‌شوند، همچنین برخی از صمغ‌ها خواص امولسیفایری نشان داده و لایه سطحی دور حباب‌های گاز در خمیر تشکیل می‌دهند که به حفظ گاز کمک می‌کند [۴۴ و ۴۵]. کاهش تخلخل را نیز می‌توان به تشکیل شبکه قوی‌تری که سبب تراکم بیش از اندازه مغز

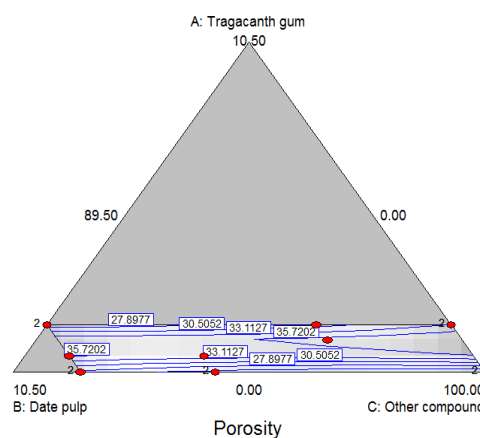


Figure 4- Contour diagram of the porosity of the produced cakes under the influence of different formulations

۳-۵- تأثیر نوع فرمولاسیون بر شاخص‌های رنگی

مصرف کردن آن مورد قضاوت قرار می‌گیرد. رنگ عامل مؤثر در جلب نظر و انتخاب ماده‌ی غذایی است و وجود آن در تشخیص سریع پذیرش نهایی هر فرآورده غذایی مؤثر می‌باشد، زیرا رنگ باعث جذابیت ماده غذایی می‌گردد [۴۸]. نتایج نشان داد که (جدول ۲) بیشترین میزان شاخص L^* و b^* در نمونه شماره ۲ یعنی جایی که از ۱/۵ درصد صمغ کتیرا استفاده شده بود، دیده شد. در حالی که شاخص a^* در نمونه حاوی ۶ درصد پودر تفاله خرما و فاقد صمغ

یکی از خصوصیات کیفی مواد غذایی رنگ آن است که امروزه نقش مهمی در مقبولیت محصولات غذایی دارد، چنانچه محصول غذایی از رنگ مناسب که یکی از خصوصیات ظاهری است، برخوردار نباشد با کاهش شدید ارزش عرضه مواجه خواهد شد. سایر خصوصیات کیفی مانند عطر، طعم، بافت و غیره پارامترهایی هستند که پس از مصرف محصول غذایی و احیاناً پس از یک‌بار خریدن و

نسبت به سطح چین‌دار را دارد [۵۰]. همچنین وایت هورست (۲۰۰۴) بیان نمود که با استفاده از امولسیفایرها حباب‌های هوا به صورت یکنواخت و ریز در تمام قسمت‌های خمیر پخش می‌شوند و در طول زمان پخت خروج هوا از این حباب‌ها به شکل یکنواخت صورت می‌گیرد [۵۱]. مدل‌های مربوط به شاخص‌های رنگی نمونه‌های تولیدی در جدول ۳ آورده شده است که با توجه به این جدول می‌توان بیان داشت که مدل‌های به‌دست آمده برای پیش‌بینی داده‌های حاصل از L^* ، دقت بالاتری دارد.

کثیرا بیشترین بود. به عبارتی استفاده از ترکیبات مختلف به ویژه پودر تفاله خرما به علت رنگ تیره آن منجر به کاهش شاخص L^* و b^* شد که نتایج این بخش با نتایج مجذوبی و همکاران (۲۰۱۵) و بورچان و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت [۳۵ و ۴۹] ولی میزان شاخص a^* یا همان قرمزی افزایش یافت (شکل ۵). در همین راستا پورلیس و سالوادوری (۲۰۰۹) بیان نمودند تغییرات سطح بافت به احتمال زیاد مسئول روشنایی سطح محصولات صنایع پخت بوده و سطوح منظم و صاف توانایی انعکاس بیشتر روشنایی

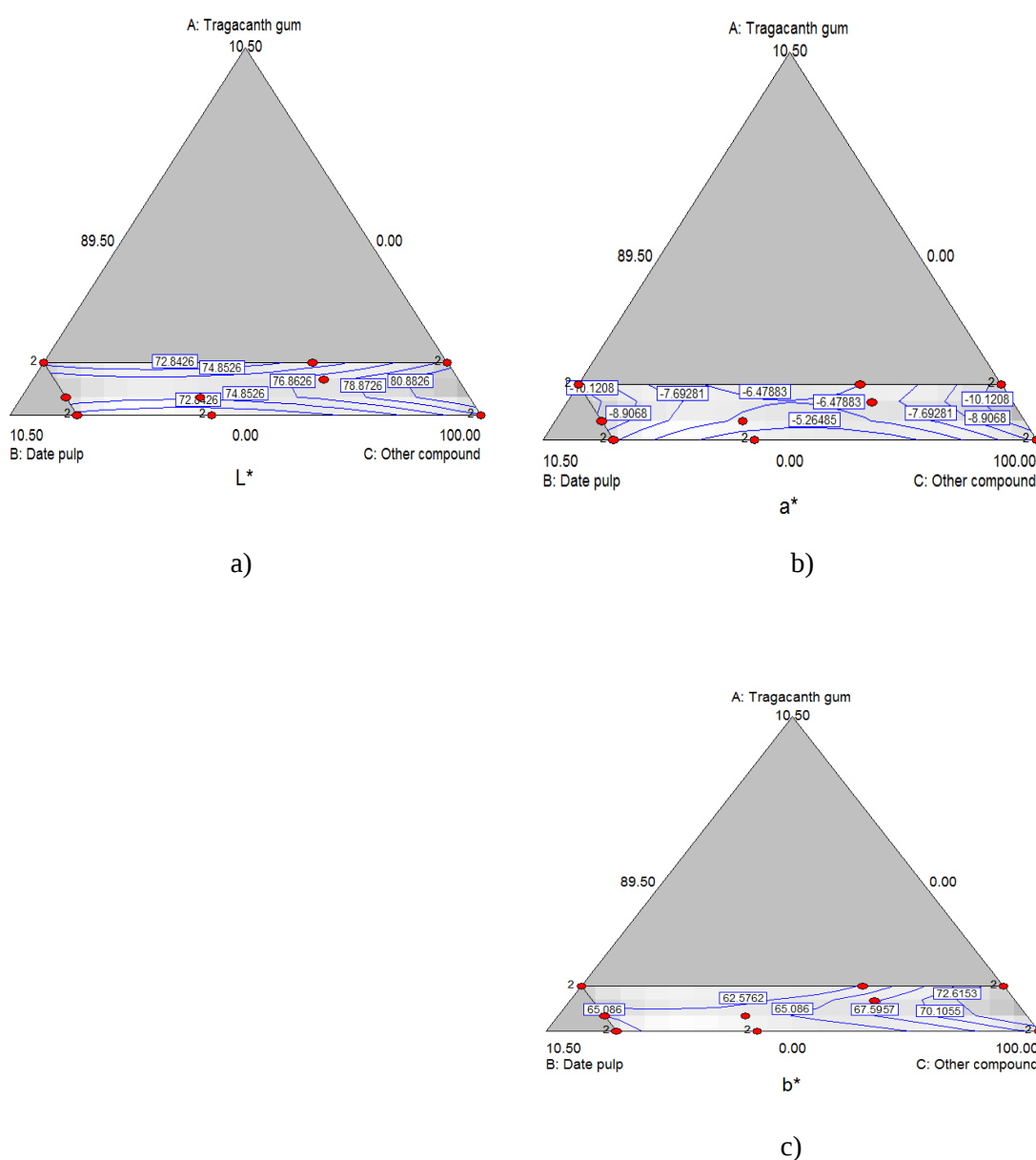


Figure 5- Contour diagram a) L^* index, b) a^* and c) b^* index of the produced cakes under the influence of different formulations

کرد که مدل چند جمله‌ای درجه دوم بهترین مدل برای برازش داده‌های حاصل از پذیرش کلی بود و بیشترین تأثیر را بر این خصوصیت، اثر متقابل مقدار صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما داشت که معادله مربوط به این خصوصیت نیز در جدول ۳ آورده شده است. نتایج این بخش با نتایج برخی از محققین مطابقت داشت [۲۰ و ۳۵] ولی با نتایج شیخ الاسلامی و همکاران (۲۰۱۷)، محمدی و همکاران (۲۰۱۴) که بیان داشته بودند استفاده از صمغ‌ها منجر به افزایش امتیاز حسی می‌شود در تضاد بود [۱۶ و ۴۷].

۳-۶- تأثیر نوع فرمولاسیون بر پذیرش کلی

جدول ۲ نشان داد که بیشینه و کمینه میزان پذیرش کلی از دید ارزیاب‌ها به ترتیب متعلق به نمونه فاقد افزودنی و دارای ۱/۵ درصد صمغ کتیرا و ۹ درصد پودر تفاله خرما بود که با نمونه حاوی ۰/۵ درصد صمغ کتیرا و ۹ درصد پودر تفاله خرما تفاوت معنی‌داری نداشت. به عبارت دیگر افزودن صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما مقداری از پذیرش کلی نمونه‌ها را کاهش داد (شکل ۶) که دلیل این امر نیز به ذهنیتی که ارزیاب‌ها از کیک داشتند، مرتبط بود. از طرفی نتایج مشخص

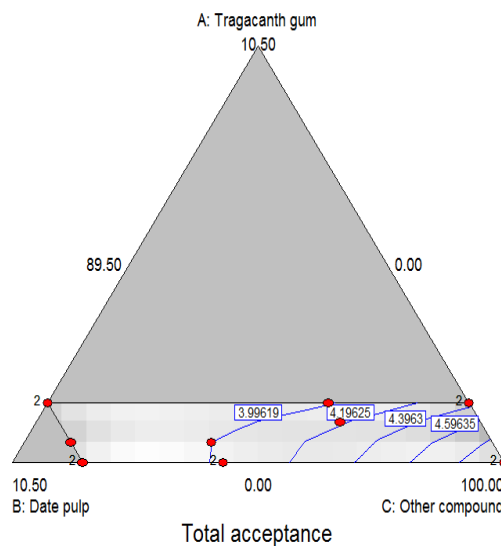


Figure 6- Contour diagram of the overall acceptance of the produced cakes under the influence of different formulations

خرما و سایر مواد به ترتیب ۰/۹، ۰/۲۵ و ۹۸/۸۵ درصد بود، مطلوبیت ۰/۸۵۴ حاصل گردید. به منظور اطمینان از صحت نتایج، فرمول پیش‌گویی شده حاصل از ناحیه بهینه به همراه دو فرمول از ناحیه غیر بهینه مجدداً تولید و خواص آن بررسی شد و از این طریق فرمول بهینه مورد تایید قرار گرفت.

۳-۷- بهینه‌یابی فرمولاسیون کیک اسفنجی فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج

در این پژوهش به منظور بهینه‌یابی فرمولاسیون کیک برنجی فاقد گلوتن بر اساس بررسی منابع و ارزیابی نمونه‌ها تعریف گردید که بر اساس حدود تعیین شده برای متغیرهای مستقل، ناحیه بهینه و نتایج حاصل از آن در جدول ۴ آورده شده است. با توجه به اینکه در نقطه بهینه میزان صمغ کتیرا، تفاله

Table 4- Optimized conditions.

Tragacanth gum (%)	Fibre (%)	Other compound (%)	Moisture (%)	Specific volume (ml/g)	Hardness (g)	Porosity (%)	L*	a*	b*	Total acceptance
0.9	0.25	98.85	14.23	1.38	761.85	38.70	83.44	-10.93	76.30	4.62

۴- نتیجه‌گیری کلی

کاهش ولی میزان سختی، تخلخل و شاخص a^* افزایش یافت. در پایان با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان بیان داشت که برای تولید کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج حاوی صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما بایستی میزان صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما در فرمولاسیون کیک‌های تولیدی به ترتیب ۰/۹ و ۰/۲۵ درصد باشد تا بهترین کیک از لحاظ کیفی تولید شود.

این مطالعه که با هدف بهینه‌یابی فرمولاسیون کیک اسفنجی بدون گلوتن پایه آرد برنج حاوی صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما صورت گرفته بود، نشان داد که افزایش میزان صمغ کتیرا در فرمولاسیون، مقدار رطوبت، تخلخل، شاخص L^* و b^* را افزایش ولی میزان سختی، شاخص a^* و پذیرش کلی را کاهش می‌دهد. با افزایش تفاله خرما در فرمولاسیون میزان رطوبت، حجم مخصوص، شاخص L^* و b^* و پذیرش کلی

۵-منابع

- [1] Payan, R. 2005. An introduction to the technology of cereal products. Ed. 3rd. Ayizh Press. Tehran. p 55. (In Persian)
- [2] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1998. NUMBER2553 .Cake - Specification and test methods (In Persian)
- [3] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G. and Sahin, S. 2010. Rheological properties of gluten-free bread formulation. Journal of Food Engineering. 96: 295-303.
- [4] Ataye salhi, A., Rostamian, M. and Milani, J. 2012. Textural and thermal analysis of staling in gluten free bread prepared from maize and chickpea flours. Innovative Food Science and Technology. 3(4): 35-40. (In Persian)
- [5] Majzobi, M. and Sedi, A. 2013. The effect of hydrocolloids in gluten-free bread products. The 21st Congress of Food Science and Technology. Esfahan. Iran. (In Persian)
- [6] Maleki, GH., Mazaheri Tahrani, M. and Shokrollahi, F. 2016. Effect of different concentrations of soy flour on the quality of gluten-free bread containing rice flour. Iranian Journal of Science and Technology. 54:51-62. (In Persian)
- [7] Brites, C., Trigo, M. J., Santos, C., Collar, C. and Rosell, C. M. 2010. Maize-based gluten-free bread: influence of processing parameters on sensory and instrumental quality. Food and Bioprocess Technology. 3(5): 707-715.
- [8] Yiu, S. H., Weisz, J. and Wood, P. J. 1991. Comparison of the effect of microwave and conventional cooking on starch and b-glucan in rolled oats. Cereal chemistry. 68(4): 372-375.
- [9] Avazsufian. A.S., Alami, M., Sadeghi Mahoonak, A.R., Ghorbani, M. and Ziiaifar, A.M. 2014. Application of sweet almond protein concentrate and xanthan gum on gluten free cake. Journal of research and innovation in food science and technology. 3(2): 185-196. (In Persian)
- [10] Moayedi, S., Sadeghi Mahoonak, A.R. Azizi, M.H. and Maghsoudlou, Y. 2011. Effect of Gum Tragacanth on farinograph and extensograph characteristics of wheat flour dough. Electronic Journal of Food Processing and Preservation. 2(2): 47- 60. (In Persian)
- [11] Balaghi, S., Mohammadifar, M.A. and Zargaraan, A. 2010. Physicochemical and rheological characterization of gum tragacanth exudates from six species of Iranian astragalus. Food Biophysics. 5: 59-71.
- [12] Abbasi, S. and Rahimi, S. 2018. Influence of concentration, temperature, pH, and rotational speed on the flow behavior of Iranian gum tragacanth. Food Science and Technology. 12(73): 29-42. (In Persian)
- [13] Weiping, W. and Branwell, A. 2000. Tragacanth and karaya. In: Handbook of hydrocolloids. Philips, G.O., Williams, P.A. (Eds.); Cambridge: Woodhead, P. 231-245.
- [14] Lapasin, R. and Prici, S. 1995. Rheology of industrial polysaccharides: theory and applications. Blackie Academic & Professional, London. Chapter:2.
- [15] Moayedi, S., Sadeghi Mahoonak, A.R. Azizi, M.H. and Maghsoudlou, Y. 2013. Effect of different levels of gum tragacanth on bread quality. Iranian Journal of food science and technology . 10 (38): 103-112. (In Persian)
- [16] Sheikholeslami, Z., Hejrani, T., Karimi, M., Ghiafeh Davoodi, M. and Fatemian, H. 2017. Effect of L. Sativum Seed Gum, Tragacanth and Concentrations on Properties of Partly Baked Frozen Barbari Bread. Journal of Research and

- Innovation in Food Science and Technology. 5 (4): 395-404. (In Persian).
- [17] Biliaderis, C. G., Arvanitoyannis, I., Izydroczyk, M. S. and Prokopowich, D. J. 1997. Effect of hydrocolloids on gelatinization and structure formation in concentrated waxy maize and wheat starch gels. *Starch/ Staerke*. 49: 278–283.
- [18] Kumari, R., Jeyrani, T., Soumya, C. and Indrani, D. 2011. Use of vegetable oils, emulsifiers and hydrocolloids on rheological, fatty acid profile and quality characteristics of pound cake. *Journal of Texture Studies*. 42 (5): 377-386.
- [19] Shokrollahi, F., Taghizadeh, M., Koocheki, A. and Hadad Khodaparast, M. H. 2015. Investigation of physicochemical properties of crust and core dietary fiber from date seed. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 48 (12): 153-161. (In Persian)
- [20] Obiegbuna, J.E., Akubor, P.I., Ishiwu, C.N. and Ndife, J. 2013. Effect of substituting sugar with date palm pulp meal on the physicochemical, organoleptic and storage properties of bread. *African Journal of Food Science*. 7 (6): 113-119.
- [21] Peter Ikechukwu, A., Okafor, D. C., Kabuo, N. O., Ibeabuchi, J.C., Odimegwu, E.N.; Alagbaoso, S.O., Njideka, N.E. and Mbah, R. N. 2017. Production and evaluation of cookies from whole wheat and date palm fruit pulp as sugar substitute. *International Journal Of Advancement In Engineering Technology, Management and Applied Science (IJAETMAS)*. 4(4): 1-31.
- [22] Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C., Deroanne, C. and Drira, N. E. 2008. Date flesh: chemical composition and characteristics of the dietary fibre. *Food Chemistry*. 111: 676-682.
- [23] AACC International. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists 10th Ed. The Association: St. Paul. MN.
- [24] Gujral, H.S., Guardiola, I., Carbonell, J.V. and Rosell, C.M. 2003. Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 51: 3814-3818.
- [25] Shaidi, F., Mohebi, M. and, Ehteiyati, A. 2010. Analysis of digital images of soybean flour-rich barberry breads. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 4: 247-253. (In Persian)
- [26] Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of food Engineering*. 79: 1033-1047.
- [27] Katina, K., Heinio, R.L., Autio, K. and Poutanen, K. 2006. Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. *Food science and technology*. 39: 1189–1202.
- [28] Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C. and Galotto, M.J. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*. 18(2): 241-247.
- [29] Sheikholeslami, Z., Karimi, M. and Hejrani, T. 2020. Effect of *Lepidium sativum* Seed Gum on the Physicochemical and Sensory Properties of Cup Cake based on Triticale-Wheat Flour. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*. 15(1): 93-102. (In Persian).
- [30] Arabshirazi, S., Movahhed, S., and Nemati, N. 2012. Evaluation of addition of xanthan and hydroxyl propyl methyl cellulose gums on chemical and rheological properties of sponge cakes. *Annals of Biological Research*. 3 (1): 589-594.
- [31] Ashwini, A., Jyotsna, R., and Indrani, D. 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids*, 23: 700–707.
- [32] Seyhun, N., Sumnu, G., and Sahin, S. 2003. Effects of different emulsifier types, fat contents and gum types on retardation of staling of microwave-baked cakes. *Food Nahrung*. 47 (4): 248-251.
- [33] Smerdel, B., Pollak, L., Novotni, D., Cukelj, N., Benkovic, M., Lusic, D. and Suric, D. 2013. Improvement of gluten-free bread quality using transglutaminase, various extruded flours and protein isolates. *Journal of Food and Nutrition Research*. 51(4): 242-253.
- [34] Bell, D. A. 1990. Methylcellulose as a structure enhancer in bread baking. *Cereal Foods World*. 35(10): 1001-1006.

- [35] Majzoobi, M., Mansoury, H., Falsafi, S.R. and Farahnaki, A. 2015. The effect of palm date powder on some characteristics of biscuit dough and hard biscuits. *Effects of Date Stone Powder on Characteristics of Biscuit Dough and Hard Biscuit*. 22(2): 5-14. (In Persian)
- [36] Karambakhsh, G., Golmakani, M. T., Houshmandi, P., Farahnaky, A. and Majzoobi, M. 2024. Upcycling date juice waste: Impact of date press cake on sponge cake quality. *Food Chemistry*: X. 24, 102029
- [37] Wang, J., Rosell, M. C. and Barber, C. B. 2002. Effect of the addition of different fibers on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*. 79:221–226.
- [38] Torabizadeh, H. 2002. *Food emulsions and emulsifiers*. Aiezh publication, Tehran. 63-76. (In Persian)
- [39] Kochehi, A., Mortazavi, u., Nasirimahallati, V and Karimi, M. 2006. The effects of three types of emulsifiers and α -amylase on the retrogradation rate of Tafton bread. *Innovative in Agriculture and Natural Resources*. 3: 233-246. (In Persian)
- [40] Ghiafehdavoudi, M., Sahraeian, B., Naghipour, F and Sheikholeslami, Z. 2015. Study on the effects of emulsifiers (E471, Datem and Citrum) and fermentation time on the reduction of retrogradation rate and improvement of physical properties of Bari bary bread (wheat-potato). *Food Science and Technology*. 42 (11): 81-93. (In Persian)
- [41] Fik, M. and Surowka, K. 2002. Effect of prebaking and frozen storage on the sensory quality and instrumental texture of bread. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82: 1268–1275.
- [42] Ribotta, P., Leon, A., and Anon, C. 2003. Effect of freezing and frozen storage on the gelatinization and retrogradation of amylopectin in dough baked in a differential scanning calorimeter. *Food Research International*. 36: 357–363.
- [43] Mariotti, M. and Alamprese, A. 2012. About the use of different sweeteners in baked goods. Influence on the mechanical and rheological properties of the doughs. 48(1): 9-15.
- [44] Primo-Martin, C., De Beukelaer, H., Hamer, R.J. and Van Vliet, T. 2008. Fracture behaviour of bread crust: Effect of ingredient modification. *Journal of Cereal Science*. 48: 604–612
- [45] Shalini, K. G. and Laxmi, A. 2007. Influence of additives on rheological characteristics of whole –wheat dough and quality of chapatti (Indian un leavened flat bread) Part I – hydrocolloides. *Food Hydrocolloids*. 21:110-117.
- [46] Barcenas, M. E. and Rosell, C. M. 2006. Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: low temperatures and HPMC addition. *Journal of Food Engineering*. 72: 92–99.
- [47] Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M.H., Neyestani, T.R. and Mortazavian, A.M. 2014. Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 20(4):1812-1818.
- [48] Khanipour, E., Keramat, J. and Shokrani, R. 2007. Determination of Optimum Conditions for Carotenoid Extraction from Tomatoes. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 11(2): 23-37. (In Persian)
- [49] Borchan, C., Masmoudi, M., Besbes, S., Attia, H., Deroanne, C., and Blecker, C. 2011. Effect of date flesh fiber concentrate addition on dough performance and bread quality. *Journal of Texture Studies*. 42: 300-308.
- [50] Purlis, E., and Salvadori, V. 2009. Modeling the browning of bread during baking. *Food Research International*. 42: 865-870.
- [51] Whitehurst, R.J. 2004. *Emulsifiers in food technology*. Blackwell publishing, Northampton. 52 p



Scientific Research

Optimizing the formulation of gluten-free sponge cake based on rice flour containing tragacanth gum and date pomace powder using mixed statistical design

Farzaneh Mohammadzadeh¹, Mehdi Gharekhani^{1*}, Ahmad Gharekhani², Hamid Bakhshabadi³

1-Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

2-Department of Veterinary Medicine, Maku Branch, Islamic Azad University, Maku, Iran

3-Department of Agriculture, Minab Higher Education Center, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2024/12/10 Accepted:2025/1/27 Keywords: Sponge cake, Rice, Optimization, Tragacanth gum, Date pomace powder. DOI: 10.22034/FSC.T.22.161.229. *Corresponding Author E- m.gharekhani@iaut.ac.ir	Celiac disease is caused by the consumption of gluten in genetically predisposed individuals, and the only effective treatment is adherence to a lifelong gluten-free diet. This study aimed to optimize the formulation of a sponge cake based on rice flour with the addition of tragacanth gum and date pomace. The effects of two concentrations of tragacanth gum (0 to 1.5 percent) and date pomace powder in the range of 0 to 9 percent were investigated using a mixed statistical design on parameters such as moisture, specific volume, porosity, hardness, color indicators, and sensory characteristics of the rice cake. Results showed that all tested characteristics of the cake were influenced by the mixture components ($P < 0.05$). Increasing tragacanth gum led to higher moisture content, porosity, L^* and b^* index, while hardness, a^* index, and overall acceptance decreased. In a manner that maximizes moisture content, the sample containing 1.5% of tragacanth gum and no date pomace powder retains the highest amount of moisture. This sample has 49.93% more moisture than the sample containing 9% date pomace powder. Increasing date pomace powder decreased moisture, specific volume, L^* and b^* index, and overall acceptance, but increased hardness, porosity, and a^* index. The optimal formulation included 0.9% tragacanth gum, 0.25% date pomace powder, and 98.85% other ingredients, achieving a desirability of 0.854.



بررسی کارایی روش اسمزی و استفاده از پیش تیمار فراصوت در استخراج ترکیبات فعال و آنتی اکسیدانی چای ترش و مقایسه آن با سایر روش ها

فاطمه برنا^{۱*}، مصطفی رحمتی جنیدآباد^۲

^{۱*} - نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.

^۲ - دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱

کلمات کلیدی:

آنتوسیانین

استخراج اسمزی،

پیش تیمار فراصوت،

فلاونوئید کل،

Hibiscus sabdariffa

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.244.

* مسئول مکاتبات:

Borna@asnruk.ac.ir

این پژوهش به بررسی کارایی روش های مختلف استخراج مواد مؤثره از گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*)، با تمرکز بر تکنیک اسمز و به کارگیری پیش تیمار فراصوت پرداخته است. چای ترش که به دلیل محتوای بالای آنتوسیانین، فلاونوئیدها و ترکیبات فنلی دارای خواص آنتی اکسیدانی، ضدباکتری و کاهنده فشار خون است، به عنوان منبعی غنی از ترکیبات مفید دارویی و غذایی شناخته می شود. در این مطالعه، از کاسبرگ های تازه چای ترش برای استخراج استفاده شد و تأثیر غلظت های مختلف محلول های اسمزی و پیش تیمار فراصوت بر میزان استخراج ترکیبات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که ترکیب روش اسمز با پیش تیمار فراصوت و حلال اتانول به طور معنی داری بازدهی استخراج ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی را افزایش می دهد. بیشترین مقدار این ترکیبات در تیمار EO50S، شامل محلول اسمزی ۵۰ درصد ساکارز و ۱۰ درصد اتانول به همراه فراصوت، به دست آمد. این روش به دلیل حفظ خواص آنتی اکسیدانی مواد استخراج شده، به ویژه در مقایسه با روش های استخراج مرسوم، عملکرد بهتری نشان داد. همچنین، نتایج تجزیه به مولفه های اصلی نشان داد که روش های EO50S، EO40S و EO40S از بیشترین بازدهی در استخراج مواد مؤثره گیاهی برخوردارند. در مجموع، یافته های این تحقیق نشان می دهد که روش اسمز با ترکیب فراصوت روشی کارآمد و دوستدار محیط زیست برای استخراج مواد مؤثره چای ترش است و می تواند در صنایع دارویی و غذایی برای استخراج ترکیبات مفید گیاهان دارویی به کار گرفته شود.

۱-مقدمه

به‌طور کلی، تکنیک اسمز غالباً با مواد مایع مورد استفاده قرار گرفته و تحقیقات کمی درباره استخراج مواد جامد موجود است. با این حال، حلال استخراج به‌سختی به ترکیبات دارویی گیاهان نفوذ کرده و اجزای فعال به‌سختی از سلول‌های گیاهی خارج می‌شوند. در طی فرآیند اسمزی، مشخص شده که استفاده از نمک‌های معدنی و مواد قندی می‌تواند کارایی استخراج را افزایش دهد [۹]. از سوی دیگر، استفاده از پیش‌تیمارهایی چون امواج فراصوت نیز در افزایش راندمان استخراج مواد مؤثره گیاهی کاربرد دارد. به‌طوری‌که با ایجاد حباب‌های ریز و پدیده کاویتاسیون، دیواره‌های سلولی گیاه تخریب شده و مواد مؤثره آزاد می‌شوند [۲۲]. در این روش، به دلیل ایجاد دمای پایین، امکان استخراج ترکیبات حساس به حرارت فراهم می‌شود [۲۳]. امواج فراصوت با تولید حباب‌ها و ترکیدن آن‌ها باعث انتقال جریان‌های قوی به داخل ماده شده و در نهایت خروج مواد مؤثره را تسهیل می‌کنند [۲۴].

چای ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* از خانواده مالوآسه، گیاهی یک‌ساله یا چندساله با خواص دارویی متعدد است. این گیاه در طب سنتی به‌منظور پیشگیری و درمان سنگ‌های کلیوی و مثانه، به‌عنوان آنتی‌باکتریال، ضدقارچ، هیپوکلسترولمیک، آنتی‌اسپاسمودیک و کاهش‌دهنده فشار خون استفاده می‌شود [۲۵]. همچنین، از این گیاه برای خنک‌کنندگی بدن، تصفیه و کنترل کلسترول خون و نیز به‌عنوان منبع غنی آهن بهره می‌برند. مقدار زیاد آنتوسیانین موجود در کاسبرگ‌های گیاه نقش مهمی در کاهش فشار خون و خواص ضدسرطانی آن دارد [۲۶]. کاسبرگ‌ها حاوی فلاونوئیدهای گوسی‌پتین، هیبیسستین و سابدارتین بوده و نیز شامل آکالوئیدها، بتاسیتوسترول، آنتوسیانین، اسید سیتریک، و دیگر ترکیبات مفید هستند [۲۷].

گیاهان دارویی منبعی غنی از ترکیبات مؤثره نظیر ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی هستند [۱]. بسیاری از گیاهان دارویی حاوی ترکیبات خاصی هستند که عصاره‌های آن‌ها جایگزینی مؤثر برای ترکیبات شیمیایی در صنایع غذایی و دارویی فراهم می‌کند [۳، ۲]. عصاره‌گیری گیاهی به‌عنوان روشی مطرح در دسترسی به ترکیبات مؤثره محسوب می‌شود [۴]، که با پیشرفت فناوری، روش‌های نوین عصاره‌گیری جایگزین روش‌های مرسوم شده و در زمانی کوتاه‌تر، با مصرف حلال کمتر و راندمان بالاتر به کار گرفته می‌شوند [۲].

استخراج اسمزی که بر اساس اصول تبادل یونی توسعه یافته، یک روش سبز و پایدار محسوب می‌شود که به دلیل سادگی، ارزانی و سازگاری با محیط‌زیست، جایگاه مهمی در صنایع مختلف یافته است [۵، ۶]. در این روش، با استفاده از محلول‌های دارای فشار اسمزی بالا، بخشی از آب ماده غذایی حذف شده و ترکیبات مؤثره به محلول منتقل می‌شوند [۷]. این روش که فاقد فرآیند حرارتی است، امکان حفظ و دسترسی به ترکیبات حساس به حرارت را بدون تخریب حرارتی فراهم می‌آورد. تکنیک اسمز به‌عنوان یکی از فناوری‌های مؤثر در غنی‌سازی محصولات غذایی با ترکیبات فراسودمند مانند ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و آنتی‌اکسیدان‌ها شناخته می‌شود [۸].

این تکنیک برای استخراج اجزای فعال از منابع بیولوژیکی همچون فلاونوئیدها [۹، ۱۰]، آکالوئیدها [۱۱]، ترکیبات فنلی [۱۲]، پلی‌ساکاریدها [۱۳]، لیگنان‌ها [۱۴]، گلیکوزیدهای فیل‌اتانوئیدی [۱۵]، جین‌سنوزیدها [۱۶، ۱۷] و سوکسینیک اسید [۱۸] به کار رفته است. علاوه بر این، تکنیک اسمز کاربرد جذابی برای جداسازی و خالص‌سازی پروتئین‌های فعال نظیر لیپاز [۱۹]، فاژ [۲۰] و پروتئاز سرین [۲۱] دارد.

برای تهیه عصاره گیاهی ۱۰ گرم کاسبرگ تازه چای ترش به نسبت ۱ به ۳ با حلال (جدول ۱) به مدت ۱۲ ساعت در انکوباتور شیکردار و در شرایط تاریکی قرار داده شد. در نهایت حلال حاوی مواد مؤثره گیاهی جدا سازی و سانتریفیوژ گردید و در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد. برای اعمال پیش تیمار امواج فراصوت، تیمارهای حاوی محلول قندی ۴۰ و ۵۰ درصد با الکل و بدون الکل به مدت ۱۵ دقیقه در دستگاه تولیدکننده امواج فراصوت H 200UP، ساخت شرکت Euronda ایتالیا با توان ۳۵۰ وات و فرکانس ۳۴ کیلوهرتز قرار داده شد. در جدول ۱، تیمارهای مختلفی که برای استخراج ترکیبات مؤثره از کاسبرگ های چای ترش معرفی شده اند، آمده است که شامل ترکیب های آب و ساکاروز در غلظت های مختلف (از ۳۰ تا ۶۰ درصد)، ترکیب های حاوی اتانول ۱۰ درصد، و ترکیب هایی که به کمک امواج فراصوت به دست آمده اند، است. برای هر تیمار یک کد اختصاری در نظر گرفته شده است که در ادامه با آن توضیح داده شده است

در این مطالعه، اثر استخراج اسمزی قندی در استخراج مواد مؤثره چای ترش بررسی شد و با استفاده از پیش تیمار فراصوت برای افزایش راندمان استخراج، این روش با سایر روش های مرسوم استخراج مقایسه گردید

۲- مواد و روش ها

آزمایش در پاییز و زمستان ۱۴۰۲ در گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (ملاثانی، ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز) انجام شد.

۲-۱- تهیه ماده گیاهی

گیاه دارویی چای ترش در آبان ماه ۱۴۰۲ از یک مزرعه واقع در شهرستان باوی، ملاثانی بصورت تازه جمع آوری سپس در دمای ۴ درجه سانتی گراد تا زمان انجام آزمایش قرار داده شد.

۲-۲- روش عصاره گیری

Table 1. Solvents used to extract the active ingredients of fresh sour tea sepals

No.	Solvents	Abbreviation
1	Water	W
2	Water/ 30% Sugar (Osmosis30)	O30
3	Water/ 40% Sugar (Osmosis40)	O40
4	Water/ 50% Sugar (Osmosis50)	O50
5	Water/ 60% Sugar (Osmosis60)	O60
6	10% Ethanol /Osmosis 30	EO30
7	10% Ethanol /Osmosis 40	EO40
8	10% Ethanol /Osmosis 50	EO50
9	10% Ethanol /Osmosis 40/Sonication	EO40S
10	10% Ethanol /Osmosis 50/Sonication	EO50S
11	Osmosis 40/Sonication	O40S
12	Osmosis 50/Sonication	O50S

۲-۳- اندازه گیری میزان اسیدیته و هدایت

الکتریکی

نمونه ها تحت فرآیند اسمز در نسبت های مختلف ساکارز در دمای ۲۳ درجه سلسیوس (دمای محیط) قرار گرفته و مقادیر pH و EC در فواصل زمانی ۰، ۱، ۶، ۱۲ ساعت اندازه گیری شدند.

۲-۵- تعیین مقدار فلاونوئیدهای کل

برای تعیین مقدار فلاونوئید کل از روش رنگ سنجی کلرید آلومینیوم استفاده شد [۲۹]. هر کدام از عصاره های متانولی گیاهی (۲۰۰ میکرولیتر) به صورت جداگانه با ۱/۵ میلی لیتر متانول، ۰/۱ میلی لیتر کلرید آلومینیوم (۱۰٪ متانولی)، ۰/۱ میلی لیتر استات پتاسیم یک مولار و ۲/۱ میلی لیتر آب مقطر ترکیب شدند. سپس محلول ها در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شدند. جذب هر ترکیب واکنشی در ۴۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد. منحنی استاندارد با محلول روتین^۲ (ساخت شرکت سیگما) متانولی در غلظت های ۱۰-۱۰۰ میکروگرم در میلی لیتر تهیه شد و منحنی با نرم افزار Excel رسم گردید، سپس معادله خط $y=0.0743x+0.0413$ بدست آمد. جذب های خوانده شده از نمونه ها به جای y قرار داده شد و x یا همان غلظت بدست آمد.

۲-۶- فعالیت آنتی اکسیدانی براساس مهار

رادیکال آزاد DPPH

اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی براساس مهار رادیکال آزاد DPPH انجام شد [۳۰]. ابتدا عصاره های گیاهی در غلظت های متفاوت (۵-۵۰۰ میکرولیتر) در متانل خالص تهیه شد. سپس آزمایش بر روی نمونه انجام تا غلظت مناسب تعیین گردد. در اینجا ۴۰ میکرولیتر غلظت

اندازه گیری pH: pH نمونه های محلول اسمزی توسط دستگاه pH متر در طول مدت زمان فرایند اسمز تعیین گردید.

اندازه گیری ضریب هدایت الکتریکی (Electrical Conductivity (EC)): ضریب هدایت الکتریکی نمونه های محلول در طول مدت اسمز توسط EC متر بر اساس $\mu S/Cm$ اندازه گیری شد.

۲-۴- تعیین مقدار فنل کل

مقدار فنل کل با معرف فولین-سیکالتو^۱ تعیین شد [۲۸]. برای سنجش مقدار فنل کل، ابتدا آزمایش را برای دامنه بزرگی از یک نمونه به عنوان مثال ۵ تا ۲۰۰ میکرولیتر انجام داده تا حجم مناسب نمونه عصاره برای ادامه کار مشخص شود. مقدار ۲۰۰ میکرو لیتر از عصاره رقیق شده انتخاب و با آب مقطر به حجم ۵۰۰ میکرولیتر رسانده شد. سپس به آن ۲/۵ میلی لیتر معرف فولین اضافه گردید و پس از ۶ دقیقه قراردادن در تاریکی، دو میلی لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد به آن اضافه شده و نمونه ها به مدت ۹۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه در تاریکی قرار گرفتند. در نهایت جذب آن در ۷۶۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. منحنی استاندارد توسط غلظت های مختلف ۵ تا ۱۰۰ میلی گرم در میلی لیتر اسید گالیک تهیه و منحنی با نرم افزار

فعالیت آنتی اکسیدانی بر حسب IC₅₀ نشان داده شد (غلظت مؤثر عصاره برای مهار ۵۰ درصد رادیکالهای ABTS).

۸-۲- اندازه گیری میزان آنتوسیانین تام عصاره

گیاهی

میزان آنتوسیانین تام با استفاده از روش تفاضلی pH، با تغییرات جزئی تعیین شد [۳۲]. ۲ نمونه از یک میلی لیتر عصاره متانولی گرفته شد و به یکی از آنها بافر کلرید پتاسیم، pH 1.0 و دیگری بافر استات سدیم، pH 4.5 اضافه و به حجم ۱۰ میلی لیتر رسید. پس از تعادل در ۱۵ دقیقه، جذب به ترتیب در 520 نانومتر و ۷۰۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد. محتوای آنتوسیانین تام براساس میلی گرم در لیتر سیانیدین-۳-گلوکوزید به صورت فرمول (۳) محاسبه شد.

فرمول (۳)

$$\text{Anthocyanin content (mg/g)} = \frac{Abs_{eL}}{MW \times D \times \frac{V}{G}}$$

A = تفاوت میزان در pH 1.0 و pH 4.5

MW = وزن مولکولی = ۴۴۹.۲ گرم/مول سیانیدین-

۳- گلوکوزید

DF = ضریب رقت

E = ۲۶۹۰۰ ضریب خاموشی مولی برای سیانیدین-

۳- گلوکوزید

V = حجم محلول نهایی (میلی لیتر)

G = ماده خشک (میلی گرم)

مناسب تعیین شد. سپس نمونه با متانول ۱۰۰ درصد به حجم ۱۰۰ میکرولیتر رسانده و به آن ۳۵۰ میکرولیتر DPPH یک میلی مولار اضافه گردید. سپس کل حجم را به غلظت ۲ میلی لیتر رسانده و جذب نمونه ها بعد از ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه در ۵۱۷ نانومتر اندازه گیری شد. درصد مهار رادیکال آزاد DPPH نمونه ها با استفاده از رابطه زیر به دست آمد.

$$R\% = \frac{AD - AS}{AD} \times 100 \quad \text{فرمول (۱)}$$

R% = درصد مهارکنندگی، AD : جذب DPPH

در ۵۱۷ نانومتر، AS : جذب نمونه ها در ۵۱۷ نانومتر

۷-۲- فعالیت آنتی اکسیدانی براساس مهار

رادیکال آزاد ABTS

برای اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی بر اساس مهار رادیکال ABTS [۳۱]، ابتدا حجم یکسانی از محلول ۷ میلی مولار ABTS و ۲/۴۵ میلی مولار K₂S₂O₈ با هم مخلوط شده و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱۶ ساعت در شرایط تاریک نگهداری شد. محلول کاتیونی رادیکال ABTS به دست آمده سپس با متانول رقیق شد تا به جذب ۰/۲ ± ۰/۷ در ۷۳۴ نانومتر برسد. پس از آن، عصاره (۰/۱ میلی لیتر) با محلول رادیکال ABTS (۳/۹ میلی لیتر) مخلوط شد و محلول به دست آمده به مدت ۶ دقیقه در دمای محیط نگهداری شد و سپس جذب آن در ۷۳۴ نانومتر (As) در برابر نمونه شاهد (متانول؛ Ac) اندازه گیری شد. فعالیت مهار رادیکال ABTS عصاره طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$I\% = \frac{(Ac - As)}{Ac} \times 100 \quad \text{فرمول (۲)}$$

۲-۹- تجزیه و تحلیل آماری

آنتی اکسیدانی) با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال خطای ۰/۰۵ انجام شد. از ضریب همبستگی پیرسون با استفاده از SAS و تجزیه به مولفه های اصلی با استفاده از نرم افزار MATLAB انجام شد.

۳- نتایج و بحث

بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس اثر روش های مختلف استخراج بر میزان pH و EC در واحد زمانی صفر، یک ساعت، شش ساعت و ۱۲ ساعت بعد از اعمال تیمار (جدول ۲) نشان داد. تغییرات درجه اسیدیته و هدایت الکتریکی ($\mu\text{S}/\text{Cm}$) در واحد زمان در سطح احتمال یک درصد معنی دار شده است.

در ابتدا اثر تیمارهای مختلف استخراج بر میزان pH و EC در چهار سطح زمانی (۰، ۱، ۶ و ۱۰ ساعت) در قالب آزمون فاکتوریل بررسی شد. سپس اثر روش های مختلف استخراج بر میزان فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل و خاصیت آنتی اکسیدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار ۹.۴ SAS استفاده شد و مقایسه میانگین ها برای داده های pH و EC با آزمون LSmeans در سطح احتمال خطای ۰/۰۱ و برای داده های کیفی (فنل، فلاونوئید، آنتوسیانین، خاصیت

Table 2. Analysis of variance (ANOVA) results for the effect of time and different extraction methods on the pH and EC levels of fresh roselle calyces extracts.

Sources	DF	Mean Squares	
		pH	EC
Treatment	11	0.11**	1213383.09**
Time	3	125.9**	26788483.25**
Treatment $\times$ Time	33	0.02**	239402.69**
Error	96	0.001	14.11
CV (%)	-	1.24	10.91

EO50S، در مقایسه با تیمارهای دیگر تغییرات pH کمتری در طول زمان دارند، به طوری که کاهش pH در بازه های زمانی ۶ و ۱۲ ساعت در این تیمارها نسبت به تیمارهای بدون فراصوت ناچیز است. تغییرات pH در طول زمان ممکن است به دلیل ویژگی های ترکیبات خروجی (اسیدی، بازی یا یونی و غیر یونی) در فرآیند اسمز و دیگر فرایندها رخ دهد. همچنین، غلظت بالای محلول اسمزی ممکن است حالت بافری ایجاد کرده و سرعت حرکت یون ها و الکتردها را کاهش دهد. علاوه بر این، امواج فراصوت می توانند به آزادسازی ترکیبات کمک کرده و در مراحل اولیه بر کاهش pH تأثیرگذار باشند، اگرچه تأثیر آن در ساعات بعدی کمتر به چشم می خورد [۲].

در جدول ۳، مقایسه اثر تیمارهای مختلف استخراج بر تغییرات pH عصاره کاسبرگ های تازه چای ترش در چهار بازه زمانی (۰، ۱، ۶ و ۱۲ ساعت) براساس آزمون LS means (در سطح احتمال یک درصد) بررسی شده است. نتایج نشان می دهد که در همه تیمارها، pH از زمان صفر به مرور کاهش می یابد. بطوریکه بیشترین میزان pH در زمان صفر در تیمار O40S، O40، O30 و W مشاهده شد. تیمارهایی که دارای غلظت بالاتری از ساکارز و اتانول هستند، pH کمتری نسبت به تیمارهای دیگر دارند. به عنوان مثال، تیمارهای O60، EO30 و EO40 در ابتدای آزمایش (زمان صفر) pH کمتری نشان داده اند. تیمارهایی که از امواج فراصوت استفاده کرده اند، مانند EO40S و

بین تیمار ۰، ۱، ۶ و ۱۲ اختلاف معنی داری مشاهده شد. به نظر می رسد استفاده از پیش تیمار امواج فراصوت باعث خروج حجم بالای الکترولیتها از اندام هایی گیاهی شده است. غلظت بالای یونها در ارتباط با هدایت زیاد الکتریکی است که به ورود ترکیبات غذایی به آب مربوط می شود [۳۵]. هدایت الکتریکی تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله افزایش دما، غلظت محلول، اندازه ذرات مواد غذایی و نوع پیش فرآوری به کار رفته قرار دارد و به همین دلیل افزایش می یابد [۳۶]. در یک مطالعه، تأثیر هدایت الکتریکی ناشی از ترکیبات مختلف (محلول قندی و محلول قندی - نمکی) بر فرآیند خشک کردن اسمزی قطعات آناناس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد از آنجا که هدایت الکتریکی بالا نشان دهنده وجود یون های بیشتر است، محلول اسمزی ترکیب قند و نمک به تسهیل انتقال جرم و افزایش کارایی فرآیند اسمز منجر شد. همچنین در این نوع محلول، مقدار الکترولیت های آزاد شده (یون) کمتری، اندازه گیری شدند [۳۷].

در جدول ۴، تأثیر تیمارهای مختلف استخراج بر تغییرات هدایت الکتریکی (EC) عصاره کاسبرگ های تازه چای ترش در طول زمان بررسی شده است. نتایج نشان می دهد هدایت الکتریکی (EC) در تمام تیمارها به مرور زمان افزایش می یابد، به طوری که کمترین EC در زمان صفر و بیشترین آن در زمان ۱۲ ساعت ثبت شده است. این امر نشان می دهد که با گذشت زمان، یون های بیشتری به محلول منتقل شده و هدایت الکتریکی آن افزایش یافته است. ترکیبات با اتانول و غلظت ساکارز، در زمان صفر EC کمتری نشان می دهند. این کاهش هدایت الکتریکی در اثر حضور اتانول به عنوان ماده ای که توانایی حل کردن یونها را نسبت به آب کاهش می دهد و غلظت بالای ساکارز، می تواند باعث کندتر شدن تحرک یونها و کاهش اولیه EC شود [۳۳، ۳۴]. تیمارهایی که با امواج فراصوت پردازش شده اند (مثل EO40S و EO50S)، تغییرات کمتری در EC نشان می دهند. در واقع، در این تیمارها در مقایسه با سایر روش ها، افزایش هدایت الکتریکی در بازه زمان به میزان کمتری رخ می دهد. این در حالی است که در سایر تیمارها

Table 3. The effect of different extraction treatments on changes in pH of the fresh calyx of roselle per time

Treat		Time (h)			
		0	1	6	12
1	W	6.31(ab)	3.08(e)	2.78(gf)	2.58(ji)
2	O30	6.35(a)	2.77(gf)	2.67(ih)	2.45(onml)
3	O40	6.37(a)	2.72(gh)	2.55(jk)	2.37(orpq)
4	O50	6.25(bc)	2.71(gh)	2.52(jkl)	2.35(rqq)
5	O60	6.15(d)	2.75(gfh)	2.44(onmpl)	2.3(r)
6	EO30	6.24(bcd)	2.76(gf)	2.55(jk)	2.4(onmpq)
7	EO40	6.18(cd)	2.82(f)	2.49(nmkl)	2.4(onpq)
8	EO50	6.25(bc)	2.78(gf)	2.46(onmkl)	2.43(onmp)
9	EO40S	6.18(cd)	2.48(nmkl)	2.40(onmpq)	2.32(rq)
10	EO50S	6.25(bc)	2.43(onmp)	2.43(onmpl)	2.36(rpqq)
11	O50S	6.25(bc)	2.38(orpq)	2.36(rpqq)	2.32(rq)
12	O40S	6.38(a)	2.49(jmkl)	2.48(nmkl)	2.39(orpq)

Table 4. The effect of different extraction treatments on changes in EC of the fresh calyx of roselle per time

Treat		Time (h)			
		0	1	6	12
1	W	104.3(r)	1667.3(hij)	2383.3(cb)	2993.3(a)
2	O30	104.3(r)	1251.3(lm)	1777.6(hfglj)	2543.3(b)

3	O40	86.03(r)	1096.3(nm)	1645.0(ij)	2206.6(cd)
4	O50	63.40(r)	656.0(oqp)	1165.6(nm)	1658.0(ij)
5	O60	41.63(r)	421.6(q)	950.3(on)	1274.3(lm)
6	EO30	88.90(r)	1280.0(lm)	2166.6(cd)	2630.0(b)
7	EO40	70.86(r)	883.3(onp)	1626.0(ij)	2064.6(fde)
8	EO50	49.80(r)	646.6(qp)	1313.6(klm)	1616.6(ij)
9	EO40S	70.80(r)	1848.6(hfgie)	1990.6(fdge)	2070.0(fde)
10	EO50S	49.46(r)	1542.3(klj)	1608.3(kij)	1714.6(hgij)
11	O50S	63.80(r)	1657.0(ij)	1660.6(ij)	1825.0(hfgij)
12	O40S	86.40(r)	1777.0(hfgij)	1957.3(hfgde)	2128.3(cde)

همچنین بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر میزان فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین و خاصیت آنتی اکسیدانی کاسبرگ های تازه جای ترش (جدول ۵) نشان داد، اختلاف معنی داری در سطح یک درصد بین تیمارهای مختلف از نظر میزان فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین و خاصیت آنتی اکسیدانی وجود دارد.

Table 5. The analysis of variance of the effect of different extraction methods on total phenol, total flavonoid, anthocyanin, and antioxidant activity of fresh roselle calyces.

Source	DF	Mean Square				
		Total Phenol	Flavonoid	Anthocyanin	IC50 (DPPH)	IC50 (ABST)
Treat	11	912.19**	46.29**	87.53**	9456.03**	13882.47**
Error	24	215.16	14.11	5.9	22.37	1112.46
CV. (%)	-	9.57	10.8	24.1	13.09	11.01

اختلاف معنی داری از نظر میزان فنول کل مشاهده نشد. غلظت بالای ساکارز به همراه کاربرد پیش تیمار فراصوت و اتانول باعث خروج بهتر ترکیبات فنولی موجود در چای ترش گردید. پژوهشی در زمینه نفوذ ترکیبات فنلی انگور به میوه ها و سبزیجات در اثر اسمز انجام شد. عملیات اسمز در محلول حاوی عصاره ترکیبات فنلی انگور در سه غلظت مختلف، بررسی گردید. مقدار کل ترکیبات فنولی جذب شده در پایان فرآیند اسمز بین ۰/۵ تا ۱/۵ برابر بیشتر از میوه های مورد نظر در ابتدای آزمایش بود [۳۸].

مقایسه میانگین روش استخراج اسمز با سایر روش ها بر روی میزان فنول کل براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد پیش تیمار امواج صوتی بر میزان استخراج فنول کل تاثیر معنی داری داشته است. بطوریکه بیشترین میزان فنول کل در تیمار EO50S (۱۹۲/۶۹ میلی گرم در ۱۰۰ گرم ماده تازه) بدست آمد که اختلاف معنی داری با تیمار EO40S نداشت و کمترین میزان فنول کل در تیمار O30 بدست آمد. بین تیمارهای O50S و EO50، EO40 و O60 و O30، O40، O30، W

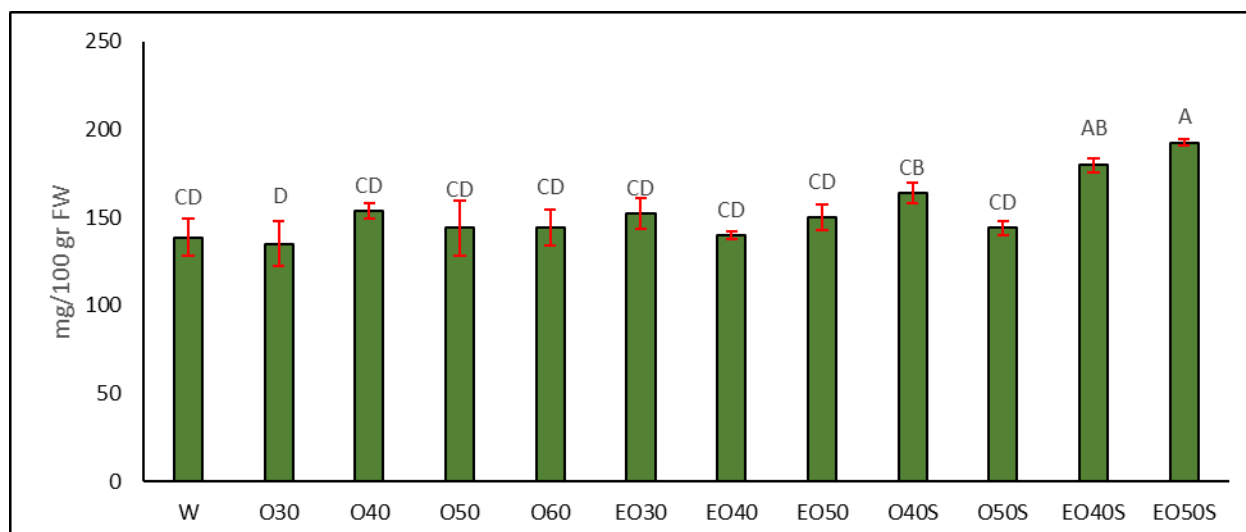


Fig1. The mean Comparison of osmosis extraction method on total phenol content based on Duncan's test ($p < 0.05$)

فلاونوئید کل در تیمار O40S بدست آمد که اختلاف معنی داری با تیمارهای O30, O40, EO50, EO40S, EO50S وجود نداشت. کمترین میزان فلاونوئید در تیمار O50 و O60 مشاهده شد که اختلاف معنی داری با تیمار O30, O40, EO50, EO40S و O50S مشاهده نشد.

مقایسه میانگین روش استخراج اسمز با سایر روش ها بر روی میزان فلاونوئید کل براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد، بیشترین میزان

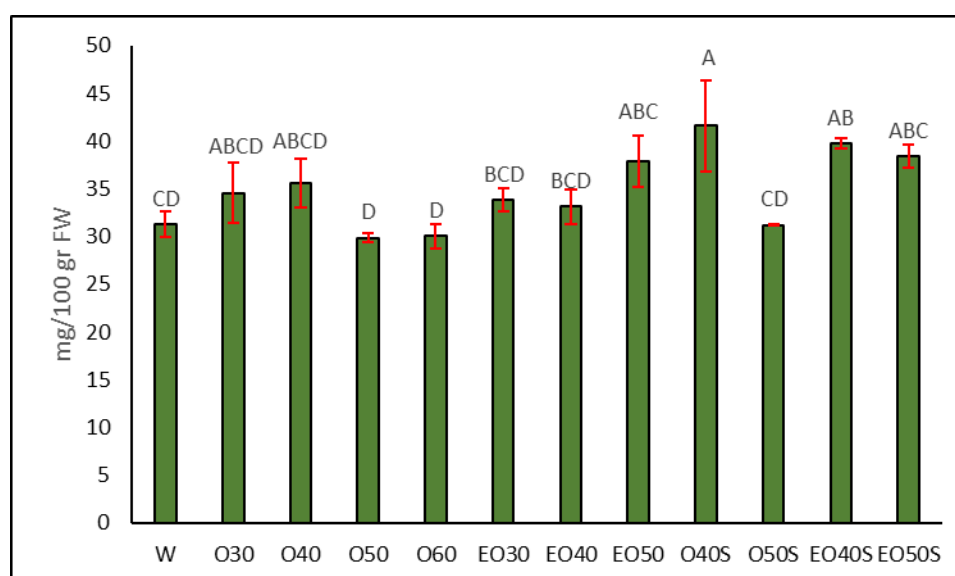


Fig2. The mean Comparison of the osmosis extraction method on total Flavonoid content based on Duncan's test ($p < 0.05$)

ای دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد بیشترین میزان آنتوسیانین در تیمار EO50S و تیمار EO40S بدست آمد.

مقایسه میانگین روش استخراج اسمز با سایر روش ها بر روی میزان آنتوسیانین کل براساس آزمون چند دامنه

فراصوت بر برخی ویژگی های کیفی موز خشک شده به روش هوای داغ ارزیابی شد. از محلول های اسمزی قندی با غلظت های مختلف و با کمک امواج فراصوت با زمان های صوت دهی متغیر استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان حذف آب و جذب مواد جامد و کمترین میزان چروکیدگی در استفاده از محلول ۵۰ درصد گلوکز و پیش تیمار فراصوت حاصل شد [۳۹].

بین تیمارهای O30, O40, O50, O60, EO40, EO50 و O50S اختلاف معنی داری از نظر کمترین میزان آنتوسیانین مشاهده نشد. بصیری و غیبی (۱۴۰۱) تاثیر اسمز و پیش تیمارهای آنزیم بری و فراصوت بر خروج ترکیبات موثره از گیاه دارویی آویشن را بررسی کردند که براساس نتایج استفاده از امواج فراصوت و آنزیم زدایی به عنوان پیش تیمار و فرآیند آبگیری اسمزی، اثرات مهم در رهاسازی مواد موثره از گیاه دارویی آویشن داشتند [۲]. همچنین شهیدی و همکاران (۲۰۲۰) تاثیر پیش تیمار اسمز و

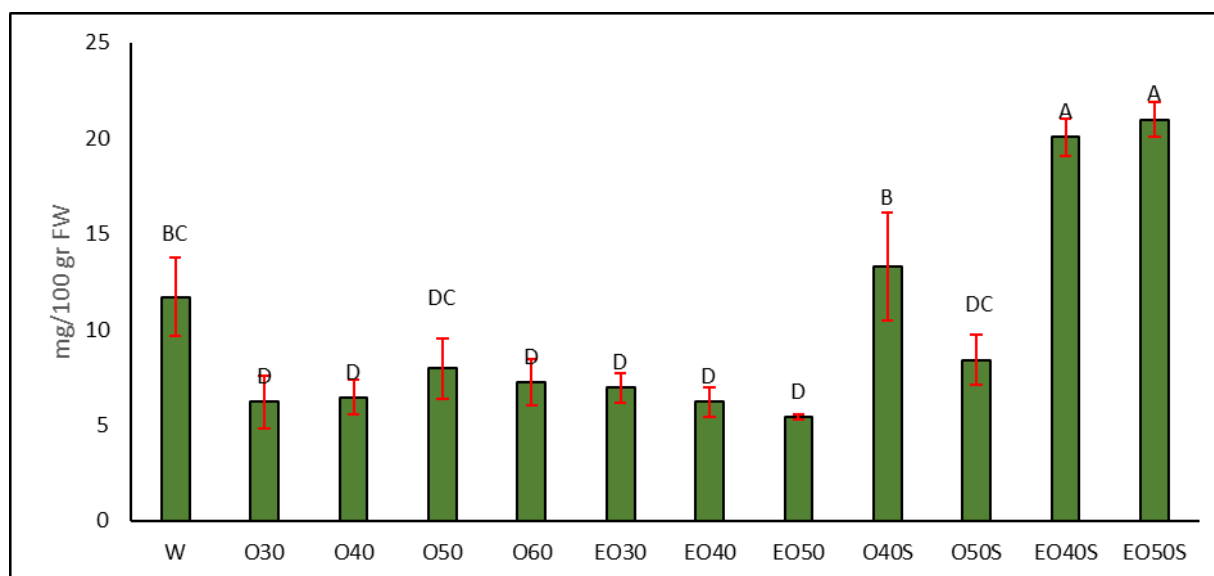


Fig3. The mean Comparison of osmosis extraction method on total Anthocyanin content based on Duncan's test ($p < 0.05$)

مقایسه میانگین روش استخراج اسمز با سایر روش ها بر روی میزان IC50 براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد کمترین غلظت موثر بر مهار ۵۰ درصد رادیکال های آزاد در تیمار EO40S و EO50S به میزان (میلی گرم در میلی لیتر) بدست آمد که این میزان اختلاف معنی داری با تیمار O40S نداشت. کمترین خاصیت آنتی اکسیدانی در تیمار O30 بدست آمد که اختلاف معنی داری با سایر تیمارها نداشت. در مطالعه فنگ و همکاران (۲۰۲۰) یک تکنیک جدید استخراج سبز برای استخراج فلاونوئیدها از نیلوفر آبی با تغییر فشار اسمز مورد بررسی قرار گرفت و در این روش راندمان استخراج فلاونوئیدها با فعالیت آنتی اکسیدانی بالا بیشتر از روش

فعالیت آنتی اکسیدانی براساس غلظت موثر در مهار ۵۰ درصد رادیکال های آزاد DPPH (IC50) برآورد گردید. مقایسه میانگین روش استخراج اسمز با سایر روش ها بر روی میزان IC50 براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد کمترین غلظت موثر بر مهار ۵۰ درصد رادیکال های آزاد در تیمار EO50S به میزان (میلی گرم در میلی لیتر) بدست آمد که این میزان اختلاف معنی داری با تیمار O40S و EO40S نداشت. کمترین خاصیت آنتی اکسیدانی در تیمار O30 بدست آمد که اختلاف معنی داری با سایر تیمارها نداشت. همچنین فعالیت آنتی اکسیدانی براساس غلظت موثر در مهار ۵۰ درصد رادیکال های آزاد ABTS (IC50) برآورد گردید.

سستی شد. اثر رابط باعث افزایش استخراج در طول استخراج نمکی شد و اسمز عامل اصلی بهبود کارایی استخراج بود [۴۰].

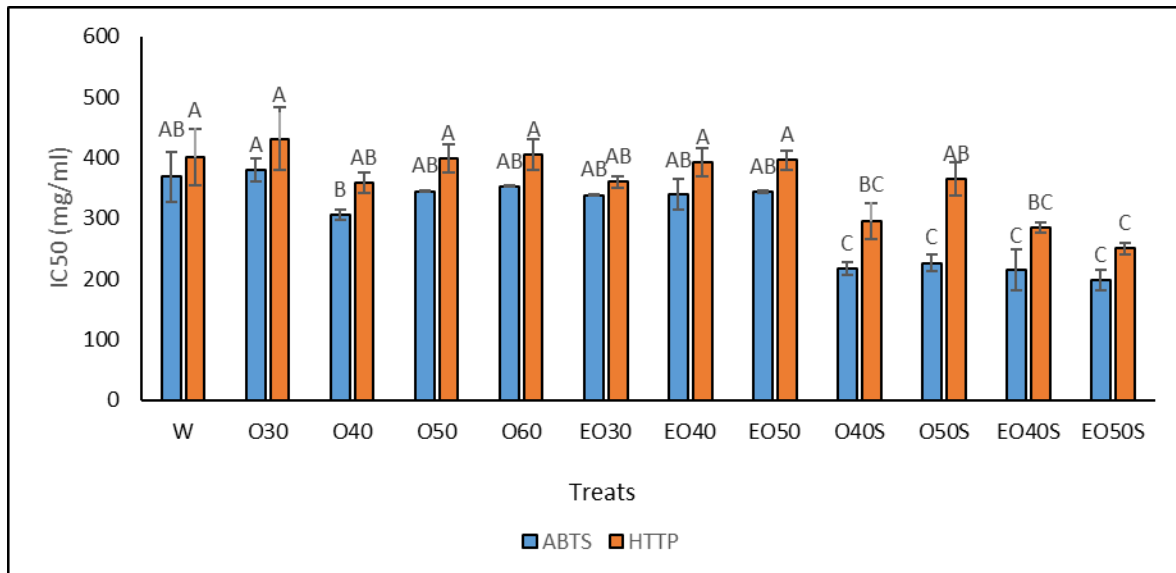


Fig4. The mean Comparison of osmosis extraction method on IC50 values of antioxidant activities, ABTS and DPPH radical scavenging based on Duncan's test ($p < 0.05$)

ارزش فعالیت مهار ABST و DPPH یا IC50 کمتری را به همراه خواهد داشت. مقدار کمتر IC50 به معنای فعالیت آنتی اکسیدانی قوی تر است. ترکیبات فنلی به دلیل توانایی آن در اهدای الکترون به عنوان یک مهارکننده خوب شناخته شده اند [۴۱].

همبستگی پیرسون برای مشاهده همبستگی محتوای کل فلاونوئید و فنل و آنتوسیانین با فعالیت آنتی اکسیدانی آنها انجام شد. نتایج جدول ۶ نشان داد که محتوای فنلی کل، فلاونوئید کل و آنتوسیانین عصاره های گیاهی با IC50 فعالیت های مهار DPPH و ABST آنها همبستگی منفی معنی داری داشت. همبستگی منفی به این معنی است که مقدار بالاتر فلاونوئید کل، محتوای فنولی کل و آنتوسیانین،

Table 6. Correlation of total flavonoid and phenolic and Anthocyanin content with IC50 DPPH, ABST scavenging activity.

Antioxidant Parameter	Pearson's Correlation Coefficient (r)		
	Total Phenol	Total Flavonoid	Anthocyanin
IC50 DPPH	-0.89**	-0.58**	-0.80**
IC50 ABST	-0.60**	-0.47**	-0.66**

** : significant at $p < 0.01$

تأثیر ۷۲/۳۵ بیشترین تفکیک را در بین روش های مختلف استخراج نشان می دهد و مؤلفه های دوم (PC2) و سوم (PC3) به ترتیب با تأثیر ۱۴/۰۱ و ۷/۹ درصد تغییرات

تجزیه به مؤلفه های اصلی روش های استخراج مواد مؤثره براساس نتایج فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین و خاصیت آنتی اکسیدانی نشان داد مؤلفه اول (PC1) با ضریب

نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، روش‌های استخراج EO50S، EO40S و O40S به طور واضح از سایر روش‌ها جدا شده‌اند و در سمت راست نمودار قرار گرفته‌اند. این تفکیک نشان‌دهنده عملکرد بالای این روش‌ها در استخراج ترکیبات موثره‌ای مانند فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین و یا در بهبود خاصیت آنتی‌اکسیدانی است. مولفه دوم (PC2) با 14.01% از واریانس، تغییرات کمتری را نسبت به مولفه اول نشان می‌دهد. این مولفه به تفکیک برخی دیگر از روش‌های استخراج کمک می‌کند، اما تأثیر آن نسبت به مولفه اول کمتر است. مولفه سوم (PC3) با 7.9% از واریانس، نقش کمتری نسبت به مولفه‌های قبلی دارد، اما هنوز تفکیک‌هایی بین برخی از روش‌ها ایجاد می‌کند.

روش‌هایی مانند O50، EO30 و O60 که در مرکز نمودار قرار گرفته‌اند، نشان‌دادند تأثیرات متوسطی بر استخراج مواد موثره دارند، به طوری که تفاوت آن‌ها با سایر روش‌ها نه به اندازه‌ی روش‌های مانند EO50S و EO40S واضح است و نه کاملاً کم‌اثر.

کمتری در بین روش‌های استخراج نشان می‌دهند. مولفه اول نشان می‌دهد که روش‌های استخراج EO50S، EO40S و O40S بیشترین تفاوت را با سایر روش‌ها دارند. این روش‌ها به صورت جداگانه در سمت راست نمودار گروه‌بندی شده‌اند که نشان می‌دهد این روش‌ها مقادیر بالاتری از مواد موثره مانند فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین یا خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند. مولفه‌های دوم و سوم نیز به طور مؤثری تفکیک روش‌های استخراج را انجام داده‌اند، اما تفاوت‌ها کمتر از مولفه اول است. برخی روش‌های استخراج مانند O50، EO30 و O60 در مرکز نمودار قرار دارند که نشان‌دهنده تأثیر متوسط این روش‌ها بر استخراج مواد موثره است. این نتایج نشان می‌دهد که انتخاب روش استخراج مناسب نقش کلیدی در افزایش بازده استخراج مواد موثره گیاهی دارد، به‌ویژه روش‌های اسمز و فراصوت که در نمودار به صورت گروه‌بندی شده متمایز شده‌اند. برای به دست آوردن بیشترین مقدار از مواد موثره (فنل، فلاونوئید، آنتوسیانین و خواص آنتی‌اکسیدانی)، استفاده از روش‌های EO50S، EO40S و O40S مناسب‌تر به نظر می‌رسد. تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) بر اساس نتایج فنل، فلاونوئید، آنتوسیانین و خاصیت آنتی‌اکسیدانی نشان می‌دهد که مولفه اول (PC1) با 72.35% از واریانس، بیشترین تفکیک را در میان روش‌های مختلف استخراج

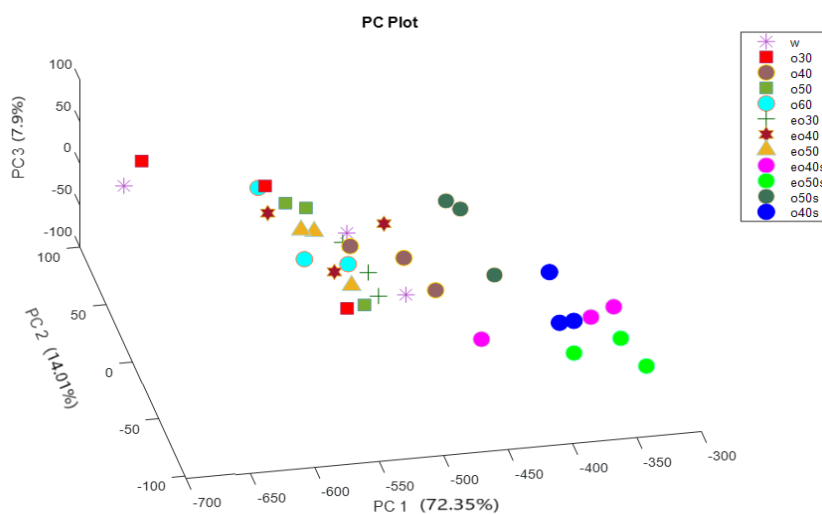


Fig 5. Principal Component Analysis (PCA) of Different Extraction Methods Based on Phenol, Flavonoid, Anthocyanin Content, and Antioxidant Activity

۴- نتیجه گیری کلی

الکل اثر چشم گیری در خروج مواد موثره گیاهی گذاشته و استفاده از روش اسمز را موثرتر می نماید. بطوریکه استفاده از روش اسمز با غلظت ۴۰ درصد به همراه پیش تیمار فراصوت با الکل می‌تواند در استخراج مواد موثره جای ترش تازه روش مناسبی باشد.

۵- تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی به شماره ۱۴۰۱/۴۸ می‌باشد. از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان بخاطر حمایت مادی و معنوی از طرح تشکر و قدردانی می‌شود.

در این مطالعه محلول قندی ساکارز با غلظتهای متفاوت و کاربرد پیش تیمار فراصوت و استفاده از حلال الکل بر میزان ترکیبات استخراج شده از کاسبرک های تازه چای مورد بررسی قرار گرفت. بررسی نشان داد میزان pH با افزایش زمان و غلظت کاهش یافت در حالیکه میزان EC با افزایش زمان افزایش و با افزایش غلظت تغییرات معنی داری نداشت. کاربرد پیش تیمار فراصوت و افزودن اتانول اثر معنی داری بر pH و EC نداشت در حالیکه بررسی تاثیر محلول های قندی بر میزان فنل کل، فلاونوئید کل، خاصیت آنتی اکسیدانی و آنتوسیانین کل هرچند در بسیاری پارامترها در مقایسه با شاهد (آب) اختلاف معنی داری نداشت ولی کاربرد پیش تیمار فراصوت به همراه افزودن ۱۰ درصد

۶-منابع

- [1] Hashemi Gahrue, H., Eskandari, M. H., Mesbahi, G., Hanifpour, M. A. (2015). Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. *Food Science and Human Wellness*, 4 (1), 1–8.
- [2] Basiri, S. H. A. D. I., & Gheybi, F. (2022). The effect of osmosis and blanching and ultrasound pretreatments on extraction of effective compounds from Thyme. *Journal of food science and technology (Iran)*, 19(123), 69-80.
- [3] Hashemi Gahrue, H., Hosseini, S. M. H., Taghavifard, M. H., Eskandari, M. H., Golmakani, M. -T., Shad, E. (2017). Lipid oxidation, color changes, and microbiological quality of frozen beef burgers incorporated with Shirazi thyme, cinnamon, and rosemary extracts. *Journal of Food Quality*, 1–9.
- [4] Samsam shariat, H. (2007). Extraction of active compounds of medicinal plants and methods of their identification and evaluation. *Manii Publications*, 258 pages. (in Persian).
- [5] Wei, Y.Q., Sun, M.M., Fang, H.Y. (2019). Dienzyme-assisted salting-out extraction of flavonoids from the seeds of *Cuscuta chinensis* Lam. *Ind. Crop. Prod.*, 127, 232–236.
- [6] Fu, H., Yang, S.T., Xiu, Z. (2015). Phase separation in a salting-out extraction system of ethanol-ammonium sulfate. *Sep. Purif. Technol.*, 148, 32–37.
- [7] Chandra, S., Kumari, D. (2015). Recent development in osmotic dehydration of fruit and vegetables: A review *Critical Reviews . Food Science and Nutrition*, 55 , 552–561.
- [8] Alzamora, S. M., Salvatori, D., Tapia, S. M., López -Malo, A., WeltiChanes, J., Fito, P. (2005). Novel Functional Foods from Vegetable Matrices Impregnated with Biologically Active Compounds. *Journal of Food Engineering*, 67 (1), 205–214.
- [9] Hou, B.J., Wei, Y.Q., Ma, F., Wang, X.N., Yang, S.Z. (2017). Chelatometric salting-out extraction and characteristics of flavonoids from *Folium nelumbinis* based on an ethanol/K₂HPO₄ system. *Sep. Sci. Technol.*, 12, 717–724.
- [10] Reis, I.A., Santos, S.B., Pereira, F.D., Sobral, C.R., Freire, M.G., Freitas, L.S., Soares, C.M., Lima, A.S. (2014). Extraction and recovery of rutin from acerola waste using alcohol-salt-based aqueous two-phase systems. *Sep. Purif. Technol.*, 49, 656–663.
- [11] Zhang, W., Zhu, D., Fan, H., Liu, X., Wan, Q., Wu, X., Liu, P., Tang, J.Z. (2015). Simultaneous extraction and purification of alkaloids from *Sophora flavescens* Ait. by microwave-assisted aqueous two-phase extraction with ethanol/ammonia sulfate system. *Sep. Purif. Technol.*, 141, 113–123.
- [12] Chen, Z., Zhang, W., Tang, X., Fan, H., Xie, X., Wan, Q., Wu, X., Tang, J.Z. (2020). Extraction and characterization of polysaccharides from *Semen Cassiae* by microwave-assisted aqueous two-phase extraction coupled with spectroscopy

- and HPLC. *Carbohydr. Polym.* 2016, 144, 263–270.
- [13] Guo, T., Su, D., Huang, Y., Wang, Y., Li, Y.H. (2015). Ultrasound-assisted aqueous two-phase system for extraction and enrichment of *Zanthoxylum armatum* lignans. *Molecules*, 20, 15273–15286.
- [14] Dong, B., Yuan, X., Zhao, Q., Feng, Q., Zhao, B. (2015). Ultrasound-assisted aqueous two-phase extraction of phenylethanoid glycosides from *Cistanche deserticola* Y. C. Ma stems. *J. Sep. Sci.*, 38, 1194–1203.
- [15] Li, L.J., Jin, Y.R., Wang, X.Z., Liu, Y., Wu, Q., Shi, X.L. (2015). Ionic liquid and aqueous two-phase extraction based on salting-out coupled with high-performance liquid chromatography for the determination of seven rare ginsenosides in Xue-Sai-Tong injection. *J. Sep. Sci.*, 38, 3055–3062.
- [16] Feng, Y.C., Li, W.L., He, F.M., Kong, T.T., Huang, X.W., Gao, Z.H., Lu, N.H., Li, H.L. (2015). Aqueous two-phase system as an effective tool for purification of phenolic compounds from fig fruits (*Ficus carica* L.). *Sep. Purif. Technol.*, 50, 1785–1793.
- [17] Wei, Y.Q., Hou, B.J., Fang, H.Y., Sun, X.J., Ma, F. (2020). Salting-out extraction of ginsenosides from the enzymatic hydrolysates of *Panax quinquefolium* based on ethanol/sodium carbonate system. *J. Ginseng Res.*, 1, 44–49.
- [18] Sun, Y., Yan, L., Fu, H., Xiu, Z. (2014). Salting-out extraction and crystallization of succinic acid from fermentation broths. *Process. Biochem.*, 49, 506–511.
- [19] Ooi, C.W., Tey, B.T., Hii, S.L., Kamal, S.M.M., Lan, J.C.W., Ariff, A., Ling, T.C. (2009). Purification of lipase derived from *Burkholderia pseudomallei* with alcohol/salt based aqueous two-phase systems. *Process. Biochem.*, 44, 1083–1087.
- [20] Zhang, Z.R., Shen, J.T., Dai, J.Y., Sun, Y.Q., Xiu, Z.L. (2020). Separation and purification of klebsiella phage by two-step salting-out extraction. *Sep. Purif. Technol.*
- [21] Amid, M., Shuhaimi, M., Sarker, M.Z.I., Manap, M.Y.A. (2012). Purification of serine protease from mango (*Mangifera Indica* Cv. Chokanan) peel using an alcohol/salt aqueous two phase system. *Food Chem.*, 132, 1382–1386.
- [22] Bahmania, L., Aboonajmia, M., Arabhosseini, A., Mirsaedghazi, H. (2018). Effects of ultrasound pre-treatment on quantity and quality of essential oil of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) leaves. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 8, 47–52.
- [23] Wang, L., Weller, C. L. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends Food Science and Technology*, 17, 300–312.
- [24] Soria, A. C., Villamiel, M. (2010). Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. *Food Science and Technology*, 21, 323–331.
- [25] Javadian, F., Sepehri, Z., Amraee, M., Kiani, Z., Shahraki Mojahed, M., Shahi, Z., & Pourghasemi Fetideh, S. (2015). An Evaluation of Antibacterial activity of Ethanol Extract of sour tea (*Hibiscus Sabdariffa*) against *Klebsiella Pneumoniae* Resistant to antibiotics. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*, 22(4), 565–570.
- [26] Azimi, M. H., Haji Mirrahimi, S. D., & Asadi, A. (2017). Cultivation and production of roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *Asrar Elm Publications*. 65 pages. (in Persian).
- [27] Mahadevan N., Shivali, Kamboj, P. (2009). *Hibiscus sabdariffa* Linn._ An overview. *Natural product Radiance* 8(1), 77–83.
- [28] Ghasemnezhad, M., Sherafati, M., Payvast, Gh. (2011). Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annuum*) fruits at two different harvest times. *Journal of Functional Foods*. 3, 44–49.
- [29] 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), 178–182.
- [30] Sun, T., Xu, Z., Wu, C.T., Janes, M., & Prinyawiwathul W., N.O.H.K. (2007). Antioxidant activities of different colored Sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *J. Food Sci.* 72, S98–S102.
- [31] Noshad, M., Alizadeh Behbahani, B., Jooyandeh, H., Rahmati-Joneidabad, M., Hemmati Kaykha, M. E., & Ghodsi Sheikhjan, M. (2021). Utilization of Plantago major seed mucilage containing Citrus limon essential oil as an edible coating to improve shelf-life of buffalo meat under refrigeration conditions. *Food Science & Nutrition*, 9(3), 1625–1639.
- [32] Lee, J., Durst, R. W., Wrolstad, R. E., & Collaborators: Eisele T Giusti MM Hach J Hofsommer H Koswig S Krueger DA Kupina; S Martin SK Martinsen BK Miller TC Paquette F Ryabkova A Skrede G Trenn U Wightman JD. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH

- differential method: collaborative study. *Journal of AOAC international*, 88(5), 1269-1278.
- [33] Brown, T. L., LeMay, H. E., Bursten, B. E., & Murphy, C. J. Woodward, P., Stoltzfus, M. (2018). Chemistry: The Central Science (14th ed.). Pearson Education. 1248 pages.
- [34] Stokes, J. M., & Stokes, R. H. (1956). The conductances of some simple electrolytes in aqueous sucrose solutions at 25°. *The Journal of Physical Chemistry*, 60(2), 217-220.
- [35] Iyasele, J. U, David, J., Idiata, D. (2015). Investigation of the relationship between electrical conductivity and total dissolved solids for mono -Valent, di -valent and Tri -valent metal compounds. *International Journal of Engineering Research and Reviews*, 3(1), 40 -48.
- [36] Sandeep, D. B. (2004). Effect of ohmic heating on color, rehydration and textural characteristics of fresh carrot cubes. *Louisiana State University*, India.
- [37] Fasogbon, B. M., Gbadamosi, S. O., & Taiwo, K. A. (2013). Studies on the osmotic dehydration and rehydration characteristics of pineapple slices. *J. Food Proc. Technol*, 4(220), 1-8.
- [38] Rózek, A., García -Pérez, J. V., López, F., Güell, C., Ferrando, M. (2010). Infusion of grape phenolics into fruits and vegetables by osmotic treatment: phenolic stability during air drying. *Journal of Food Engineering*, 99 (2), 142 -150.
- [39] Shahidi, F., Mohebbi, M., Noshad, M., Ehtiati, A., Fathi, M. (2012). The effect of osmosis and ultrasound pretreatments on some quality characteristics of hot air dried bananas. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 7 (4), 263 - 272.
- [40] Fang HY, Wei YQ, Zhang ML, Liu W. (2020). A Novel Green Extraction Technique for Extracting Flavonoids from Folium nelumbinis by Changing Osmosis Pressure. *Materials* (Basel), 13(18), 4192. doi: 10.3390/ma13184192. PMID: 32967241; PMCID: PMC7560442.
- [41] Indradi, R. B., Fidrianny, I., Wirasutisna, K. R. (2017). DPPH Scavenging Activities and Phytochemical Content of Four Asteraceae Plants. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 9(6), 755-759



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Evaluation of the efficiency of osmotic methods and the use of pretreatment in the extraction of active and antioxidant compounds from hibiscus tea and comparison with other methods

Fatemeh Borna^{1*}, Mostafa Rahmati-Joneidabad²,

*1- Corresponding author, Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

2- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2024/12/8

Accepted:2024/12/21

Keywords:

Anthocyanin,

Hibiscus sabdariffa,

Osmotic extraction,

Total flavonoid,

Ultrasonic pretreatment

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.244.

*Corresponding Author E-

Borna@asnrkh.ac.ir

ABSTRACT

This research examines the efficiency of various methods for extracting active compounds from hibiscus tea (*Hibiscus sabdariffa*), focusing on osmotic techniques and the application of specific pretreatments including ultrasound and ethanol. Hibiscus tea, known for its high content of anthocyanins, flavonoids, and phenolic compounds, possesses antioxidant, antibacterial, and blood pressure-lowering properties, making it a rich source of beneficial medicinal and nutritional compounds. In this study, fresh calyces of hibiscus tea were used for extraction, and the impact of different concentrations of osmotic solutions and ultrasound pretreatment in the presence of ethanol on the extraction yield of compounds was investigated. The results indicate that the combination of osmotic methods with ultrasound pretreatment and ethanol solvent significantly increases the yield of phenolic and flavonoid compounds. The highest amount of these compounds was obtained from the EO50S treatment, which included a 50% sucrose osmotic solution combined with ultrasound and ethanol. This method demonstrated better performance due to the preservation of the antioxidant properties of the extracted materials, especially compared to conventional extraction methods. Additionally, the results of the principal component analysis showed that the methods EO50S, EO40S, and O40S exhibited the highest efficiency in extracting plant active compounds. Overall, the findings of this research suggest that osmotic methods combined with ultrasound and ethanol provide an efficient and environmentally friendly approach for extracting active compounds from hibiscus tea, and could be applied in the pharmaceutical and food industries for extracting beneficial compounds from medicinal plants.



بررسی امکان تولید امولسیون روغن گردو پایدار شده با موسیلاژ دانه چیا و کاربرد آن در فیلمهای خوراکی

آرین نهالکار^۱، احمد رجایی^{۲*}، حسین میرزایی مقدم^۳

۱- کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۲- دانشیار، تکنولوژی مواد غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۳- استادیار، مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۸

کلمات کلیدی:

سدیم کربوکسی متیل سلولز،

فیلم دولایه،

روغن گردو،

موسیلاژ دانه چیا،

خواص فیزیکی

در این پژوهش ابتدا امولسیونهای روغن گردو پایدار شده با موسیلاژ دانه چیا با درصد های روغن مختلف (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد) به روش پیکرینگ تهیه شد. سپس از بهترین امولسیون در تهیه فیلم های خوراکی دو لایه و ترکیبی بر پایه سدیم کربوکسی متیل سلولز استفاده شد و اثر این امولسیون روغن بر خواص فیزیکی (نفوذپذیری، زاویه تماس، کدورت، استحکام کششی، کرنش گسیختگی و مدول یانگ) فیلمهای تولیدی بررسی شد. نتایج نشان داد که امولسیون روغن گردو با ۱۰ درصد روغن بیشترین پایداری را بعد از ۱۴ روز نگهداری داشت. همچنین، اندازه قطرات (D_{50}) امولسیون (۱۰ درصد روغن) ۸۸۶ نانومتر بود که در محدوده زیر یک میکرومتر بود. سپس امولسیون روغن گردو پایدار شده با موسیلاژ دانه چیا (۱۰ درصد روغن) به فیلمهای خوراکی بر پایه سدیم کربوکسی متیل سلولز به صورت دولایه و ترکیبی اضافه شد. نتایج نشان داد که افزودن امولسیون روغن گردو به فیلم سدیم کربوکسی متیل سلولز به صورت ترکیبی باعث افزایش کدورت و شاخص زردی نسبت به فیلم دولایه شد. هیچ اختلاف معناداری ($p > 0.05$) در نفوذ پذیری بخار آب بین فیلم های دولایه و ترکیبی وجود نداشت اما فیلمهای حاوی روغن گردو نفوذپذیری به بخار آب کمتری نسبت به نمونه شاهد داشتند. نتایج حاکی از کاهش استحکام کششی در فیلم های دولایه و ترکیبی با افزودن امولسیون روغن گردو بود. همچنین فیلم دو لایه حاوی امولسیون روغن گردو کمترین مدول یانگ ($41/68$ مگاپاسکال) و بیشترین کرنش در نقطه گسیختگی ($0/18$) را داشت. به طور کلی، یافته های این تحقیق نشان داد که روغن ارزشمند گردو به فرم امولسیون پایدار شده با موسیلاژ دانه چیا در ساختار فیلم های خوراکی سدیم کربوکسی متیل سلولز می تواند علاوه بر ایجاد فیلم خوراکی باعث بهبود خواص فیزیکی فیلم ها نیز گردد.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.260.

* مسئول مکاتبات:

ahmadrajaei@gmail.com

Hosseinsg@yahoo.com

۱-مقدمه

روغن گردو یکی از منابع ارزشمند لیپیدهای گیاهی است که به دلیل غنای آن از اسیدهای چرب ضروری، به ویژه اسیدهای چرب غیر اشباع مانند اسید لینولئیک (امگا-۶) و اسید آلفا-لینولئیک (امگا-۳)، جایگاه ویژه‌ای در تغذیه و سلامت انسان دارد. این روغن همچنین سرشار از ترکیبات فعال زیستی نظیر فنول‌ها، توکوفرول‌ها، و استرول‌های گیاهی است که خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی آن را تقویت می‌کند (Hosseini Adarmanabadi et al., 2023).

امولسیون‌ها به دلیل خواص فیزیکی منحصربه‌فرد خود، مانند قابلیت بهبود بافت، طعم، و قابلیت حمل ترکیبات فعال، به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند (Xia, Xue, & Wei, 2021). در این میان، امولسیون پیکرینگ به‌عنوان یکی از انواع نوآورانه امولسیون‌ها معرفی شده‌اند که در آنها به جای امولسیفایرهای معمول، از ذرات جامد در مقیاس نانو یا میکرو برای تثبیت فازها استفاده می‌شود. این ذرات جامد، با جذب در سطح مشترک دو فاز، یک سد مکانیکی ایجاد می‌کنند که مانع از تجمع مجدد قطرات و ناپایداری امولسیون می‌شود. این نوع امولسیون‌ها به دلیل پایداری بالا، مقاومت در برابر تغییرات محیطی نظیر دما، pH و کاهش نیاز به استفاده از مواد شیمیایی، جایگاه ویژه‌ای در تحقیقات علمی و کاربردهای صنعتی پیدا کرده‌اند (Gao et al., 2022). امولسیون‌های پیکرینگ نه تنها در فرمولاسیون محصولات غذایی سالم‌تر و طبیعی‌تر، بلکه در طراحی سیستم‌های پیشرفته برای حمل و رهایش کنترل‌شده ترکیبات فعال مانند داروها، آنتی‌اکسیدان‌ها، یا مواد مغذی نیز کاربرد دارند. همچنین، استفاده از ذرات طبیعی و زیست‌سازگار مانند پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، یا ذرات معدنی در تثبیت این امولسیون‌ها، امکان توسعه سیستم‌های پایدار و زیست‌پذیر را فراهم کرده است (Cheng et al., 2024).

موسیلاژ دانه‌ها که عمدتاً از پلی‌ساکاریدها با ترکیبات جزئی مانند پروتئین‌ها تشکیل شده‌اند، اخیراً به

دلیل خواص امولسیون‌کنندگی خود برای پایدارسازی امولسیون‌های پیکرینگ مورد توجه قرار گرفته‌اند. موسیلاژ دانه چیا یکی از ترکیبات زیستی ارزشمند است که به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود در صنایع مختلف غذایی، دارویی و آرایشی مورد توجه قرار گرفته است. دانه چیا، گیاهی بومی آمریکای مرکزی، غنی از مواد مغذی نظیر اسیدهای چرب امگا-۳، پروتئین‌ها و فیبرهای محلول است. این دانه‌ها هنگام تماس با آب، صمغی طبیعی و ژل‌مانند تولید می‌کنند که خواص عملکردی قابل‌توجهی دارد (Orona-Tamayo & Paredes-López, 2024). موسیلاژ دانه چیا به دلیل توانایی بالای خود در جذب آب و تشکیل ژل، به‌عنوان یک عامل قوام‌دهنده، پایدارکننده، و امولسیفایر طبیعی شناخته می‌شود. این ویژگی‌ها، آن را به گزینه‌ای مناسب برای استفاده در فرمولاسیون مواد غذایی سالم و طبیعی تبدیل کرده است (Mensah, Oludipe, Gebremeskal, Nadtochii, & Baranenko, 2024).

فیلم‌های خوراکی که عمدتاً از پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر و طبیعی ساخته می‌شوند، به دلیل سازگاری با محیط زیست و قابلیت تجزیه‌پذیری، جایگزین مناسبی برای بسته‌بندی‌های پلاستیکی غیرقابل تجزیه محسوب می‌شوند (Karimi Sani et al., 2023). علاوه بر مزایای زیست‌محیطی، این فیلم‌ها می‌توانند به‌عنوان حامل ترکیبات فعال مانند آنتی‌اکسیدان‌ها، عوامل ضد میکروب و مواد مغذی عمل کرده و ارزش افزوده‌ای به محصولات غذایی ببخشند (Chawla, Sivakumar, & Kaur, 2021). سدیم کربوکسی‌متیل سلولز یکی از پلیمرهای زیستی پرکاربرد در تولید فیلم‌های خوراکی است. این ماده که از مشتقات سلولز به شمار می‌رود، به دلیل خواص منحصربه‌فردی نظیر حلالیت در آب، زیست‌سازگاری، تجدیدپذیری، و توانایی تشکیل فیلم، در تولید فیلم‌های خوراکی مورد توجه قرار گرفته است. فیلم‌های تولید شده از سدیم کربوکسی‌متیل سلولز معمولاً دارای شفافیت بالا و

۲-مواد و روش ها

۲-۱-مواد مورد استفاده

سدیم کربوکسی متیل سلولز، توئین ۸۰ و گلیسرول از شرکت مرک آلمان خریداری شد. روغن گردو از شرکت کامجد ایران با پروفایل اسیدهای چرب C16:0 ۵/۸ درصد، C18:0 ۳/۱ درصد، C18:1 ۲۴/۷ درصد، C18:2 ۴۹/۶ درصد و C18:3 ۱۵/۰ درصد تهیه شد. دانه چیا از بازار محلی شاهرود خریداری شد. بقیه مواد مورد استفاده در این تحقیق با درجه خلوص بالا بودند.

۲-۲-تهیه امولسیون پیکرینگ روغن گردو

۲-۲-۱-تهیه موسیلاژ دانه چیا

برای تهیه موسیلاژ دانه چیا از روش Sibebe Santos و همکاران (۲۰۲۰) با اندکی تغییر استفاده شد. دانه چیا به نسبت ۱:۴۰ در آب مقطر خیس شد. سپس توسط همزن در ۱۵۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد همزده شد. موسیلاژ با پارچه مناسب از دانه های چیا جدا شد. سپس نمونه به مدت ۵ دقیقه در ۴۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس محلول موسیلاژ بر روی سینی ریخته شد و در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ ساعت در آون خشک شد و در ظروف پلاستیکی بسته بندی شد (Sibebe Santos et al., 2020).

۲-۲-۲-تهیه امولسیون روغن گردو

برای تهیه امولسیون پیکرینگ روغن گردو پایدار شده با موسیلاژ دانه چیا از روش میرزایی مقدم (۲۰۱۹) با اندکی تغییر استفاده شد. در ابتدا ۱ گرم پودر موسیلاژ چیا به مدت ۳۰ دقیقه در ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد و در یک ظرف مجزا ریخته شد. سپس ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد روغن و ۰/۵٪ (وزنی/وزنی) توئین ۸۰ به آرامی تحت امواج فراصوت به محلول چیا اضافه شد. در پایان، امولسیون مورد نظر به مدت ۵ دقیقه با قدرت ۷۰ وات همورنیزه شد (Mirzaee Moghaddam, 2019).

۲-۲-۳-تست خامه ای شدن امولسیون

خاصیت کشسانی مناسب هستند. با این حال، محدودیت‌هایی نظیر استحکام مکانیکی پایین و حساسیت به رطوبت باعث شده است که بهبود خواص این فیلم‌ها با استفاده از مواد افزودنی و ترکیبات مختلف، یکی از محورهای اصلی تحقیقات علمی باشد (Yildirim-Yalcin, Tornuk, & Toker, 2022). یکی از راهکارهای بهبود خواص فیزیکی فیلمها، استفاده از لپیدها در ساختار فیلمها می باشد. مطالعات مختلف انجام شده در این زمینه، عموماً از روغنهای خوراکی متداول از جمله روغن آفتابگردان (Erdem & Kaya, 2022)، روغن ذرت (Xiao et al., 2019)، روغن سویا (Sun, Wang, Chen, & Yin, 2023) و روغن هسته انار (Mirzaee Moghaddam & Rajaei, 2021) و روغن کانولا (Amalia, Syarifuddin, & Langkong, 2023) استفاده کرده اند. در صورتیکه استفاده از روغنهای ارزشمند همانند روغن گردو علاوه بر بهبود خواص فیزیکی می تواند باعث افزایش ارزش تغذیه ای فیلم خوراکی شود.

لپیدها معمولاً به شکل امولسیون شده در ساختار فیلم ها استفاده می شوند. روغن گردوی پایدار شده با موسیلاژ دانه چیا با برهمکنش با پلیمرهای ساختار فیلم می تواند باعث بهبود خواص ساختاری فیلمها شود (Sibebe Santos et al., 2023). نکته مهم بعدی روش اضافه کردن امولسیون به ساختار فیلم است. امولسیون می تواند به دو روش لایه ای یا ترکیبی به فیلم اضافه شود که روش اضافه شدن امولسیون به فیلم نیز می تواند بر خواص فیلم موثر باشد (Niu et al., 2023). بنابراین، با توجه به ارزش تغذیه ای بالای روغن گردو و همچنین موسیلاژ دانه چیا، هدف از این تحقیق در مرحله اول تولید امولسیون روغن گردوی پایدار به روش پیکرینگ بوده و در ادامه کاربرد امولسیون روغن گردو در ساختار فیلم سدیم کربوکسی متیل سلولز به رو صورت دو لایه و ترکیبی مطالعه شده و برخی از خواص فیزیکی فیلم های سدیم کربوکسی متیل سلولز تولیدی نیز بررسی شد.

پس از آماده سازی امولسیون ها، امولسیون ها با درصد های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد به اندازه ۱۰ میلی لیتر به صورت مجزا در ویال ها ریخته شدند و ویال ها به مدت ۱۴ روز در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد قرار داده شدند و درصد خامه ای شدن امولسیون ها طبق رابطه (۱) به دست آمد- (Vicente, Pereira, Bastos, de Carvalho, & Garcia-Rojas, 2018)

$$CI (\%) = \frac{HR}{HT} \times 100 \quad (1)$$

در رابطه (۱): HR: ارتفاع لایه خامه ای و HT: ارتفاع کل امولسیون است.

۴-۲-۲- بررسی مورفولوژی امولسیون تولید شده با استفاده از SEM

برای بررسی مورفولوژی ذرات تولید شده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل (MIRA 3 (Tescan استفاده گردید (Mirzaee Moghaddam & Rajaei, 2021)

۵-۲-۲- اندازه گیری قطرات امولسیون به کمک DLS

اندازه قطرات امولسیون با کمک دستگاه DLS (آنتون پار، اتریش) اندازه گیری گردید. برای این کار ۰/۲ گرم نمونه در ۵۰ برابر آب مقطر رقیق شد و در سل مخصوص تا خط نشانه اضافه گردید. سپس سل مورد نظر در دستگاه گذاشته شد و با استفاده از نرم افزار نتایج اندازه ذرات ثبت شد (Amiri, Nemati, Tirgarian, Dehghan, & Nasiri, 2021)

۶-۲-۲- آزمون رئولوژی امولسیون

آزمون رئولوژی با استفاده از دستگاه رئومتر (آنتون پار، اتریش) (مجهز به استوانه های هم محور) در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد انجام گرفت. در این آزمون ویسکوزیته در سرعت های برشی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت (Rahman et al., 2020).

۱-۲-۳- تهیه فیلم های خوراکی حاوی امولسیون روغن گردو

۱-۲-۳-۲- تهیه فیلم خوراکی بر پایه سدیم کربوکسی متیل سلولز

برای تهیه فیلم سدیم کربوکسی متیل سلولز از

روش Chang و همکاران (۲۰۰۹) با اندکی تغییر استفاده گردید. در این روش ۱/۵ گرم سدیم کربوکسی متیل سلولز با ۱ میلی لیتر گلیسرول در ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر با در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ دقیقه با هیتر استیرر حل شد. سپس برای حل شدن کامل سدیم کربوکسی متیل سلولز در آب مقطر از اولتراسونیکس (۱۲۰۰۰ دور بر دقیقه) به مدت ۳۰ ثانیه استفاده شد. سپس محلول به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط گذاشته شد تا خنک گردد. سپس برای جلوگیری از ایجاد حباب در فیلم خوراکی محلول مورد نظر به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس محلول ها به پلیت های پلاستیکی منتقل گردید (Chang, Yu, & Ma, 2009)

۲-۳-۲- تهیه فیلم دولایه بر پایه سدیم کربوکسی متیل سلولز حاوی امولسیون روغن گردو و موسیلاژ دانه چیا
برای تهیه فیلم دو لایه، پس از آماده شدن محلول سدیم کربوکسی متیل سلولز، محلول مورد نظر در پلیت ریخته شد و به مدت ۱ روز در دمای محیط قرار داده شد تا فیلم مورد نظر حالت ژله ای به خود بگیرد. سپس امولسیون روغن گردو به آن اضافه گردید و به مدت ۴۸ ساعت در دمای محیط خشک شد.

۳-۳-۲- تهیه فیلم های خوراکی ترکیبی بر پایه سدیم کربوکسی متیل سلولز حاوی امولسیون روغن گردو و موسیلاژ دانه چیا

پس از آماده شدن محلول سدیم کربوکسی متیل سلولز، محلول مورد نظر در بشر ریخته شد. سپس امولسیون روغن گردو و موسیلاژ دانه چیا به آن اضافه گردید. سپس با امواج فراصوت امولسیون در محلول مورد نظر به مدت ۱ دقیقه با قدرت ۷۰ وات پخش شد و در آخر به پلیت پلاستیکی اضافه شد و به مدت ۴۸ ساعت در دمای محیط خشک شد.

۴-۲-۳- آزمون های مربوط به فیلم های خوراکی تولید شده

۱-۴-۳- اندازه گیری زاویه تماس فیلم های تولیدی

زاویه تماس زاویه ای است که آخرین لبه یک مایع

(Hosseini, 2010). کدورت فیلم ها در طیف ۶۰۰ نانومتر و با داشتن ضخامت فیلم ها با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد (Álvarez et al., 2021).

$$YI = \frac{142.86 b}{L} \quad (3)$$

در این روابط YI شاخص زردی، با استفاده از مقادیر L^* و b^* به دست آمد.

$$x = \frac{A_{600}}{c} = \text{کدورت} \quad (4)$$

در رابطه (۴): A_{600} : جذب طیف فیلم ها در ۶۰۰ نانومتر و x : ضخامت فیلم ها برحسب میلی متر است.

۴-۳-۲-خواص کششی فیلم های تولیدی

اندازه گیری خواص کششی فیلم های خوراکی یکی از مهم ترین شاخص ها در بسته بندی محصولات غذایی هستند و باید فیلم های خوراکی از نظر این خواص مقاوم باشند تا کیفیت محصولات غذایی در حین حمل و نقل، نگهداری و جابه جایی حفظ شود. برای اندازه گیری خواص کششی فیلم های تولیدی، آزمون کشش انجام شد بدین منظور از دستگاه آزمون مواد مدل (STM-20، ستنام، ایران) استفاده شد. به طوری که فیلم ها به عرض ۲ سانتی متر و طول ۵ سانتی متر برش داده شدند. سپس به مدت ۴۸ ساعت در دسیکاتور با رطوبت نسبی ۵۰ درصد قرار داده شدند تا عمل مشروط سازی انجام شود. فاصله بین ۲ فک ۳۰ میلی متر و سرعت دو فک ۱ میلی متر بر ثانیه بود و ماکزیمم استحکام کششی، کرنش گسیختگی و مدول یانگ با توجه به نمودارهای تنش-کرنش بدست آمده از دستگاه آزمون مواد تعیین شد (Kaewprachu, Osako, Tongdeesoontorn, & Rawdkuen, 2017).

۴-۲-تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش اختلاف میان تیمارهای مختلف، بر اساس طرح کاملاً تصادفی با استفاده از آنالیز واریانس ANOVA در سطح ۹۵٪ تعیین گردید. در این پژوهش مقایسه میانگین داده ها براساس آزمون دانکن با استفاده از نرم افزار SPSS انجام پذیرفت. همچنین رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار EXCEL نسخه ۲۰۱۹ صورت گرفت.

با سطح زیرین خود ایجاد می کند. برای تعیین زاویه تماس فیلم ها بر روی لام گذاشته شد و ۲ میکرولیتر آب مقطر روی سطح فیلم قرار گرفت و پس از ۵ ثانیه و با استفاده از دوربین Canon MV50 از قطره آب عکسبرداری شد و در نهایت با نرم افزار زاویه تماس اندازه گیری شد. این آزمون برای هرکدام از فیلم ها ۳ بار تکرار شد (Li, Wang, & Xue, 2019).

۲-۳-۴-بررسی نفوذپذیری فیلم نسبت به بخار آب

از بررسی نفوذ پذیری فیلم نسبت به بخار آب می توان به توانایی این فیلم ها در انتقال بخار آب بین هوا و ماده غذایی در بسته بندی محصولات غذایی پی برد که این موضوع تاثیر مهمی بر فساد پذیری و ماندگاری محصولات غذایی دارد. برای اندازه گیری نفوذپذیری بخار آب از روش ASTM 96-95 استفاده شد. برای انجام این آزمون از ویال های شیشه ای استفاده شد. در ابتدا ویال ها وزن شدند سپس ۱۵ میلی لیتر آب مقطر به ویال ها منتقل گردید. سپس فیلمهای مختلف روی دهانه ویالها کاملاً مهر و موم شدند. به مدت ۷۲ ساعت و در فواصل زمانی معین وزن ویالها اندازه گیری شدند. لازم به ذکر است رطوبت نسبی هوا در این ۷۲ ساعت اندازه گیری شد (Moore & Akoh, 2017). سپس میزان نفوذ پذیری به بخار آب با توجه به رابطه زیر (۲) محاسبه گردید

$$WVP = \frac{\Delta W \times FT}{S \times \Delta p} \quad (2)$$

در رابطه (۲): ΔW : کاهش وزن ویال (g) FT: ضخامت (mm) S: مساحت (m^2) Δp : اختلاف فشار (KPa) است.

۳-۴-۲-اندازه گیری شاخص زردی و کدورت فیلم های تولیدی

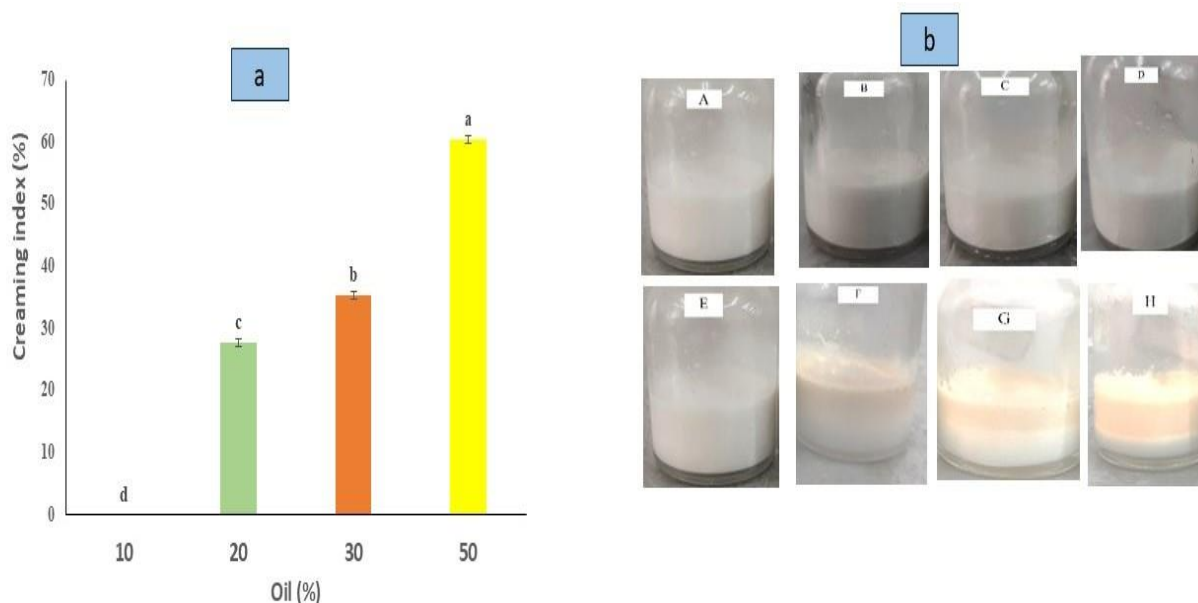
رنگ بسته بندی مواد غذایی یک پارامتر مهم در مقبولیت مصرف کننده و ظاهر عمومی محصول است. در این پژوهش برای ارزیابی رنگ فیلم های تولیدی در ابتدا با استفاده از دوربین عکاسی دیجیتال در ۳ تکرار از نمونه ها عکس گرفته شد. سپس با داشتن شاخص L^* و b^* شاخص زردی (رابطه ۳) محاسبه شد (Ojagh, Rezaei, Razavi, & ...)

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی امولسیون روغن گردو

۳-۱-۱- پایداری امولسیون ها

درصد خامه ای شدن امولسیون ها در شکل (۱-ا) نشان داده شده است. همچنین در شکل (۱-ب) نمایی از



شکل ۱- شاخص خامه ای شدن امولسیون ها (a)، ظاهر امولسیونهای روغن گردوی پایدار شده با موسیلاژ دانه چیا با نسبتهای مختلف روغن (۱۰٪، ۲۰٪، ۳۰٪، ۵۰٪) به ترتیب در روز اول (a, b, c, d) و در روز چهاردهم (e, f, g, h) (b).

Figure 1. Creaming index of emulsions (a), Appearance of walnut oil emulsion stabilized with chia seed mucilage at different oil ratios (10%, 20%, 30%, 50%) on the first day (a, b, c, d) and on the fourteenth day (e, f, g, h) respectively (b).

کاهش درصد روغن و افزایش مقدار پلی ساکارید میتوان پایداری امولسیون در برابر خامه ای شدن را افزایش داد.

۳-۱-۲- ویسکوزیته موسیلاژ محلول دانه چیا و

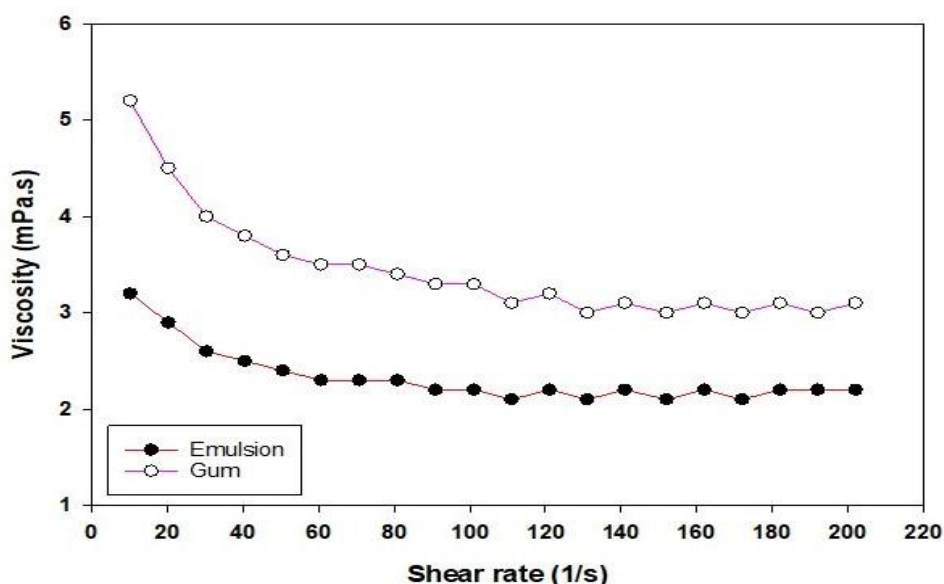
امولسیون روغن گردو

ویسکوزیته محلول ۵ درصد موسیلاژ دانه چیا و امولسیون روغن گردو تثبیت شده با موسیلاژ دانه چیا (حاوی ۱۰ درصد روغن) در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بررسی شد و نتایج در شکل ۲ نشان داده شده است. هر دو نمونه امولسیون روغن گردو و محلول موسیلاژ چیا رفتار جریان نیوتنی را به ویژه در نرخ های برشی بالا نشان دادند. Borrin و همکاران (۲۰۱۶)، در طی مطالعه خود بیان کردند که

Loi و همکاران (۲۰۱۹)، در تحقیقات خود پی برند که توزیع اندازه قطرات به صورت باریک به همگنی و پایداری امولسیون کمک می کند. همچنین قطرات بزرگ در مقایسه با قطرات کوچک سرعت خامه ای شدن بالاتری دارند و طبق قانون استوکس بر اثر گرانش جدا می شوند (Loi, Eyres, & Birch, 2019). Hong و همکاران (۲۰۱۸)، در طی تحقیقاتی پی بردند اندازه قطرات امولسیون با شاخص خامه ای شدن مرتبط است. به طوری که طبق قانون استوکس اندازه کوچک قطرات باعث افزایش پایداری امولسیون و کاهش شاخص خامه ای شدن می شود (Hong, Kim, & Lee, 2018). بر این اساس می توان نتیجه گرفت که با

دانه چیا در سرعت های مختلف برشی کمتر بود. این نشان می دهد که اثر امواج اولتراسوند و افزودن توئین ۸۰ به امولسیون ممکن است منجر به کاهش ویسکوزیته در مقایسه با محلول موسیلاژ چیا شده باشد.

محتوای بالای آب در تولید امولسیون منجر به ایجاد رفتار نیوتنی در امولسیون می شود (Borin, Georges, Moraes, & Pinho, 2016). با توجه به شکل ۲، می توان مشاهده کرد که ویسکوزیته امولسیون روغن در مقایسه با محلول موسیلاژ



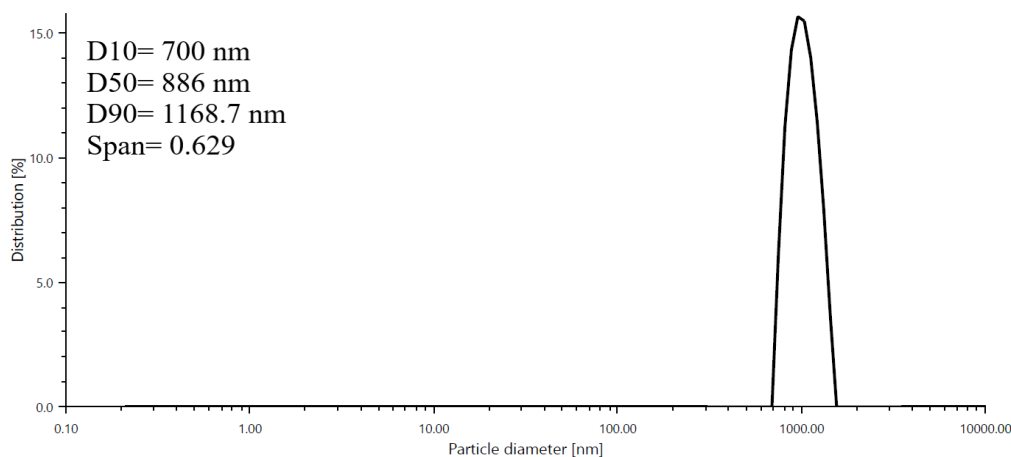
شکل ۲- ویسکوزیته محلول موسیلاژ دانه چیا و امولسیون روغن گردو پایدار شده با موسیلاژ دانه چیا در سرعت های برشی مختلف

Figure 2. Viscosity of chia seed gum solution and walnut oil emulsion stabilized with chia seed mucilage at different shear rates.

در محدوده زیر یک میکرومتر بود. همچنین شاخص پراکندگی (Span) 0.629 بود که نشان از همگنی امولسیون بود. دلیل اندازه قطرات کوچک و همگنی خوب استفاده از امواج فراصوت در تولید امولسیون بوده است که باعث ریز شدن قطرات روغن شده است.

۳-۱-۳- اندازه گیری قطرات امولسیون با DLS

اندازه گیری قطرات امولسیون (حاوی ۱۰ درصد روغن) با استفاده از DLS انجام شد و نتایج آن در شکل (۳) قابل مشاهده است. همان طور که در شکل (۳) قابل مشاهده است اندازه D_{50} قطرات امولسیون 886 نانومتر بود که



شکل ۳- توزیع اندازه قطرات امولسیون روغن گردو (۱۰ درصد روغن) پایدار شده با موسیلاژ دانه چیا

Figure 3. Droplet size distribution of walnut oil emulsion (10% oil) stabilized with chia seed mucilage

۱-۲-۳- بررسی زاویه تماس فیلم های تولیدی

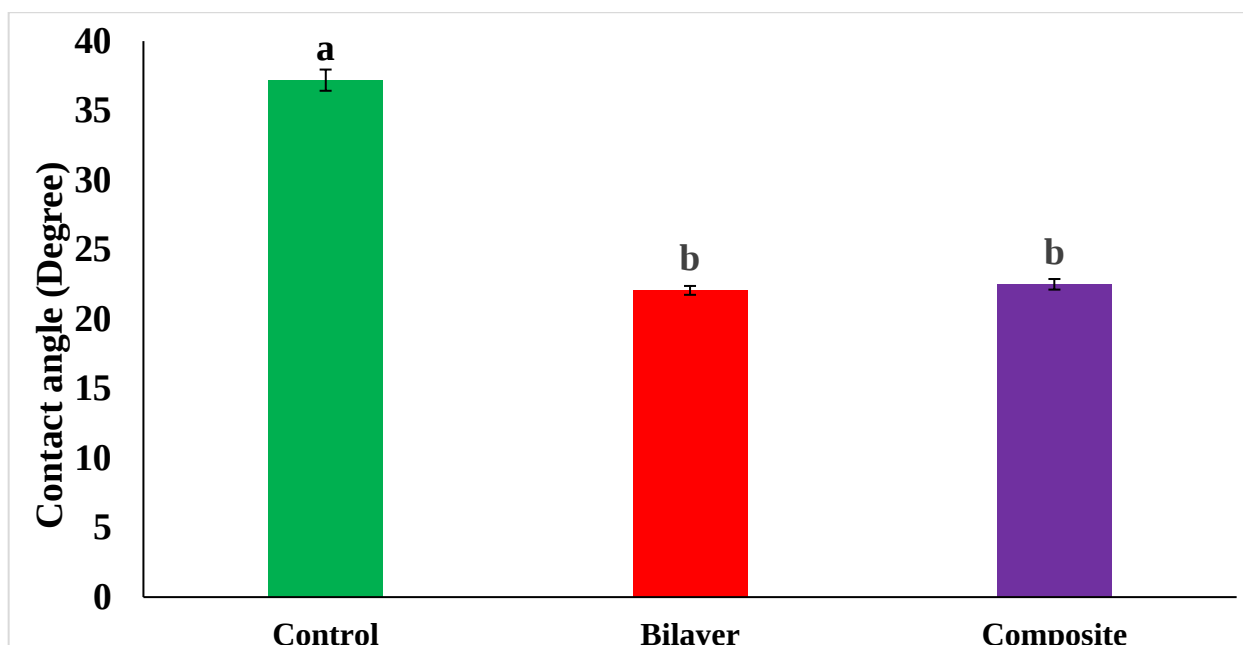
اصولا زاویه تماس به ۴ دسته تقسیم می شود: اگر زاویه تماس سطحی کمتر از ۱۰ درجه باشد آن سطح ابر آبدوست است و میزان آبدوستی بالایی دارد. اگر زاویه تماس سطحی ۱۰ تا ۹۰ درجه باشد آن سطح آبدوست است. اگر زاویه سطحی ۹۰ تا ۱۲۰ درجه باشد آن سطح آبگریز است و اگر سطحی زاویه تماس بالاتر از ۱۲۰ درجه داشته باشد آن سطح فوق آبگریز است و جذب آب پایینی دارد. شکل (۴) زاویه تماس فیلم های خوراکی را نشان می دهد.

Xiang و Li (۲۰۱۹)، پایداری امولسیون و خواص

امولسیون کنندگی امولسیون ۵ درصد روغن نارگیل در آب را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که همگن سازی با فشار بالا و هم تیمار فراصوت به طور موثر اندازه قطرات و محدوده توزیع امولسیون را کاهش می دهد. یافته های این محققین نشان داد که امولسیون ساخته شده توسط تیمار فراصوت در طول ۳۰ روز ذخیره سازی پایدار بود (Li & Xiang, 2019).

۳-۲- بررسی خواص فیزیکی فیلمهای حاوی امولسیون

روغن گردو



شکل ۴- زاویه تماس فیلم های خوراکی تولید شده.

Figure 4. Contact angle of produced edible films.

را به واکنش با مولکول های آب افزایش می دهد (Ghanbarzadeh & Almasi, 2011).

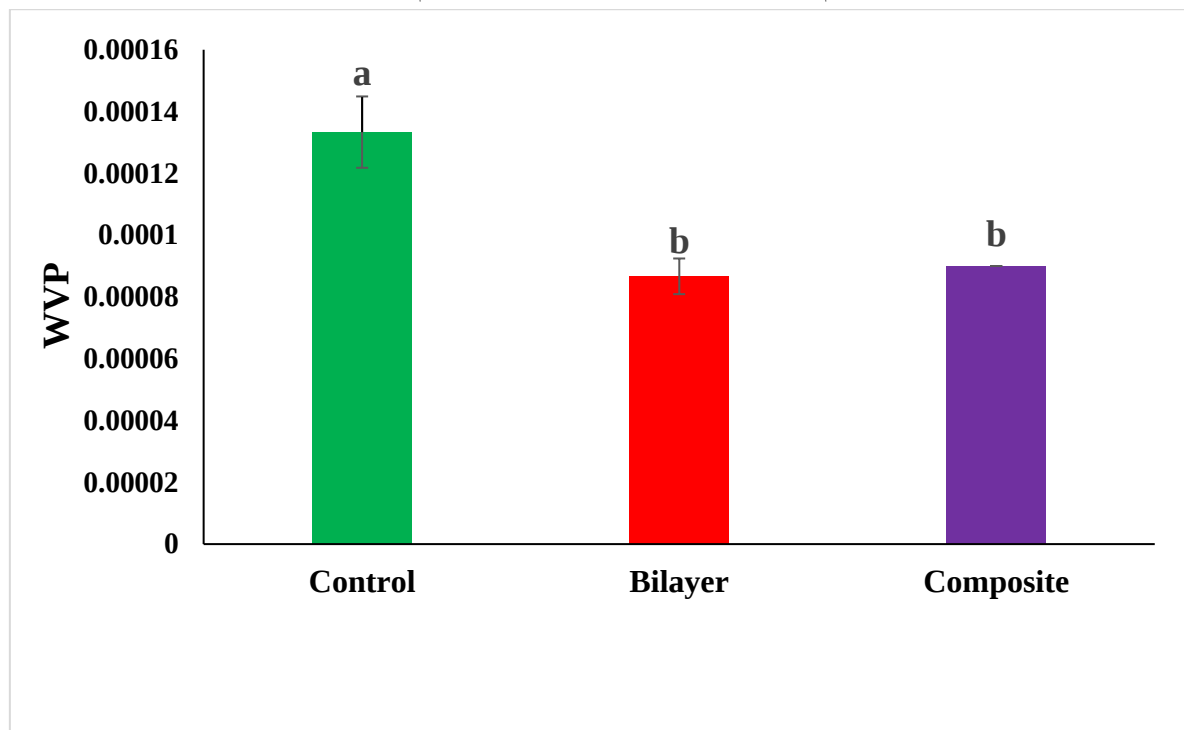
۲-۲-۳- بررسی نفوذپذیری فیلمها نسبت به بخار آب

به طور کلی فیلم های پلیمری نفوذپذیری بالایی نسبت به بخار آب دارند که با افزودن امولسیون های لیپیدی به این فیلم های پلیمری نفوذپذیری به بخار آب در این فیلم ها کاهش پیدا می کند. نتایج نفوذپذیری فیلم نسبت به بخار آب در شکل (۵) قابل مشاهده است. فیلم شاهد نفوذپذیری

زاویه تماس فیلم شاهد بیشتر از فیلم های ترکیبی و دولایه بود و اختلاف معناداری در سطح ($p < 0.05$) در زاویه تماس فیلم شاهد نسبت به فیلم ترکیبی و دولایه وجود داشت. همچنین اختلاف معناداری در سطح ($p > 0.05$) بین نمونه های دولایه و ترکیبی وجود نداشت. در فیلم های ترکیبی و دولایه افزودن امولسیون باعث به دست آوردن نتایجی خلاف انتظار شده بود که این را می توان به افزودن توئین ۸۰ در امولسیون نسبت داد. چون توئین ۸۰ تمایل فیلم

روغن پالم را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که تمام فیلم های حاوی روغن پالم به طور قابل توجهی دارای نفوذپذیری به بخار آب کمتری نسبت به فیلم ژلاتین خالص بودند که به وضوح بهبود خاصیت ممانعت به بخار آب را نشان داد. این محققین بیان کردند که ویژگی ضعیف نفوذپذیری به بخار آب فیلم مبتنی بر ژلاتین به دلیل آب دوستی مولکول های ژلاتین است. روغن پالم که به عنوان ماده آبریز و غیرقطبی در شبکه ژلاتین گنجانده شد، به طور طبیعی توانست آبریزی فیلم را افزایش داده و نفوذ پذیری به بخار آب فیلم را کاهش دهد (Xiao et al., 2016).

به بخار آب بالایی نسبت به فیلم های دولایه و ترکیبی داشت. همچنین این فیلم دارای اختلاف معناداری در سطح ($P < 0.05$) نسبت به فیلم های دولایه و ترکیبی بود. همچنین بین فیلم های دولایه و ترکیبی هیچ گونه اختلاف معناداری در سطح ($P > 0.05$) مشاهده نشد. نتایج نشان داد افزودن امولسیون به دلیل خاصیت آبریزی به فیلم های سدیم کربوکسی متیل سلولز که خاصیت آبدوستی بالایی دارد باعث می شود نفوذپذیری فیلم نسبت به بخار آب کاهش پیدا کند. Xiao و همکاران (۲۰۱۶)، تاثیر روغن پالم بر خواص مکانیکی و نفوذ پذیری به بخار آب فیلم امولسیونی ژلاتین-



شکل ۵- نفوذپذیری به بخار آب فیلم های خوراکی تولید شده.

Figure 5. Water vapor permeability results of produced edible films.

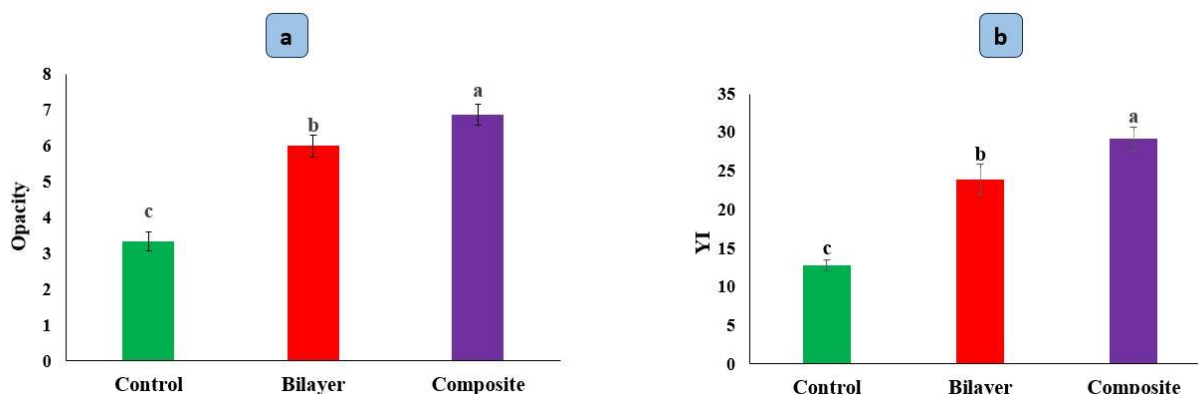
کرده است. همان طور که در شکل (۶-ب) مشاهده می شد شاخص زردی (YI) در فیلم های شاهد، دولایه و ترکیبی دارای اختلاف معناداری در سطح ($P < 0.05$) بود. به طوری که با افزودن امولسیون به فیلم شاهد شاخص زردی افزایش پیدا کرده بود. شاخص زردی در فیلم ترکیبی از فیلم دولایه بیشتر بود. Pérez-Mateos و همکاران (۲۰۰۷) و صحرایی و همکاران (۲۰۱۷)، در طی تحقیقات خود بیان کردند با افزودن روغن به فیلم های خوراکی، فیلم ها حالت مات به

۳-۲-۳- نتایج کدورت و شاخص زردی فیلم های تولیدی

نتایج کدورت فیلم ها در شکل (۶-ا) مشاهده می شد. سه فیلم شاهد، دولایه و ترکیبی دارای اختلاف معناداری از نظر کدورت در سطح ($P < 0.05$) بودند. بیشترین کدورت مربوط به فیلم شاهد بود و کمترین کدورت مربوط به فیلم ترکیبی بود. این نتیجه نشان می دهد که افزودن امولسیون به فیلم ترکیبی تصویر مات تری نسبت به فیلم دولایه ایجاد

های ژلاتین با افزودن روغن پالم زردتر شده بودند و شاخص زردی افزایش پیدا کرده بود (Nilsuwan, Benjakul, & Valencia. Prodpran, 2016). در طی تحقیقات خود بیان کردند افزودن اسانس به فیلم دولایه باعث افزایش رنگ زرد در این فیلم ها می شود (Valencia-Sullca, Vargas, Atarés, & Chiralt, 2018).

خود گرفتند (Pérez-Mateos, Montero, & Gómez-Guillén, 2009; Sahraee, Milani, Ghanbarzadeh, & Nilsuwan. Hamishehkar, 2017). و همکاران (۲۰۱۶)، تاثیر روغن پالم و گلیسرول بر خواص لایه های ژلاتینی پوست ماهی را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که افزودن روغن باعث افزایش شاخص زردی می شود. فیلم



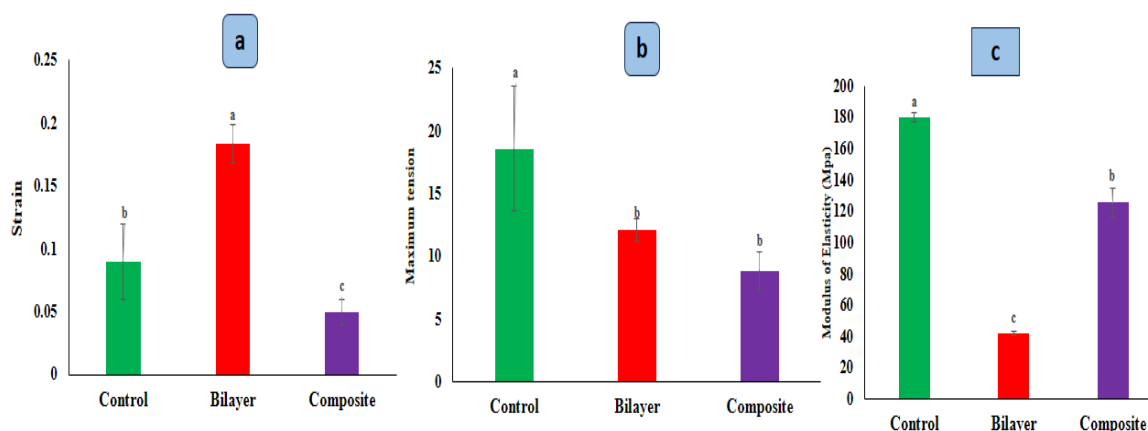
شکل ۶- کدورت (a) و شاخص زردی (b) فیلم های خوراکی تولید شده.

Figure 6. Turbidity (a) and yellowness index (b) of produced edible films

ترکیبی، وجود روغن در ساختار فیلم ترکیبی باعث کاهش کرنش شده است. ثانی و همکاران (۲۰۱۹) و Akhter و همکاران (۲۰۱۹) در طی تحقیقات خود به نتایج مشابه تحقیق حاضر رسیدند. این محققین بیان کردند که افزودن روغن یا اسانس به فیلم باعث ساختار ناهمگن و ناپیوستگی در فیلم می شود که در نتیجه کرنش فیلم های ترکیبی کاهش می یابد (Akhter, Masoodi, Wani, & Rather, 2019; Sani, Pirsa, & Tağı, 2019).

۳-۲-۳- بررسی خواص حاصل از آزمون کشش فیلم های تولیدی

همانطور که در شکل (۷-ا) مشاهده می شود، از لحاظ کرنش در نقطه گسیختگی، بین فیلم های شاهد، ترکیبی و دو لایه اختلاف معناداری ($p < 0.05$) وجود دارد. همچنین مشاهده می شود که فیلم دولایه کرنش بالاتری نسبت به فیلم های شاهد و ترکیبی دارد. می توان گفت، در مورد فیلم



شکل ۷- کرنش (a)، ماکزیمم تنش (استحکام کششی) (b) و مدول یانگ (c) فیلم های تولید شده.

Figure 7. Strain (a), maximum stress (b) and Young's modulus (c) of produced edible films.

کلزا تا ۳ درصد مدول یانگ افزایش پیدا می کند. این بدان معنی است که با افزایش درصد روغن به فیلم پروتئین آب پنیر ساختار فشرده تر می شود. این اثر را می توان به ایجاد ناپیوستگی در شبکه پلیمری ناشی از افزودن روغن نسبت داد (Galus & Kadzińska, 2016).

۴- نتیجه گیری

در این مطالعه امولسیون روغن گردو در غلظتهای مختلف روغن با استفاده از موسیلاژ دانه چیا پایدار شد و در ادامه اثر پایدارترین امولسیون روغن گردو در دو حالت ترکیبی و دولایه بر خواص فیزیکی فیلم خوراکی سیدیم کربوکسی متیل سلولز بررسی شد. نتایج نشان داد امولسیون روغن گردوی پایدار شده با دانه چیا در نسبت های کمتر روغن شاخص خامه ای شدن کمتری را داشت. همچنین اندازه قطرات پایدارترین امولسیون روغن گردو در محدوده زیر یک میکرومتر بود. علاوه بر این رفتار جریان امولسیون پایدار تقریباً نیوتنی بود. نتایج زاویه تماس نشان داد فیلم های دولایه و ترکیبی زاویه تماس کمتری نسبت به فیلم های شاهد داشتند. افزودن امولسیون روغن گردو به فیلم سیدیم کربوکسی متیل سلولز به صورت ترکیبی باعث افزایش کدورت و شاخص زردی نسبت به فیلم دولایه شد. نتایج حاصل از خواص مکانیکی فیلم ها نشان داد افزودن امولسیون روغن گردو به فیلم کربوکسی متیل سلولز به صورت دولایه باعث افزایش کرنش و کاهش ماکزیمم تنش شد. نتایج این تحقیق نشان داد که روغن گردو به شکل امولسیون پایدار شده با موسیلاژ دانه چیا می تواند برای تهیه فیلمهای خوراکی استفاده شود. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که روش اضافه کردن روغن گردو به ساختار فیلم خوراکی یک عامل مهم بر خواص فیزیکی فیلم است.

نتایج استحکام کششی (ماکزیمم تنش) فیلمهای مختلف در شکل (۷-ب) نشان داده شده است. استحکام کششی فیلم شاهد دارای اختلاف معنی داری ($p < 0.05$) در مقایسه با فیلم های دولایه و ترکیبی داشت. همچنین از لحاظ استحکام کششی، اختلاف معناداری ($p > 0.05$) بین فیلم های دولایه و ترکیبی مشاهده نشد. ماکزیمم تنش (استحکام کششی) بین فیلم های دولایه و ترکیبی با افزودن امولسیون روغن گردو کاهش پیدا کرد. همان طور که در شکل (۷-ج) نشان داده شده است اختلاف معناداری در سه فیلم شاهد، دولایه و ترکیبی در سطح ($p < 0.05$) از نظر مدول یانگ وجود داشت فیلم های شاهد مدول یانگ بالاتری نسبت به فیلم های دولایه و ترکیبی داشتند همچنین فیلم های ترکیبی، مدول یانگ بالاتری نسبت به فیلم های دولایه داشتند این نشان می دهد افزودن امولسیون به فیلم سیدیم کربوکسی متیل سلولز موجب ساختار فشرده تر در فیلم های ترکیبی نسبت به فیلم های دولایه می شود این می تواند ناشی از ایجاد ناپیوستگی در فیلم های دولایه و ترکیبی با افزودن امولسیون باشد. در پژوهشی، میرزایی مقدم (۲۰۱۹)، گزارش داد که افزودن روغن ماهی به پاستیل باعث کاهش مدول یانگ شده است (Mirzaee Moghaddam, 2019). ابراهیم زاده و همکاران (۲۰۲۱)، طی تحقیقات خود بر روی فیلم دولایه بیان کردند که افزودن اسانس به فیلم باعث برهمکنش های ضعیف بین پلیمر و اسانس نسبت به برهمکنش قوی بیوپلیمر می شود و باعث کاهش استحکام کششی در فیلم های حاوی اسانس می شود. همچنین بیان کردند افزودن اسانس به فیلم در فیلم دولایه باعث افزایش کرنش در فیلم دولایه می شود که این می تواند به دلیل خاصیت پلاستی سائیزی اسانس باشد (Ebrahimzadeh, Bari, Hamishehkar, Kafil, & Lim, 2021). گالوس و همکاران (۲۰۱۶)، فیلم خوراکی آب پنیر با درصد های مختلف روغن کلزا را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که با افزایش درصد روغن کلزا تا ۲ درصد مدول یانگ کاهش پیدا می کند و با افزودن روغن

۶-منابع

- [1] Hosseini Adarmanabadi, S. M. H., Karami Gilavand, H., Taherkhani, A., Sadat Rafiei, S. K., Shahrokhi, M., Faaliat, S., ... Deravi, N. (2023). Pharmacotherapeutic potential of walnut (*Juglans* spp.) in age-related neurological disorders. *IBRO Neuroscience Reports*, 14, 1–20. doi:10.1016/j.ibneur.2022.10.015
- [2] Xia, T., Xue, C., & Wei, Z. (2021). Physicochemical characteristics, applications and research trends of edible Pickering emulsions. *Trends in Food Science & Technology*, 107, 1–15. doi:10.1016/j.tifs.2020.11.019
- [3] Gao, J., Bu, X., Zhou, S., Wang, X., Bilal, M., Hassan, F. U., Chelgani, S. C. (2022). Pickering emulsion prepared by nano-silica particles – A comparative study for exploring the effect of various mechanical methods. *Ultrasonics Sonochemistry*, 83, 105928. doi:10.1016/j.ultsonch.2022.105928
- [4] Cheng, Y., Cai, X., Zhang, X., Zhao, Y., Song, R., Xu, Y., & Gao, H. (2024). Applications in Pickering emulsions of enhancing preservation properties: Current trends and future prospects in active food packaging coatings and films. *Trends in Food Science & Technology*, 151, 104643. doi:10.1016/j.tifs.2024.104643
- [5] Orona-Tamayo, D., & Paredes-López, O. (2024). Chia—The New Golden Seed for the 21st Century: Nutraceutical Properties and Technological Uses. In *Sustainable Protein Sources* (pp. 443–470). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-323-91652-3.00005-8
- [6] Mensah, E. O., Oludipe, E. O., Gebremeskal, Y. H., Nadtochii, L. A., & Baranenko, D. (2024). Evaluation of extraction techniques for chia seed mucilage; A review on the structural composition, physicochemical properties and applications. *Food Hydrocolloids*, 153, 110051. doi:10.1016/j.foodhyd.2024.110051
- [7] Karimi Sani, I., Masoudpour-Behabadi, M., Alizadeh Sani, M., Motalebinejad, H., Juma, A. S. M., Asdaghi, A., ... Mohammadi, F. (2023). Value-added utilization of fruit and vegetable processing by-products for the manufacture of biodegradable food packaging films. *Food Chemistry*, 405, 134964. doi:10.1016/j.foodchem.2022.134964
- [8] Chawla, R., Sivakumar, S., & Kaur, H. (2021). Antimicrobial edible films in food packaging: Current scenario and recent nanotechnological advancements- a review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100024. doi:10.1016/j.carpta.2020.100024
- [9] Yildirim-Yalcin, M., Tornuk, F., & Toker, O. S. (2022). Recent advances in the improvement of carboxymethyl cellulose-based edible films. *Trends in Food Science & Technology*, 129, 179–193. doi:10.1016/j.tifs.2022.09.022
- [10] Erdem, B. G., & Kaya, S. (2022). Characterization and application of novel composite films based on soy protein isolate and sunflower oil produced using freeze drying method. *Food Chemistry*, 366, 130709. doi:10.1016/j.foodchem.2021.130709
- [11] Xiao, J., Zhang, M., Wang, W., Teng, A., Liu, A., Ye, R., Wu, X. (2019). An Attempt of Using β -Sitosterol-Corn Oil Oleogels to Improve Water Barrier Properties of Gelatin Film. *Journal of Food Science*, 84(6), 1447–1455. doi:10.1111/1750-3841.14621
- [12] Sun, J., Wang, L., Chen, H., & Yin, G. (2023). Preparation and Application of Edible Film Based on Sodium Carboxymethylcellulose-Sodium Alginate Composite Soybean Oil Body. *Coatings*, 13(10), 1716. doi:10.3390/coatings13101716
- [13] Mirzaee Moghaddam, H., & Rajaei, A. (2021). Effect of Pomegranate Seed Oil Encapsulated in Chitosan-capric Acid Nanogels Incorporating Thyme Essential Oil on Physicomechanical and Structural Properties of Jelly Candy. *Journal of Agricultural Machinery*, 11(2), 37-49. doi:10.22067/jam.v4i1.33163
- [14] Amalia, A. E., Syarifuddin, A., & Langkong, J. (2023). Physical mechanical properties of carrageenan/gelatine based edible film with addition of canola oil and gluten. In *Jurnal Teknologi* (Vol. 82, p. 040007). doi:10.1063/5.0119367
- [15] Sibeles Santos, F., da Silva Cardoso, P., Egea, M. B., Quintal Martínez, J. P., Segura Campos, M. R., & Otero, D. M. (2023). Chia mucilage carrier systems: A review of emulsion, encapsulation, and coating and film strategies. *Food Research International*, 172, 113125. doi:10.1016/j.foodres.2023.113125
- [16] Niu, H., Wang, W., Dou, Z., Chen, X., Chen, X., Chen, H., & Fu, X. (2023). Multiscale combined techniques for evaluating emulsion stability: A critical review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 311, 102813. doi:10.1016/j.cis.2022.102813
- [17] Sibeles Santos, F., Romani, V. P., da Silva Filipini, G., & G. Martins, V. (2020). Chia seeds to develop new biodegradable polymers for food packaging: Properties and biodegradability. *Polymer Engineering & Science*, 60(9), 2214–2223. doi:10.1002/pen.25464
- [18] Mirzaee Moghaddam, H. (2019). Investigation of PhysicoMechanical Properties of Functional Gummy Candy Fortified with Encapsulated Fish Oil in Chitosan-Stearic Acid Nanogel by Pickering Emulsion. *Food Science and Technology International*. Retrieved from <http://fsct.modares.ac.ir/article-7-34530-en.html>
- [19] Vicente, J., Pereira, L. J. B., Bastos, L. P. H., de Carvalho, M. G., & Garcia-Rojas, E. E. (2018). Effect of xanthan gum or pectin addition on Sacha Inchi oil-in-water emulsions stabilized by ovalbumin or tween 80: Droplet size distribution, rheological

- behavior and stability. *International Journal of Biological Macromolecules*, 120, 339–345. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.08.041
- [20] Amiri, Z. R., Nemati, A., Tirgarian, B., Dehghan, B., & Nasiri, H. (2021). Influence of stinging nettle (*Urtica dioica* L.) extract-loaded nano-emulsion on the storage stability and antioxidant attributes of Doogh (Traditional Iranian yoghurt beverage). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1), 437–448. doi:10.1007/s11694-020-00647-2
- [21] Rahman, J. M. H., Shiblee, M. N. I., Ahmed, K., Khosla, A., Kawakami, M., & Furukawa, H. (2020). Rheological and mechanical properties of edible gel materials for 3D food printing technology. *Heliyon*, 6(12), e05859. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e05859
- [22] Chang, P. R., Yu, J., & Ma, X. (2009). Fabrication and Characterization of Sb₂O₃/Carboxymethyl Cellulose Sodium and the Properties of Plasticized Starch Composite Films. *Macromolecular Materials and Engineering*, 294(11), 762–767. doi:10.1002/mame.200900138
- [23] Li, C., Wang, L., & Xue, F. (2019). Effects of Conjugation between Proteins and Polysaccharides on the Physical Properties of Emulsion-Based Edible Films. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(11), 1249–1263. doi:10.1002/aocs.12278
- [24] Moore, M. A., & Akoh, C. C. (2017). Enzymatic Interesterification of Coconut and High Oleic Sunflower Oils for Edible Film Application. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(4), 567–576. doi:10.1007/s11746-017-2969-z
- [25] Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H., & Hosseini, S. M. H. (2010). Development and evaluation of a novel biodegradable film made from chitosan and cinnamon essential oil with low affinity toward water. *Food Chemistry*, 122(1), 161–166. doi:10.1016/j.foodchem.2010.02.033
- [26] Álvarez, S., Weng, S., Álvarez, C., Marcet, I., Rendueles, M., & Díaz, M. (2021). A new procedure to prepare transparent, colourless and low-water-soluble edible films using blood plasma from slaughterhouses. *Food Packaging and Shelf Life*, 28, 100639. doi:10.1016/j.fpsl.2021.100639
- [27] Kaewprachu, P., Osako, K., Tongdeesoontorn, W., & Rawdkuen, S. (2017). The effects of microbial transglutaminase on the properties of fish myofibrillar protein film. *Food Packaging and Shelf Life*, 12, 91–99. doi:10.1016/j.fpsl.2017.04.002
- [28] Loi, C. C., Eyres, G. T., & Birch, E. J. (2019). Effect of mono- and diglycerides on physical properties and stability of a protein-stabilised oil-in-water emulsion. *Journal of Food Engineering*, 240, 56–64. doi:10.1016/j.jfoodeng.2018.07.016
- [29] Hong, I. K., Kim, S. I., & Lee, S. B. (2018). Effects of HLB value on oil-in-water emulsions: Droplet size, rheological behavior, zeta-potential, and creaming index. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 67, 123–131. doi:10.1016/j.jiec.2018.06.022
- [30] Low, L. E., Siva, S. P., Ho, Y. K., Chan, E. S., & Tey, B. T. (2020). Recent advances of characterization techniques for the formation, physical properties and stability of Pickering emulsion. *Advances in Colloid and Interface Science*, 277, 102117. doi:10.1016/j.cis.2020.102117
- [31] Borrin, T. R., Georges, E. L., Moraes, I. C. F., & Pinho, S. C. (2016). Curcumin-loaded nanoemulsions produced by the emulsion inversion point (EIP) method: An evaluation of process parameters and physico-chemical stability. *Journal of Food Engineering*, 169(1), 1–9. doi:10.1016/j.jfoodeng.2015.08.012
- [32] Li, Y., & Xiang, D. (2019). Stability of oil-in-water emulsions performed by ultrasound power or high-pressure homogenization. *PLOS ONE*, 14(3), e0213189. doi:10.1371/journal.pone.0213189
- [33] Ghanbarzadeh, B., & Almasi, H. (2011). Physical properties of edible emulsified films based on carboxymethyl cellulose and oleic acid. *International Journal of Biological Macromolecules*, 48(1), 44–49. doi:10.1016/j.ijbiomac.2010.09.014
- [34] Xiao, J., Wang, W., Wang, K., Liu, Y., Liu, A., Zhang, S., & Zhao, Y. (2016). Impact of melting point of palm oil on mechanical and water barrier properties of gelatin-palm oil emulsion film. *Food Hydrocolloids*, 60, 243–251. doi:10.1016/j.foodhyd.2016.03.042
- [35] Pérez-Mateos, M., Montero, P., & Gómez-Guillén, M. C. (2009). Formulation and stability of biodegradable films made from cod gelatin and sunflower oil blends. *Food Hydrocolloids*, 23(1), 53–61. doi:10.1016/j.foodhyd.2007.11.011
- [36] Sahraee, S., Milani, J. M., Ghanbarzadeh, B., & Hamishehkar, H. (2017). Effect of corn oil on physical, thermal, and antifungal properties of gelatin-based nanocomposite films containing nano chitin. *LWT - Food Science and Technology*, 76, 33–39. doi:10.1016/j.lwt.2016.10.028
- [37] Nilsuwan, K., Benjakul, S., & Prodpran, T. (2016). Influence of palm oil and glycerol on properties of fish skin gelatin-based films. *Journal of Food Science and Technology*, 53(6), 2715–2724. doi:10.1007/s13197-016-2243-7
- [38] Valencia-Sullca, C., Vargas, M., Atarés, L., & Chiralt, A. (2018). Thermoplastic cassava starch-chitosan bilayer films containing essential oils. *Food Hydrocolloids*, 75, 107–115. doi:10.1016/j.foodhyd.2017.09.008
- [39] Sani, I. K., Pirsá, S., & Tağı, Ş. (2019). 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*, 79,

106004. doi:10.1016/j.polymertesting.2019.106004
[40] Akhter, R., Masoodi, F. A., Wani, T. A., & Rather, S. A. (2019). Functional characterization of biopolymer based composite film: Incorporation of natural essential oils and antimicrobial agents. *International Journal of Biological Macromolecules*, 137, 1245–1255. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.06.214
[41] Ebrahimzadeh, S., Bari, M. R., Hamishehkar, H., Kafil, H. S., & Lim, L.-T. (2021). Essential oils-loaded electrospun chitosan-poly(vinyl alcohol) nonwovens laminated on chitosan film as bilayer bioactive edible films. *LWT*, 144, 111217. doi:10.1016/j.lwt.2021.111217
[42] Galus, S., & Kadzińska, J. (2016). Moisture Sensitivity, Optical, Mechanical and Structural

Properties of Whey Protein-Based Edible Films Incorporated with Rapeseed Oil. *Food Technology and Biotechnology*, 54(1). doi:10.17113/ftb.54.01.16.3889



Scientific Research

Investigation of the possibility of producing a stabilized walnut oil emulsion with chia seed mucilage and its application in edible films

Arian Nahalkar¹, Ahmad Rajaei^{2*}, Hossein Mirzaee Moghaddam^{3*}

1- Master of Food Science and Engineering, School of Agricultural Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

2 -Associate Professor, School of Agricultural Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

3- Assistant Professor, School of Agricultural Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2024/12/28 Accepted:2025/1/27	In this study, walnut oil emulsions stabilized with chia seed mucilage with different oil percentages (10, 20, 30 and 50%) were prepared by the Pickering method. Then, the best emulsion was used in the preparation of bilayer and combined edible films based on sodium carboxymethyl cellulose, and the effect of this oil emulsion on the physical properties (permeability, contact angle, turbidity, tensile strength, strain at break and Young's modulus) of the produced films was investigated. The results showed that the walnut oil emulsion with 10% oil had the highest stability after 14 days. Moreover, the droplet size (D_{50}) of the emulsion (10% oil) was 886 nm, which was in the range of below one micrometer. Then, the walnut oil emulsion stabilized with chia seed mucilage (10% oil) was added to the edible films based on sodium carboxymethyl cellulose in bilayer and combined form. The results showed that adding walnut oil emulsion to sodium carboxymethyl cellulose films in a combined form increased turbidity and yellowness index compared to the bilayer films. There was no significant difference ($p>0.05$) in water vapor permeability between the bilayer and combined films, but the films containing walnut oil had lower water vapor permeability than the control sample. The results indicated a decrease in tensile strength in the bilayer and combined films with the addition of walnut oil emulsion. Furthermore, the bilayer film containing walnut oil emulsion had the lowest Young's modulus (41.68 MPa) and the highest strain at break point (0.18). In general, the findings of this study showed that valuable walnut oil in the form of an emulsion stabilized with chia seed mucilage in the structure of sodium carboxymethyl cellulose edible films not only can create an edible film, but also improve the physical properties of the films.
Keywords: Sodium carboxymethyl cellulose, bilayer film, walnut oil, chia seed mucilage, physical properties.	
DOI: 10.22034/FSCT.22.161.260. *Corresponding Author E- ahmadrajaei@gmail.com Hosseinsg@yahoo.com	



ارزیابی فعالیت ضد میکروبی عصاره آبی شوید و برهمکنش آن با آنتی بیوتیک کلرامفنیکل: یک مطالعه آزمایشگاهی

بهروز علیزاده بهبهانی^{۱*}، محمد گلباشی^۲

۱-دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

۲-استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۵

کلمات کلیدی:

شوید؛

ضدمیکروبی؛

عصاره زیست فعال؛

نگهدارنده طبیعی؛

طب سنتی.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.275.

* مسئول مکاتبات:

B.alizadeh@asnruk.ac.ir

شوید (*Anethum graveolens*) از گیاهان دارویی سنتی بوده که به طور گسترده‌ای برای درمان بیماری‌های مختلف استفاده می‌شود. در این مطالعه، پتانسیل ضد باکتریایی عصاره آبی برگ شوید در برابر باکتری‌های *اروینیا/میلوریا*، *سودوموناس سیرینگه*، *زاتوموناس کمپستریس*، *سالمونلا تیفی*، *استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس* و *لیستریا مونوسیتوژنز* مورد ارزیابی قرار گرفت. از روش‌های دیسک دیفیوژن آگار، چاهک آگار، حداقل غلظت مهارکنندگی و کشندگی و برهمکنش با آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل برای این منظور استفاده گردید. افزایش غلظت عصاره از ۲۰ میلی گرم در میلی لیتر به ۱۱۰ میلی گرم در میلی لیتر سبب افزایش معنادار فعالیت ضدمیکروبی گردید. نتایج آزمون‌های دیسک دیفیوژن آگار و چاهک آگار نشان داد که بیشترین قطر هاله عدم رشد برای باکتری *استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس* (قطر هاله به ترتیب ۱۲/۹۰ میلی متر و ۱۴/۳۷ میلی متر) و کمترین قطر هاله عدم رشد مربوط به *سالمونلا تیفی* (قطر هاله به ترتیب ۹/۲۳ میلی متر و ۱۰/۳۸ میلی متر) بود. نتایج برهمکنش میان عصاره آبی شوید و آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل نشان داد که در حالت ترکیبی عصاره با آنتی‌بیوتیک، حالت سینرژیستی برای تمام سویه‌ها مشاهده شد. اثر ضد باکتریایی نشان داده شده توسط این گیاه یک پایه علمی را فراهم می‌کند و بنابراین، استفاده سنتی آن را به عنوان داروهای خانگی تأیید می‌کند. جداسازی و خالص سازی فیتوکمیکال‌های مختلف ممکن است عوامل ضد باکتریایی قابل توجهی تولید کند.

۱- مقدمه

میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا خطر قابل توجهی برای سلامت عمومی و ایمنی مواد غذایی ایجاد می‌کنند و می‌توانند باعث ایجاد طیفی از بیماری‌ها شوند که از مشکلات گوارشی خفیف تا عفونت‌های شدید و بالقوه کشنده را شامل می‌شود. سازگاری قابل توجه و مقاومت رو به رشد آنها در برابر درمان‌های مرسوم، تلاش‌ها برای مدیریت این عفونت‌ها را پیچیده می‌کند. بنابراین، به دست آوردن بینش در مورد چگونگی ایجاد بیماری توسط این پاتوژن‌ها، همراه با بررسی اقدامات مؤثر برای کاهش تأثیر آنها ضروری است. شیوع فزاینده سویه‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک باعث تمرکز مجدد بر روش‌های ضد میکروبی جایگزین شده است [۱-۴].

به طور همزمان، استفاده از نگهدارنده‌های مصنوعی به یک روش استاندارد در هر دو بخش مواد غذایی و دارویی برای افزایش ماندگاری و تضمین ثبات محصول تبدیل شده است. اگرچه این عوامل ضد میکروبی شیمیایی در مهار رشد میکروبی کارآمد هستند، اما گاهی اوقات می‌توانند منجر به اثرات مضر سلامتی و ایجاد نگرانی‌های زیست‌محیطی شوند. با افزایش آگاهی عمومی در مورد خطرات مرتبط با افزودنی‌های مصنوعی، تقاضا برای جایگزین‌های ایمن‌تر افزایش می‌یابد. این وضعیت تحقیقات در مورد اثربخشی و ایمنی نگهدارنده‌های مصنوعی در مقایسه با گزینه‌های طبیعی‌تر را بیشتر کرده است و بحث در مورد شیوه‌های نگهداری پایدار مواد غذایی را گسترده‌تر می‌کند [۵-۱۴].

نگهدارنده‌های طبیعی، به‌ویژه عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهان مختلف، به‌عنوان جایگزین‌های مناسب برای محصولات مصنوعی ظاهر شده‌اند. این ترکیبات مشتق شده از گیاه به دلیل خواص ضد میکروبی خود شناخته می‌شوند، که اغلب از مواد شیمیایی گیاهی ناشی می‌شوند که به گیاهان اجازه می‌دهد تا از پاتوژن‌ها و آفات محافظت کنند. افزایش علاقه به نگهدارنده‌های طبیعی را می‌توان به اثربخشی گسترده، کاهش سمیت و مزایای سلامتی اضافی آنها نسبت داد [۱۵-۲۰]. علاوه بر این، تعداد فزاینده‌ای از مصرف‌کنندگان

محصولاتی را ترجیح می‌دهند که دارای برچسب "طبیعی" هستند، که تحقیقات در مورد ویژگی‌های ضد میکروبی مواد مختلف گیاهی را تسریع کرده است. این یافته‌ها نه تنها با گرایش‌های مصرف‌کننده هم‌راستا می‌باشند، بلکه از حرکت به سمت روش‌های نگهداری مواد غذایی پایدار و سلامت محور حمایت می‌کنند [۵، ۲۱-۲۹].

در میان عصاره‌های مختلف گیاهی، شوید (*Anethum graveolens*) به دلیل اثرات ضد میکروبی قوی مورد توجه قرار گرفته است [۳۰، ۳۱]. این گیاه معطر که معمولاً در آشپزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، در زمینه‌های علوم و فناوری مواد غذایی امیدوارکننده است. عصاره آبی شوید حاوی ترکیبات زیست فعال متعددی است که به اثربخشی آن به عنوان یک نگهدارنده طبیعی کمک می‌کند [۳۲-۳۵]. ظرفیت دوگانه آن برای افزایش طعم و در عین حال سرکوب رشد میکروبی، آن را به عنوان یک راه‌حل نوآورانه در ایمنی و نگهداری مواد غذایی قرار می‌دهد. تحقیقات نشان می‌دهد که عصاره شوید در برابر طیف وسیعی از میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا مؤثر است. بررسی مواد نگهدارنده طبیعی مانند شوید بر نیاز مبرم به جایگزین‌های پایدار برای عوامل ضد میکروبی مصنوعی تأکید می‌کند. بنابراین، این مقاله پژوهشی با هدف بررسی خواص ضد میکروبی عصاره آبی شوید انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- استخراج عصاره

برگ شوید از اهواز خریداری شد. استخراج آبی با افزودن ۲۰۰ میلی‌لیتر آب به ۲۰ گرم برگ خشک شوید و سپس جوشاندن به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. بعد از سرد کردن، عصاره فیلتر شد و تا حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر تغلیظ گردید [۳۶].

۲-۲- فعالیت ضد میکروبی

فعالیت ضد میکروبی عصاره آبی شوید در برابر میکروارگانیسم‌های *اروینیا/میلور*، *سودوموناس سیرینگه*، *زانتوموناس کمپستر*، *سالمونلا تیفی*، *استافیلوکوکوس/پیدرمیدیس* و *لیستریا مونوسیژنز* مطابق روش‌های دیسک دیفیوژن آگار، چاهک آگار، برهمکنش با آنتی‌بیوتیک و حداقل غلظت مهارکنندگی و کشندگی بررسی گردید.

۲-۲-۱- دیسک دیفیوژن آگار

یک لوپ از هر کشت ذخیره باکتری روی آگار مولر-هیتون کشت داده شد، سپس دیسک‌های کاغذی (کاغذ صافی واتمن به قطر ۶ میلی‌متر) که در غلظت‌های مختلف عصاره غوطه‌ور شده بودند، روی سطح محیط قرار گرفتند. غلظت‌های عصاره (۲۰، ۵۰، ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) با استفاده از آب مقطر استریل تهیه شد. تمام محیط‌های کشت به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند، سپس قطر ناحیه بازدارندگی رشد با استفاده از خط کش به دقت اندازه‌گیری شد. تمام آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد [۳۷].

۲-۲-۲- انتشار چاهک آگار

برای اندازه‌گیری قطر هاله عدم رشد ایجاد شده توسط عصاره گیاه، محیط کشت مولر هیتون آگار تهیه و در پتری دیش ریخته شد. سپس مقداری سوسپانسیون میکروبی با استفاده از پخش کننده L شکل روی محیط کشت پخش گردید. در مرحله بعد چاهک‌های متعددی به قطر ۶ میلی‌متر بر روی سطح محیط کشت ایجاد و ۲۰ میکرولیتر عصاره با غلظت‌های ۲۰، ۵۰، ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر در چاهک‌ها ریخته شد. کشت‌ها به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و قطر هاله‌های عدم رشد اطراف چاهک‌ها اندازه‌گیری و بر حسب میلی‌متر بیان شد [۲۹].

۲-۲-۳- حداقل غلظت مهارکنندگی و کشندگی

حداقل غلظت بازدارندگی عصاره برگ شوید با استفاده از مایکرودايلوشن براث تعیین شد. برای این منظور، ۸ غلظت متوالی (۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۲۸، ۲۵۶ و ۵۱۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) از عصاره برگ شوید در محیط مولر هیتون براث تهیه شدند. باکتری‌ها در محیط کشت تلقیح و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. در ادامه، غلظتی از عصاره که سبب جلوگیری از رشد باکتری گردید، بعنوان حداقل غلظت مهارکنندگی در نظر گرفته شد [۳۸].

برای تعیین حداقل غلظت کشندگی عصاره برگ شوید، محتویات تمام لوله‌هایی که فاقد رشد میکروبی بودند در محیط آگار مولر هیتون آگار کشت داده شدند. گرمخانه گذاری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت انجام و پلیت‌های بدون تشکیل کلنی میکروبی بعنوان حداقل غلظت کشندگی در نظر گرفته شد [۳۹].

۲-۲-۴- برهمکنش عصاره شوید با آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل

در این روش، از غلظت‌های معادل نصف حداقل غلظت مهارکنندگی استفاده گردید. کشت میکروبی استاندارد بصورت چمنی بر روی محیط کشت مولر هیتون آگار حاوی عصاره انجام شد و دیسک آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل به کمک پنس استریل به آرامی بر سطح محیط کشت قرار داده شد. بعد از گرمخانه گذاری نمونه‌ها در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت، هاله عدم رشد اندازه‌گیری و بر حسب میلی‌متر ثبت گردید [۱].

۲-۳- آنالیز آماری

آزمون‌ها در ۳ مرتبه تکرار شدند. نتایج حاصل با کمک نرم‌افزار مینی تب (نسخه ۱۶) و آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد مورد آنالیز قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

هاله ۱۲/۹۰ میلی متر) و کمترین قطر هاله عدم رشد مربوط به *سالمونلا تیفی* (۹/۲۳ میلی متر) مشاهده شد ($p < 0.05$). مطابق نتایج اثر متقابل، *استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس* با ۱۶/۵۰ میلی متر قطر هاله عدم رشد در حضور غلظت ۱۱۰ میلی گرم در میلی لیتر عصاره و *سالمونلا تیفی* با ۶/۵۰ میلی متر قطر هاله عدم رشد در حضور ۲۰ میلی گرم در میلی لیتر به ترتیب حساس ترین و مقاوم ترین سویه ها در برابر عصاره بودند.

نتایج آزمون ضد میکروبی عصاره آبی شوید بر اساس روش دیسک دیفیوژن آگار در شکل ۱ ارائه شده است. مطابق نتایج، افزایش غلظت عصاره از ۲۰ به ۱۱۰ میلی گرم در میلی لیتر سبب افزایش قطر هاله عدم رشد از ۷/۵۴ به ۱۴/۲۰ میلی متر گردید ($p < 0.05$). علاوه بر این، بیشترین قطر هاله عدم رشد برای باکتری *استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس* (قطر

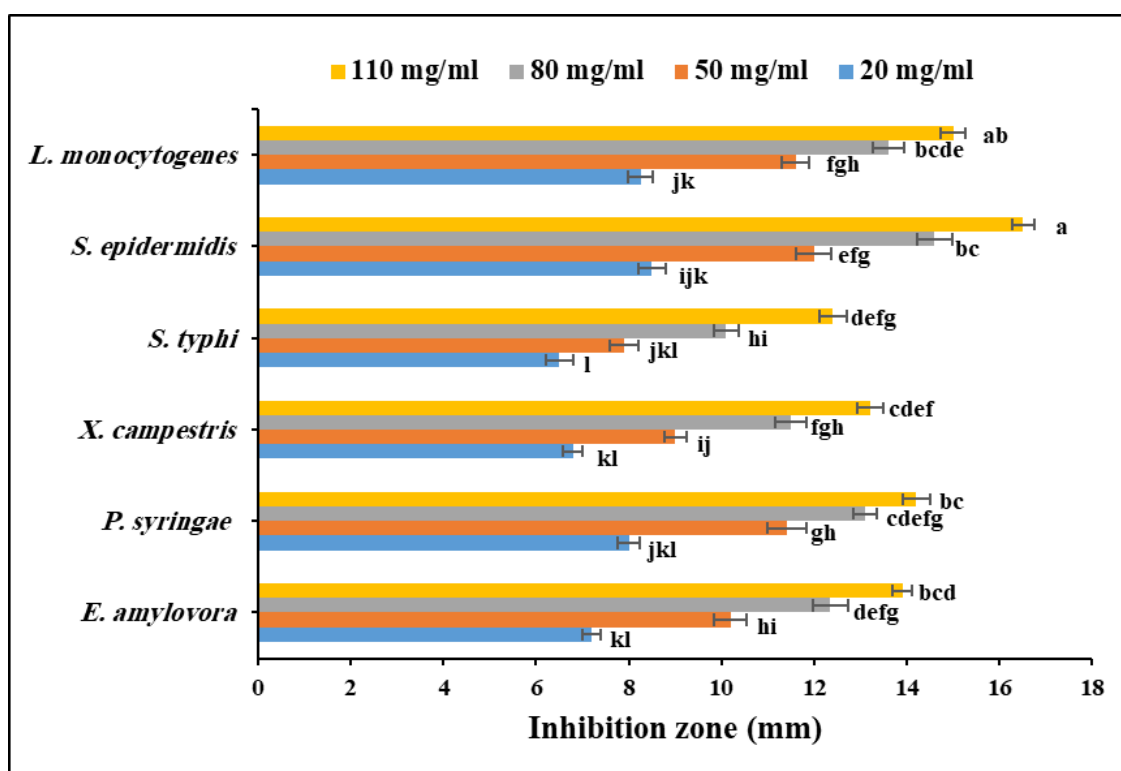


Figure 1. The antibacterial activity of *Anethum graveolens* extract based on disc diffusion agar method. Treatments labeled with different letters show significant differences at $p < 0.05$.

استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس و *سالمونلا تیفی* به ترتیب حساس ترین (قطر هاله = ۱۴/۳۷ میلی متر) و مقاوم ترین (قطر هاله = ۱۰/۳۸ میلی متر) سویه ها در برابر عصاره آبی شوید بودند. بطور کلی کمترین (۷/۰۰ میلی متر) و بیشترین (۱۸/۱۰ میلی متر) قطر هاله عدم رشد به ترتیب در حضور ۲۰ میلی گرم در میلی لیتر برای *سالمونلا تیفی* و ۱۱۰ میلی گرم در میلی لیتر برای *استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس* مشاهده گردید.

شکل ۲، یافته های اثر ضد میکروبی عصاره در برابر میکروارگانیسم های پاتوژن بر پایه روش انتشار چاهک آگار را نشان می دهد. غلظت عصاره تأثیر معناداری بر قطر هاله عدم رشد داشت و قطر هاله عدم رشد از ۸/۲۷ میلی متر در حضور ۲۰ میلی گرم در میلی لیتر عصاره به ۱۵/۶۸ میلی متر در حضور ۱۱۰ میلی گرم در میلی لیتر عصاره افزایش یافت.

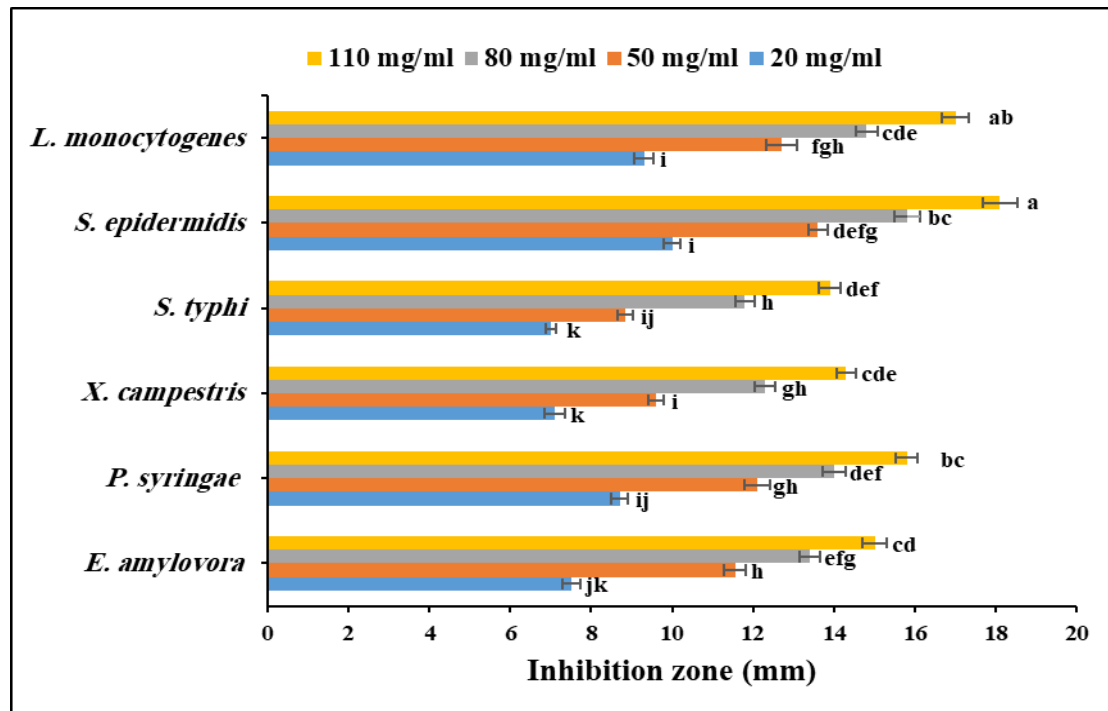


Figure 2. The antibacterial activity of *Anethum graveolens* extract based on well diffusion agar method. Treatments labeled with different letters show significant differences at $p < 0.05$.

کشندگی، سالمونلا تیفی با ۵۱۲ میلی گرم در میلی لیتر و استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس و لیستریا مونوسیژنز با ۶۴ میلی گرم در میلی لیتر به ترتیب مقاوم ترین و حساس ترین سویه ها در برابر عصاره آبی شوید شناسایی شدند (شکل ۴).

مطابق نتایج شکل ۳، کمترین حداقل غلظت مهارکنندگی (۴ میلی گرم در میلی لیتر) برای استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس و لیستریا مونوسیژنز و بیشترین حداقل غلظت مهارکنندگی (۱۶ میلی گرم در میلی لیتر) برای سالمونلا تیفی و زانتوموناس کمپستریس مشاهده گردید. در ارتباط با حداقل غلظت

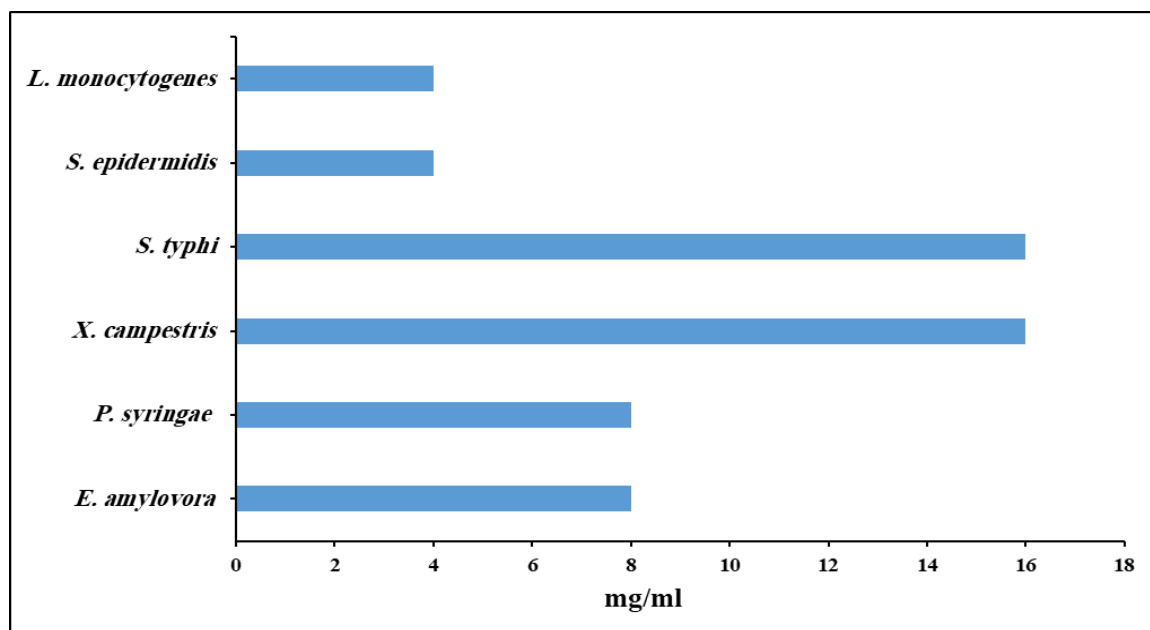


Figure 3. The antibacterial activity of *Anethum graveolens* extract based on minimum inhibitory concentration (MIC) method.

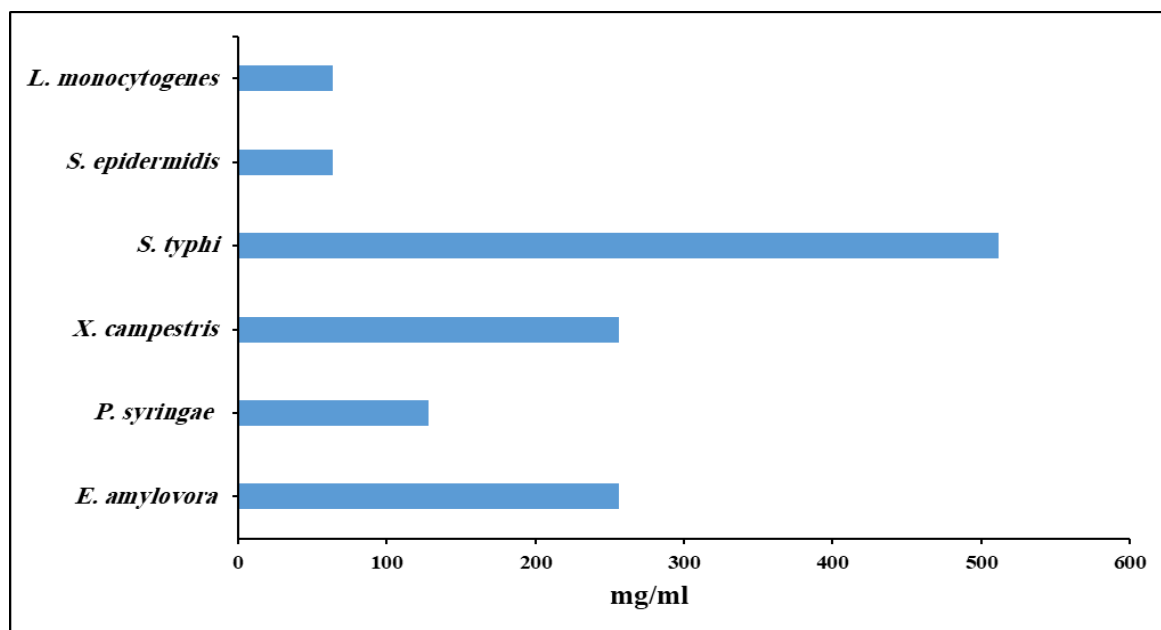


Figure 4. The antibacterial activity of *Anethum graveolens* extract based on minimum bactericidal concentration (MBC) method.

آنتی بیوتیک + عصاره افزایش یافت. در این راستا، کمترین قطر هاله عدم رشد برابر با ۱۱ میلی متر برای باکتری *سالمونلا* تیفی در حضور کلرامفنیکول و بیشترین قطر هاله عدم رشد برابر با ۲۰/۷۰ میلی متر برای باکتری *استافیلوکوکوس* /پیدرمیدیس در حضور ترکیب کلرامفنیکول + عصاره آبی شوید بود.

نتایج برهمکنش میان عصاره آبی شوید و آنتی بیوتیک کلرامفنیکول در شکل ۵ آورده شده است. نتایج نشان داد که در حالت ترکیبی عصاره با آنتی بیوتیک، حالت سینرژیستی برای تمام سویه ها مشاهده شد؛ بطوریکه میانگین قطر هاله عدم رشد میکروبی بطور معنی داری از ۱۴/۳۵ میلی متر برای آنتی بیوتیک کلرامفنیکول به ۱۷/۵۰ میلی متر برای ترکیب

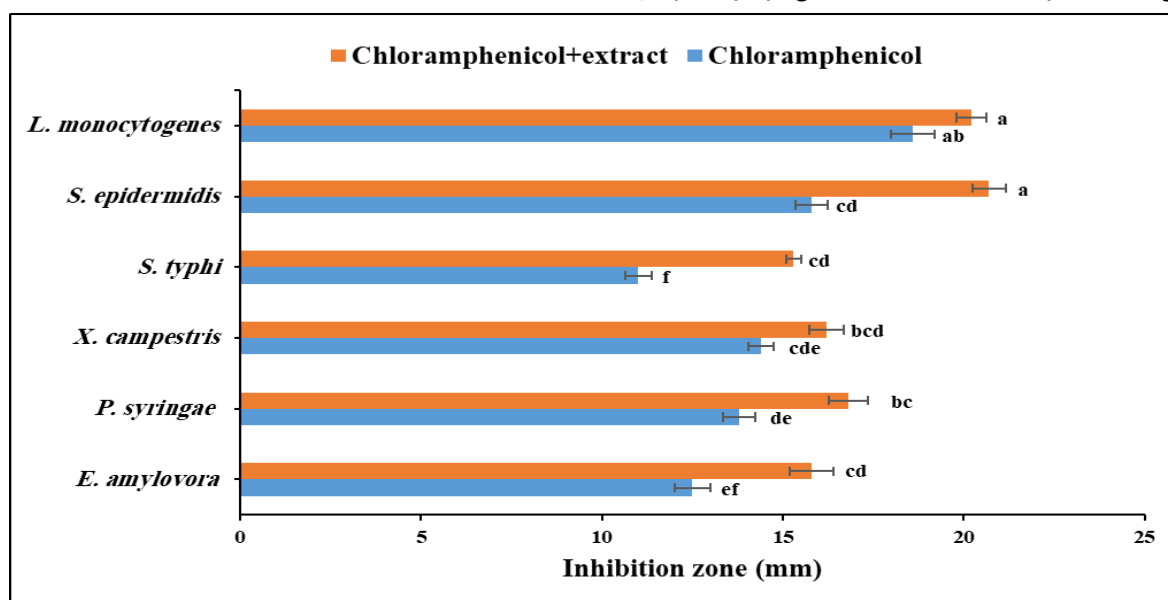


Figure 5. The antibacterial activity of *Anethum graveolens* extract based on interaction method (chloramphenicol+extract). Treatments labeled with different letters show significant differences at $p < 0.05$.

اپیدرمیدیس، کاندیدا آلبیکنس و آسپرژیلوس نایجر توسط هادی و همکاران [۳۴] بررسی گردید. نتایج نشان داد که اسانس در مقایسه با عصاره‌های آبی، اتانولی و جوشانده بر روی اکثر میکروارگانیسم‌های مورد آزمایش کارایی بالاتری داشته است. علاوه بر این، عصاره اتانولی دارای فعالیت ضد قارچی بود که از سایر عصاره‌ها متمایز بود. اثر ضد میکروبی اسانس‌های مورد مطالعه در درجه اول به برهمکنش‌های هم‌افزایی بین سه ترکیب اصلی آن (آنتول، استراگول و فنچون) نسبت داده شد [۳۴].

۴- نتیجه‌گیری نهایی

نتایج نشان داد که عصاره آبی شوید دارای فعالیت بازدارندگی در برابر باکتری‌های آزمایش‌شده بود. استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس و سالمونلا تیفی به ترتیب حساس‌ترین و مقاوم‌ترین سویه‌ها در برابر عصاره آبی شوید بودند. فعالیت ضد میکروبی بدست آمده در این مطالعه استفاده سنتی از این گیاه در برابر بیماری‌های عفونی را پشتیبانی می‌کند. علاوه بر این، نتایج نشان دهنده امیدی برای توسعه بسیاری از عوامل شیمی درمانی جدید یا الگوهای جدید از چنین گیاهانی است که در آینده ممکن است برای تولید عوامل درمانی بهبود یافته مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین، این مطالعه پتانسیل زیست فعالی شوید را تأیید می‌کند و علاوه بر استفاده از آن به عنوان چاشنی غذایی و در صنایع دارویی، می‌توان از عصاره آبی این گیاه برای اهداف ضد میکروبی نیز استفاده کرد.

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.

نتایج مشابهی توسط سایر محققین گزارش شده است. کائور و آرورا [۴۰]، فعالیت ضد باکتریایی عصاره‌های آبی و آلی (استون) دانه شوید با استفاده از روش انتشار آگار، حداقل غلظت بازدارندگی و تعداد سلول زنده ارزیابی و اثر ضد باکتریایی آنها با برخی آنتی‌بیوتیک‌های استاندارد را مقایسه نمودند. عصاره‌های آبی استونی فعالیت ضد باکتریایی قابل توجهی در برابر تمام باکتری‌ها به جز کلبسیلا پنومونیه و یک سویه سودوموناس آئروژینوزا نشان دادند. حداقل غلظت بازدارندگی عصاره‌های آبی و استونی دانه به ترتیب بین ۲۰-۸۰ میلی گرم در میلی لیتر و ۵-۱۵ میلی گرم در میلی لیتر بود. مطالعات تعداد سلول‌های زنده ماهیت باکتری کشی عصاره دانه را نشان داد. تجزیه و تحلیل آماری اثربخشی بهتر/یکسان برخی از این عصاره‌های دانه را در مقایسه با آنتی‌بیوتیک‌های استاندارد ثابت کرد [۴۰].

پتانسیل ضد میکروبی عصاره‌های آبی و اتانولی دانه‌ها، برگ‌ها، ریشه‌ها، کالوس و برگ‌های گیاهچه‌های بازسازی شده شوید در شرایط آزمایشگاهی در برابر سویه‌های باکتریایی مهم، اشرشیا کلی، باسیلوس سوبتیلیس، باسیلوس سرئوس، میکروکوکوس لوتئوس توسط جانا و شکاوات [۴۱] ارزیابی گردید. عصاره‌های اتانولی قوی‌تر از عصاره‌های آبی تمام قسمت‌های گیاه مورد مطالعه بودند. عصاره اتانولی دانه‌ها فعالیت قوی در برابر تمامی سویه‌های باکتریایی نشان داد. در مقایسه با شرایط درون تنی، عصاره‌های گیاهی در شرایط آزمایشگاهی، کاهش فعالیت را نشان دادند. غربالگری فیتوشیمیایی قسمت‌های گیاه نشان داد که برگ‌ها، ساقه‌ها، ریشه‌ها، کالوس آزمایشگاهی و برگ‌های بازسازی‌شده سرشار از تانن‌ها، ترپنوئیدها، گلیکوزیدهای قلبی و فلاونوئیدها هستند. این محققین، فیتوکیماles و متابولیت‌های ثانویه را مسئول فعالیت‌های ضد باکتریایی عصاره گزارش نمودند [۴۱].

علاوه بر این، فعالیت ضد میکروبی اسانس و عصاره‌های گیاه شوید در برابر انتروکوکوس کلواسه، کلبسیلا پنومونیه، اشرشیا کلی، استافیلوکوکوس اورئوس، استافیلوکوکوس

۶-منابع

- [1] Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M. , & Falah, F. (2020). The combined effect of the combined Fennel and Clove essential oils on *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus cereus*, *Salmonella typhi* and *Enterobacter aerogenes* using Checkerboard assay (fractional inhibitory concentration index). *Journal of food science and technology*(Iran), 17(106), 75-83.
- [2] Tabatabaei Yazdi, F., Alizadeh Behbahani, B., Vasiee, A., Mortazavi, S. A. , & Yazdi, F. T. (2015). An investigation on the effect of alcoholic and aqueous extracts of *Dorema aucheri* (Bilhar) on some pathogenic bacteria in vitro. *Archives of Advances in Biosciences*, 6(1).
- [3] Tabatabai Yazdi, F., Falah, F., Alizadeh Behbahani, B., Vasiee, A. , & Mortazavi, S. A. (2019). Identification of Chemical Compounds, Antioxidant Potential, Phenolic Content and Evaluation of Inhibitory and Bactericidal/Fungicidal Effects of Ginger Essential Oil on Some Pathogenic Microorganisms in Vitro. *Qom-Univ-Med-Sci-J*, 13(3), 50-62.
- [4] Tabatabaei Yazdi, F., Falah, F., Alizadeh Behbahani, B., Vasiee, A. , & Mortazavi, A. (2019). Antimicrobial effect of Citrus aurantium essential oil on some food-borne pathogens and its determination of chemical compounds, total phenol content, total flavonoids content and antioxidant potential. *Journal of food science and technology*(Iran), 16(87), 291-304.
- [5] Adiguzel, A., Ozer, H., Sokmen, M., Gulluce, M., Sokmen, A., Kilic, H., Sahin, F. , & Baris, O. (2009). Antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil and methanol extract of *Nepeta cataria*. *Polish Journal of Microbiology*, 58(1), 69-76.
- [6] Alizadeh Behbahani, B., Falah ,F., Lavi Arab, F., Vasiee, M. , & Tabatabae Yazdi, F. (2020). Chemical composition and antioxidant, antimicrobial, and antiproliferative activities of *Cinnamomum zeylanicum* bark essential oil. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020(1), 5190603.
- [7] Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M., Falah, F., Zargari, F., Nikfarjam, Z. , & Vasiee, A. (2024). Synergistic activity of *Satureja intermedia* and *Ducrosia anethifolia* essential oils and their interaction against foodborne pathogens: A multi-ligand molecular docking simulation. *LWT*, 205, 116487.
- [8] 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, 847-863.
- [9] Dorman, H. D. , & Deans, S. G. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of applied microbiology*, 88(2), 308-316.
- [10] Heydari, S., Jooyandeh, H., Alizadeh Behbahani, B. , & Noshad, M. (2020). The impact of Qodume Shirazi seed mucilage-based edible coating containing lavender essential oil on the quality enhancement and shelf life improvement of fresh ostrich meat: An experimental and modeling study. *Food Science & Nutrition*, 8(12), 6497-6512.
- [11] Yazdi, F. T. , & Behbahani, B. A. (2013). Antimicrobial effect of the aqueous and ethanolic *Teucrium polium* L. extracts on gram positive and gram negative bacteria "in vitro". *Archives of Advances in Biosciences*, 4(4).
- [12] Behbahani, B. A., Yazdi, F. T., Mortazavi, A., Gholian, M. M., Zendeboodi, F. , & Vasiee, A. (2014). Antimicrobial effect of Carboxy Methyl Cellulose (CMC) containing aqueous and ethanolic *Eucalyptus camaldulensis* L. leaves extract against *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus epidermidis*. *Archives of Advances in Biosciences*, 5(2).
- [13] Yazdi, F. T., Tanhaeian, A., Azghandi, M., Vasiee, A., Alizadeh Behbahani, B., Mortazavi , S. A. , & Roshanak, S. (2019). Heterologous expression of Thrombocidin-1 in *Pichia pastoris*: Evaluation of its antibacterial and antioxidant activity. *Microbial Pathogenesis*, 127, 91-96.
- [14] Alizadeh Behbahani, B., Tabatabaei Yazdi, F., Shahidi, F & , Mohebbi, M. (2012). Antimicrobial activity of *Avicennia marina* extracts ethanol, methanol & glycerin against *Penicillium digitatum* (citrus green mold). *Scientific Journal of Microbiology*, 1(7), 147-151.
- [15] Sureshjani, M. H., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A. , Behbahani, B. A. , & Shahidi, F. (2014). Antimicrobial effects of *Kelussia odoratissima* extracts against food borne and food spoilage

- bacteria" in vitro. *Journal of Paramedical Sciences*, 5(2), 115-120.
- [16] Behbahani, B. A., Shahidi, F., Yazdi, F. T. & Mohebbi, M. (2013). Antifungal effect of aqueous and ethanolic mangrove plant extract on pathogenic fungus" in vitro."
- [17] Falah, F., Shirani, K., Vasiee, A., Yazdi, F. T., & Behbahani, B. A. (2021). In vitro screening of phytochemicals, antioxidant, antimicrobial, and cytotoxic activity of *Echinops setifer* extract. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 35, 102102.
- [18] Shirani, K., Falah, F., Vasiee, A., Yazdi, F. T., Behbahani, B. A., & Zanganeh, H. (2022). Effects of incorporation of *Echinops setifer* extract on quality, functionality, and viability of strains in probiotic yogurt. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(4), 2899-2907.
- [19] Tanavar, H., Barzegar, H., Alizadeh Behbahani, B., & Mehrnia, M. A. (2021). Investigation of the chemical properties of *Mentha pulegium* essential oil and its application in *Ocimum basilicum* seed mucilage edible coating for extending the quality and shelf life of veal stored in refrigerator (4°C). *Food Science & Nutrition*, 9(10), 5600-5615.
- [20] Noshad, M., Alizadeh Behbahani, B., & Nikfarjam, Z. (2022). Chemical composition, antibacterial activity and antioxidant activity of *Citrus bergamia* essential oil: Molecular docking simulations. *Food Bioscience*, 50, 102123.
- [21] Abdollahi-Kazeminezhad, N., Esmaili, M., Almasi, H., & Hamishehkar, H. (2023). Fabrication and characterization of antimicrobial hybrid electrospun polyvinylpyrrolidone/kafirin nanofibers activated by *zataria multiflora* essential oil. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(5), 4850-4863.
- [22] Afoulous, S., Ferhout, H., Raelison, E. G., Valentin, A., Moukarzel, B., Couderc, F., & Bouajila, J. (2013). Chemical composition and anticancer, antiinflammatory, antioxidant and antimalarial activities of leaves essential oil of *Cedrelopsis grevei*. *Food and chemical toxicology*, 56, 352-362.
- [23] Alizadeh Behbahani, B., Falah, F., Vasiee, A., & Tabatabaee Yazdi, F. (2021). Control of microbial growth and lipid oxidation in beef using a *Lepidium perfoliatum* seed mucilage edible coating incorporated with chicory essential oil. *Food Science & Nutrition*, 9(5), 2458-2467.
- [24] Aminifard, M. H., & Mohammadi, S. (2013). Essential oils to control *Botrytis cinerea* in vitro and in vivo on plum fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(2), 348-353.
- [25] Baiazandeh, M. M. (2006). Essential oil composition of *Nepeta menthoides* Boiss. et Bushe from Iran. *Journal of Essential oil research*, 18(2), 144-145.
- [26] Bajpai, V. K., Sharma, A., & Baek, K.-H. (2013). Antibacterial mode of action of *Cudrania tricuspidata* fruit essential oil, affecting membrane permeability and surface characteristics of food-borne pathogens. *Food control*, 32(2), 582-590.
- [27] Behbahani, B. A., Noshad, M., & Falah, F. (2019). Cumin essential oil: Phytochemical analysis, antimicrobial activity and investigation of its mechanism of action through scanning electron microscopy. *Microbial pathogenesis*, 136, 103716.
- [28] Ben Akacha, B., Švarc-Gajić, J., Elhadeif, K., Ben Saad, R., Brini, F., Mnif, W., Smaoui, S., & Ben Hsouna, A. (2022). The essential oil of tunisian halophyte *Lobularia maritima*: A natural food preservative agent of ground beef meat. *Life*, 12(10), 1571.
- [29] 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 [Original Research]. *Frontiers in Microbiology*, 14.
- [30] Sadeghi, M., Kabiri, S., Amerizadeh, A., Heshmat-Gahdarjani, K., Masoumi, G., Teimouri-Jervekani, Z., & Amirpour, A. (2022). *Anethum graveolens* L. (Dill) Effect on Human Lipid Profile: An Updated Systematic Review. *Current Problems in Cardiology*, 47(11), 101072.
- [31] Sharma, R., Salwan, R., & Sharma, V. (2024). GC-MS analysis of essential oil and exploration of *Anethum graveolens* extracts for antimicrobial and antioxidant activity. *Vegetos*.
- [32] Behbahani, B. A., Shahidi, F., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., & Mohebbi, M. (2017). Use of *Plantago major* seed mucilage as a novel edible coating incorporated with *Anethum graveolens* essential oil on shelf life extension of beef in refrigerated storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 94, 515-526.
- [33] Brinsi, C., Jedidi, S., Sammari, H., Selmi, H., & Sebai, H. (2024). Antidiarrheal, anti-

- inflammatory and antioxidant effects of *Anethum graveolens* L. fruit extract on castor oil-induced diarrhea in rats. *Neurogastroenterology & Motility*, 36(11), e14892.
- [34] Hadi, N., Drioiche, A., Bouchra, E. M., Baammi, S., Abdelaziz Shahat, A., Tagnaout, I., Radi, M., Remok, F., Bouzoubaa, A. , & Zair, T. *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, 2024. 17, DOI: 10.3390/ph17070862.
- [35] Ozliman, S., Yaldiz, G., Camlica, M. , & Ozsoy, N. (2021). Chemical components of essential oils and biological activities of the aqueous extract of *Anethum graveolens* L. grown under inorganic and organic conditions. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8, 1-16.
- [36] Sahib, A. S., Mohammed, I. H. , & Sloo, S. A. (2014). Antigiardial effect of *Anethum graveolens* aqueous extract in children. *J Intercult Ethnopharmacol*, 3(3), 109-12.
- [37] Alizadeh Behbahani, B., Tabatabaei Yazdi, F., Shahidi, F., Noorbakhsh, H., Vasiee, A. , & Alghooneh, A. (2018). Phytochemical analysis and antibacterial activities extracts of mangrove leaf against the growth of some pathogenic bacteria. *Microbial Pathogenesis*, 114, 225-232.
- [38] Yazdi, F. T., Behbahani, B. A. , & Mortazavi, A. (2014). Investigating the minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) of the *Lavandula stoechas* L. and *Rosmarinus officinalis* L. extracts on pathogen bacterias “in vitro”. *Archives of Advances in Biosciences*, 5(2).
- [39] Alizadeh Behbahani, B & , Imani Fooladi, A. A. (2018). Evaluation of phytochemical analysis and antimicrobial activities *Allium* essential oil against the growth of some microbial pathogens. *Microbial Pathogenesis*, 114, 299-303.
- [40] Kaur, G. J. , & Arora, D. S. (2009). Antibacterial and phytochemical screening of *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* and *Trachyspermum ammi*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 9(1), 30.
- [41] Jana, S. , & Shekhawat, G. S. (2010). Phytochemical analysis and antibacterial screening of in vivo and in vitro extracts of Indian medicinal herb: *Anethum graveolens*. *Research journal of medicinal Plant*, 4(4), 206-212.



Scientific Research

Evaluation of the antimicrobial activity of dill aqueous extract and its interaction with chloramphenicol antibiotic: An *in vitro* study

Behrooz Alizadeh Behbahani^{1*}, Mohammad Golbashy²

1 -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.

2-Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2025/1/15 Accepted:2025/2/23	Dill (<i>Anethum graveolens</i>) is a traditional medicinal plant widely used for the treatment of various diseases. In this study, the antibacterial potential of dill leaf aqueous extract against <i>Erwinia amylovora</i>, <i>Pseudomonas syringae</i>, <i>Xanthomonas campestris</i>, <i>Salmonella typhi</i>, <i>Staphylococcus epidermidis</i> and <i>Listeria monocytogenes</i> was evaluated. Disk diffusion agar, well diffusion agar, minimum inhibitory and bactericidal concentrations and interaction with the antibiotic chloramphenicol were used for this purpose. Increasing the extract concentration from 20 mg/ml to 110 mg/ml significantly increased the antimicrobial activity. The results of disk diffusion agar and well diffusion agar tests showed that the largest diameter of the inhibition zone was for <i>Staphylococcus epidermidis</i> (12.90 mm and 14.37 mm, respectively) and the smallest diameter of the inhibition zone was for <i>Salmonella typhi</i> (9.23 mm and 10.38 mm, respectively). The results of the interaction between dill aqueous extract and the antibiotic chloramphenicol showed that in the combined state of the extract with the antibiotic, a synergistic state was observed for all strains. The antibacterial effect shown by this plant provides a scientific basis and, therefore, confirms its traditional use as a home remedy. Isolation and purification of various phytochemicals may produce significant antibacterial agents.
Keywords: Dill; Antimicrobial; Bioactive extract; Natural preservative; Traditional medicine.	
DOI: 10.22034/FSCT.22.161.275. *Corresponding Author E- B.alizadeh@asnrukh.ac.ir	



تأثیر غنی سازی پودر شکلات داغ با پودر زرشک بر خصوصیات کیفی آن

عباس جلیل زاده^{۱*}، حسین شیردل^۲

۱-۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ماکو، دانشگاه آزاد اسلامی، ماکو، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله : تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۱	به دلیل اینکه در طی فراآوری پودر شکلات داغ، مقداری از مواد مغذی آن ازجمله پلی فنل ها، فلاونوئیدها، اسید اسکوربیک و تیامین از بین می رود، غنی سازی یک روش مؤثر برای افزایش محتوای کلی مواد مغذی شکلات داغ خواهد بود. در این پژوهش پودر زرشک به میزان ۰، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد (وزنی-وزنی) به فرمولاسیون شکلات داغ اضافه شده و میزان ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی، آنتوسیانین ها، ظرفیت آنتی اکسیدانی، میزان اسید اسکوربیک، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی محصول مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پودر زرشک تأثیر معنی داری بر روی ظاهر پودر شکلات داغ نداشت ولی با افزایش سطح پودر زرشک در فرمولاسیون پودر شکلات داغ، رطوبت به طور معناداری افزایش ولی قند کل و چربی محصول کاهش یافت. با افزایش پودر زرشک، میزان خاکستر کل افزایش و pH کاهش یافت. پودر زرشک مقدار آنتوسیانین و اسید اسکوربیک، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش داد. از دیدگاه ارزیابان حسی بالاترین امتیاز مقبولیت کلی به تیمار ۵ درصد پودر زرشک داده شد. استفاده از پودر زرشک در سطح ۵ درصد در فرمولاسیون پودر شکلات داغ می تواند سبب بهبود ویژگی های تغذیه ای آن شده و نیازمندی های مصرف کنندگان را به ترکیبات زیست فعال تأمین نماید.
کلمات کلیدی: زرشک، شکلات داغ، ترکیبات فنلی، ویتامین ث، پودر کاکائو	
DOI: 10.22034/FSCT.22.161.286.	
* مسئول مکاتبات:	

۱-مقدمه

[۵، ۶]. این میوه را می‌توان به‌صورت تازه، خشک یا به‌صورت شربت، مربا و ژله استفاده کرد. پودر آن نیز به‌عنوان ادویه یا به‌عنوان یک ماده در فرمولاسیون محصولات غذایی کاربردهای زیادی دارد [۷]. افزودن پودر زرشک به فرمولاسیون پودر شکلات داغ می‌تواند نیازمندی‌های مصرف‌کنندگان به‌خصوص کودکان و نوجوانان را برای ترکیبات زیست فعال تأمین کند. بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که تاکنون از پودر میوه زرشک برای غنی‌سازی پودر شکلات داغ استفاده نشده است. در این تحقیق پودر میوه زرشک در مقادیر ۰ (کنترل)، ۲.۵، ۵ و ۷.۵ درصد به فرمولاسیون پودر شکلات داغ اضافه شد و خواص فیزیکی، شیمیایی، میکروبی، خواص حسی و ترکیبات زیست فعال محصول موردبررسی قرار گرفت.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

پودر شکلات داغ برند ماگوش از شرکت آیناز ماکو (شامل ترکیبات: پودر کاکائو، کرمر غیر لبنی، شکر، پودر پایه شکلات، شیر خشک و پایدارکننده E410) و پودر زرشک از شرکت زارع (استان خراسان، قاین) تهیه شد؛ تمامی مواد شیمیایی و معرف‌ها با خلوص تجزیه‌ای و از شرکت مرک (آلمان) و یاسیگما آلدريج تهیه شدند.

۲-۲- روش آماده‌سازی تیمارها

ابتدا محصول شکلات داغ مطابق فرمولاسیون شرکت آیناز ماکو در واحد تحقیق و توسعه شرکت آیناز ماکو (کارخانه قهوه ماگوش) فرموله شده و پودر میوه زرشک به مقدار ۰ (نمونه کنترل)، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد به فرمولاسیون پودر شکلات داغ اضافه شد. سپس در یک مخلوط‌کن به مدت ۱۵ دقیقه، مخلوط شده و تا زمان آنالیز در پاکت‌های متالیز به‌منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت بسته‌بندی شدند.

نوشیدنی‌های شکلات داغ به‌طور سنتی در آمریکای جنوبی و مرکزی و در اروپا توسط افراد در هر سنی و بدون زمان مصرف مشخص مصرف می‌شد [۱]. ولی امروزه بازار این محصول در سراسر جهان به‌سرعت در حال گسترش است و یک نوشیدنی پرطرفدار در بین مردم به‌خصوص کودکان و نوجوانان است. این محصول معمولاً یا از مخلوط پودر کاکائو، از تکه‌های شکلات یا از شکلات بلوکی با پخش کردن آن‌ها در شیر یا در آب تهیه می‌شوند و باقیمت‌های بسیار متفاوتی به بازار عرضه می‌شوند. اگرچه طیف گسترده‌ای از طعم‌ها و فرمولاسیون‌ها در بازار موجود است، مواد اصلی آن پودر کاکائو یا شربت کاکائو، شکر و اجزای شیر است. به دلیل نامحلول بودن ذرات کاکائو و بسته به محتوای چربی، نوشیدنی‌های شکلاتی تمایل دارند با ته‌نشین شدن و خامه‌ای شدن جدا شوند. در بیشتر موارد، مصرف بلافاصله پس از آماده‌سازی توصیه می‌شود.

در طی فراوری چندمرحله‌ای تولید پودر پایه‌ی شکلات داغ که شامل تخمیر، خشک‌کردن، برشته کردن، آسیاب کردن و تصفیه کردن دانه‌های کاکائو، کانچینگ و تمپر کردن دانه‌های کاکائو، و فرمولاسیون آن است، افت مواد مغذی کاکائو قابل توجه است. به همین دلیل غنی‌سازی شکلات داغ در سال‌های اخیر موردتوجه قرار گرفته است و مواد مختلفی ازجمله توت سیاه، عصاره بادرنجبویه، پودر دارچین، پری‌بیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها جهت غنی‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است [۲، ۳، ۴، ۵، ۶].

زرشک (*Berberis vulgaris*) میوه‌ای بارنگ قرمز است که در آسیا، شمال آفریقا و اروپا می‌روید. این میوه دارای مقادیر بالایی از ترکیبات فیتوشیمیایی و زیست فعال است. از آن برای پیشگیری از بیماری‌های مختلف استفاده می‌شود و همچنین دارای خواص ارتقاء سلامت متفاوتی است. دارای خواص ضد باکتری، ضد سرطان، ضد دیابت، ضد التهاب، ضد فشارخون و کاهش‌دهنده چربی است

۲-۳- اندازه گیری ویژگی های فیزیکی،

شیمیایی، حسی و میکروبی

ویژگی های فیزیکی، شیمیایی، حسی و میکروبی شکلات داغ مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۸۸۴ (۱۳۹۹) انجام شد [۸].

۲-۴- ترکیبات فنلی کل، فلاونوئیدی و

ظرفیت آنتی اکسیدانی

اندازه گیری مقدار گل ترکیبات فنلی با روش Singleton-Rossi تعیین شد. به این ترتیب که، ۰/۲ میلی لیتر از یک نمونه با ۱ میلی لیتر معرف FolinCiocalteu که قبلاً در آب مقطر رقیق شده بود (۱:۱۰) و ۰/۸ میلی لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد (w/v) مخلوط شد. جذب پس از ۳۰ دقیقه در ۷۶۵ نانومتر بر روی اسپکتروفتومتر قرائت شد. نتایج به صورت میلی گرم اسید گالیک (GAE) بر صد گرم نمونه بیان شد [۹].

اندازه گیری محتوای فلاونوئید کل عصاره با روش اتخاذ شده از Udayaprakash و همکاران (۲۰۱۵) تعیین شد. ۵ میلی لیتر از کلرید آلومینیوم ۰/۱ مولار با ۲۰۰ میکرو لیتر عصاره مخلوط شد. مقدار جذب پس از انکوباسیون به مدت ۴۰ دقیقه در دمای اتاق در ۴۱۵ نانومتر اندازه گیری شد. محتوای کل فلاونوئید به صورت میلی گرم معادل کوئرستین در هر گرم وزن خشک (mg QE/g DW) نمونه با استفاده از منحنی استاندارد کوئرستین بیان شد [۱۰].

اندازه گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی بر اساس فعالیت ضد رادیکالی نمونه ها با استفاده از روش DPPH و طبق روش ساویز و همکاران انجام گرفت. بدین ترتیب که ۱۰۰ میکرو لیتر از نمونه ها به ۱۰ میلی لیتر محلول DPPH با غلظت (۱۰۰ میکرو مولار) در متانول اضافه گردید و به شدت تکان داده شد. بعد از ۳۰ دقیقه گرمخانه گذاری در دمای ۲۷

درجه سانتی گراد، جذب نوری نمونه ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر مقابل عصاره شاهد خوانده شد. در این آزمایش از TBHQ با غلظت 100ppm به عنوان نمونه کنترل استفاده شد. درصد مهار رادیکال آزاد DPPH با استفاده از معادله زیر محاسبه شد [۱۱]:

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

۲-۵- ویتامین C (اسید اسکوربیک) و

آنتوسیانین

برای اندازه گیری ویتامین C از روش تیتراسیون با استفاده از ۶ و ۲ دی کلروفل-ایندوفنل انجام شد [۱۲]. میزان ترکیبات آنتوسیانینی تام عصاره با اسپکتروفتومتر و با روش اختلاف دو pH اندازه گیری شد [۱۳]. دو سیستم بافر، بافر پتاسیم کلرید (۰/۲۵ مولار) با pH=۱ و بافر سدیم استات (۰/۴ مولار) با pH=۴.۵ استفاده شد. به طور خلاصه در این روش، ۴۰۰ میکرو لیتر از محلول عصاره با ۳.۶ میلی لیتر از هر یک از بافرها به طور جداگانه مخلوط شد و هر یک در دو طول موج ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر خوانده شد. نتایج برحسب میلی گرم در لیتر معادل سیانیدین-۳-گلیکوزید در عصاره بر اساس فرمول زیر بیان گردید:

غلظت رنگدانه آنتوسیانین مونومری در عصاره برحسب میلی گرم بر لیتر برابر است با

$$\frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times 1}$$

در فرمول بالا DF، MW، ϵ و A به ترتیب فاکتور رقت نمونه ها، وزن مولکولی سیانیدین، ضریب مولی، سیانیدین و مقدار جذب را نشان می دهد. مقدار جذب به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$A = (A_{510} - A_{700})_{pH1} - (A_{510} - A_{700})_{pH4.5}$$

A_{700} و A_{510} به ترتیب بیانگر جذب در طول موج ۵۱۰ نانومتر و ۷۰۰ نانومتر است.

شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و کپک و مخمر

برای شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها از استاندارد ملی ایران به شماره ۵۲۷۲-۱ و برای شمارش کپک و مخمر از استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۸۹۹-۳ استفاده شد [۱۵].

۲-۶ ویژگی‌های میکروبیولوژی

آماده‌سازی نمونه‌ها

برای آماده‌سازی نمونه‌ها از استاندارد ملی ایران به شماره ۸۹۲۳-۴ استفاده شد به این ترتیب که با استفاده از روش‌های اسپتیک، فرآورده پودری را به طور کامل در ظرف اولیه با استفاده از کاردک یا قاشق سترون مخلوط کرده و سپس وزن شدند. برای کاهش شوک اسمزی به میکروفلور فرآورده، به حجمی از رقیق‌کننده (آب پیتونه بافری) که از قبل در ظروف سترون توزیع شده بود، با دقت اضافه گردید [۱۴].

۳- نتایج

۳-۱- تأثیر زرشک بر خواص ظاهری، رطوبت، خاکستر، قند، چربی و pH پودر شکلات داغ

تأثیر افزودن پودر زرشک بر خصوصیات پودر شکلات داغ در جدول ۱ آورده شده است.

Table 1 Effect of Barberry powder on the physicochemical properties of hot chocolate powder

Treatment	Appearance	pH	Moisture	Ash	Fat	Total sugar
control	Acceptable	7.55 ± 0.01 ^d	1.6 ± 0.3 ^a	2.2 ± 0.03 ^a	7.1 ± 0.2 ^b	58.1 ± 0.1 ^c
2.5%	Acceptable	6.95 ± 0.02 ^c	1.75 ± 0.2 ^{ab}	2.32 ± 0.06 ^b	6.9 ± 0.3 ^b	55.7 ± 0.8 ^c
5%	Acceptable	6.66 ± 0.01 ^b	1.83 ± 0.3 ^b	2.56 ± 0.02 ^c	6.8 ± 0.2 ^b	56.1 ± 0.7 ^b
7.5%	Not Acceptable	6.27 ± 0.03 ^a	1.96 ± 0.3 ^b	2.9 ± 0.1 ^d	6.5 ± 0.1 ^a	54.5 ± 1.2 ^a

Different letter between columns indicates significant statistical difference at level 5%

یافته‌ها نشان داد، پودر میوه زرشک تا سطح ۵ درصد تأثیر معنی‌داری بر روی ظاهر پودر شکلات داغ نداشت ($p > 0.05$) و تمامی تیمارها از لحاظ خواص ظاهری به‌غیر از نمونه ۷/۵ درصد مطابق با استاندارد بودند و هیچ‌گونه مواد خارجی در نمونه‌ها مشاهده نشد. همچنین با افزایش سطح پودر میوه زرشک در فرمولاسیون پودر شکلات داغ، رطوبت به‌طور معناداری افزایش یافت. کمترین مقدار رطوبت ($1/6 \pm 0/1$) مربوط به نمونه کنترل و بیشترین مقدار رطوبت ($1/96 \pm 0/3$) مربوط به نمونه ۷/۵ درصد زرشک مشاهده شد. همچنین یافته‌ها نشان داد که با افزایش سطح پودر میوه زرشک در فرمولاسیون شکلات داغ، قند کل و چربی به‌طور معناداری کاهش یافت.

همچنین با توجه به داده‌های جدول ۱ مشاهده شد که با افزایش سطح پودر میوه زرشک، میزان خاکستر کل

یافته‌های این پژوهش تا حدود زیادی با یافته‌های Матюшев و همکاران (۲۰۱۶) که پودر زرشک را در مقادیر ۱، ۳، ۵ و ۷ درصد به فرمولاسیون تافی و در مقادیر ۳، ۷، ۱۱ و ۱۵ درصد به فرمولاسیون کیک اضافه کردند مطابقت دارد [۱۸].

۲-۳- تأثیر زرشک بر میزان آنتوسیانین، اسید اسکوریک، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و ظرفیت آنتی اکسیدانی پودر شکلات داغ

نتایج تأثیر پودر میوه زرشک بر میزان آنتوسیانین، اسید اسکوریک، ترکیبات فنلی کل، فلاونوئیدی و ظرفیت آنتی اکسیدانی در جدول ۲ آورده شده است.

و خاکستر محلول در اسید افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه میوه زرشک غنی از مواد معدنی نظیر فسفر، منگنز، سدیم، پتاسیم، آهن و روی است، خاکستر کل و خاکستر محلول در اسید محصول نیز بالاتر خواهد بود.

نتایج نشان داد که با افزایش سطح پودر زرشک، مقدار pH کاهش یافت. بیشترین مقدار مربوط به نمونه کنترل و کمترین مقدار pH مربوط به تیمار ۷/۵ درصد پودر زرشک مشاهده شد. pH میوه زرشک بسته به واریته آن ۳/۹۱-۲/۴۹ متغیر بوده و پایین بودن pH ناشی از ترکیباتی نظیر اسیدهای کلروژنیک، اسید اسکوریک و اسیدسیتریک می‌باشد؛ پایین بودن pH محصول فرموله شده منطقی به نظر می‌رسد [۱۷].

Table 2 Effect of barberry powder on bioactive compounds of hot chocolate

Treatment	control	2.5%	5%	7.5%
Anthocyanin (mg/kg of product)	9.5 ± 0.7 ^a	30.75 ± 0.4 ^b	52 ± 0.8 ^c	69.5 ± 1.1 ^d
Ascorbic acid (mg/kg of product)	0.2 ± 0.03 ^a	0.7 ± 0.01 ^b	1.5 ± 0.05 ^c	2.7 ± 0.06 ^d
TPC (mg of GA acid / kg)	28100 ± 12 ^a	28250 ± 11 ^b	28425 ± 13 ^c	28570 ± 18 ^d
Flavonoid compounds (mg quercetin/kg)	16830 ± 14 ^a	17970 ± 15 ^b	18480 ± 12 ^c	19710 ± 25 ^d
Antioxidant capacity (%DPPH)	42 ^a	54 ^b	69 ^c	78 ^d

Different letter within rows indicates significant statistical difference at level 5%

بسیاری از مردم، به‌ویژه توسط کودکان مصرف می‌شود. پودر شکلات داغ غنی شده با پودر زرشک می‌تواند به‌عنوان منبع خوبی از اجزای زیست فعال باشد، زیرا زرشک منبع غنی از اجزای زیست فعال مانند آنتوسیانین است [۱۹].

یافته‌های این پژوهش نشان داد که افزودن پودر زرشک تأثیر معنی‌داری بر میزان آنتوسیانین و اسید اسکوریک (ویتامین C) پودر شکلات داغ دارد. کمترین میزان آنتوسیانین مربوط به نمونه کنترل (۹.۵ ± ۰.۷) و بیشترین مقدار آن مربوط به نمونه ۷.۵ درصد پودر زرشک بود که معادل ۶۹/۵ ± ۱/۱ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم پودر شکلات داغ ارزیابی شد. نتایج همچنین نشان داد که پودر زرشک تأثیر فراوانی بر میزان ویتامین C شکلات داغ دارد

آنتوسیانین‌ها دارای خواص تقویت‌کننده سلامتی متعددی هستند. آن‌ها می‌توانند کلسترول کل و لیپوپروتئین‌های با دانسیته پایین را که از عوامل خطر مهم در بیماری‌های قلبی عروقی هستند، کاهش دهند. این ترکیبات در پیشگیری و کاهش خطر ابتلا به دیابت نیز مؤثر هستند. آنتوسیانین‌ها دارای فعالیت مهارکنندگی در برابر رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از اکسیداسیون هستند. با این ویژگی‌های مثبت، توصیه می‌شود محصولات غذایی را با این ترکیبات غنی‌سازی کنند. شکلات‌داغ‌ها مقدار کمی از اجزای فعال زیستی مانند آنتوسیانین دارند. اما آن‌ها محصولات غذایی موردعلاقه‌ای هستند که اغلب توسط

به طوری که با افزودن ۷/۵ درصد پودر زرشک میزان ویتامین C پودر شکلات داغ از ۰/۲ میلی گرم به ۲/۷ میلی گرم در هر کیلوگرم محصول افزایش یافت. این نتایج با یافته های بک محمدپور و همکاران (۲۰۲۱)، که پودر زرشک را در مقادیر ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد به فرمولاسیون پفک اضافه کردند مطابقت دارد (۷). نتایج مشابهی توسط جابری و همکاران (۲۰۱۹) و صراف و همکاران (۲۰۱۹) گزارش شده است [۱۶، ۱۷].

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که پودر زرشک تأثیر معنی داری بر میزان ترکیبات فنلی پودر شکلات داغ غنی شده دارد. بیشترین مقدار ترکیبات فنلی کل مربوط به نمونه ۷/۵ درصد پودر زرشک (18 ± 28570) و کمترین مقدار مربوط به نمونه کنترل (12 ± 28100) میلی گرم بر کیلوگرم پودر بود. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش درصد پودر زرشک میزان ترکیبات فلاونوئیدی افزایش می یابد. نتایج این پژوهش با گزارش پولیسکی و همکاران

(۲۰۲۲) که شکلات تلخ را با سنجید غنی سازی کردند همخوانی دارد [۲۰].

یافته های این پژوهش نشان داد که پودر شکلات داغ به عنوان نمونه کنترل به علت دارا بودن مقدار قابل توجهی پودر کاکائو در فرمولاسیون خود، دارای فعالیت آنتی اکسیدانی قابل توجهی ($0.2 \pm 42/32$) بود که با افزودن درصدهای مختلف زرشک به طور معنی داری ($P < 0.05$) فعالیت آنتی اکسیدانی آن افزایش یافت. بیشترین فعالیت بازدارندگی شکلات داغ برای تیمار حاوی ۷.۵ درصد پودر زرشک (1.00 ± 78 درصد) مشاهده شد.

۳-۳- تأثیر پودر میوهی زرشک بر میزان شمارش کلی میکروبی و کپک و مخمر

تأثیر پودر زرشک بر میزان بار میکروبی کل پودر شکلات داغ در جدول ۳ آمده است. مقادیر بار میکروبی تیمارهای مختلف برحسب (انحراف معیار $\pm$ میانگین) در جدول نمایش داده شده است.

Table 3 Effect of barberry powder on the total microbial count of the product

Treatment	Microbial load (logcfu/g)
Control	2.47 ± 0.01^a
2.5%	2.48 ± 0.05^a
5%	2.45 ± 0.03^a
7.5%	2.51 ± 0.07^a

مطابق با جدول فوق بار میکروبی بین تیمارهای مختلف آزمایش در سطح خطای ۵٪ معنی دار نیست. بار میکروبی تمامی نمونه ها در حد استاندارد و قابل قبول بود و پودر زرشک تأثیری بر میزان شمارش کل میکروبی محصول نداشت. که بک محمدپور و همکاران (۱۴۰۰) پودر زرشک را به فرمولاسیون پفک اضافه نمودند نیز افزودن پودر زرشک تأثیری در شمارش کلی بار میکروبی محصول نداشت که با یافته های پژوهش حاضر همخوانی دارد [۷].

مقایسه نتایج آزمایش نشان داد با افزایش درصد پودر زرشک در هیچ یک از تیمارها کپک و مخمر مشاهده نگردید. با توجه به اینکه پودر شکلات داغ و تیمارهای مختلف رطوبت پایینی دارند بنابراین عدم مشاهده کپک و مخمر در نمونه ها دور از انتظار نیست.

۳-۴- تأثیر پودر میوه‌ی زرشک بر خواص حسی محصول

یکی از ویژگی‌های محصولات غذایی ویژگی‌های حسی آنها است که در انتخاب محصولات غذایی و مصرف آنها تأثیر به سزایی دارد و در تولید محصولات جدید باید به آن توجه ویژه شود. با توجه به اسیدی و همچنین داشتن پس زرشک بودند.

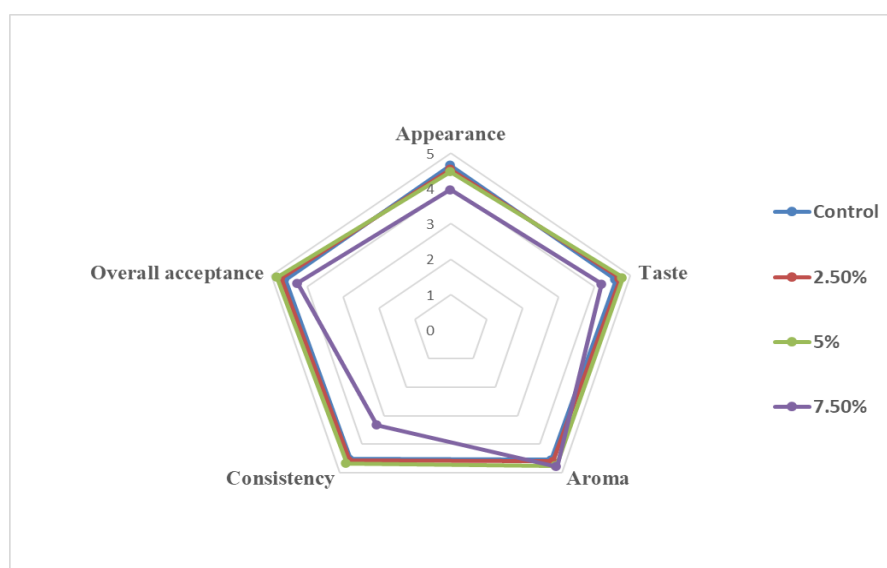


Fig. 2 The effect of barberry powder on the sensory properties of hot chocolate powder

پودر زرشک و کمترین میزان آن به تیمار ۷.۵ درصد اختصاص یافت.

نتایج نشان داد که، امتیاز عطر و بوی تیمارهای مختلف آزمایش در سطح خطای ۵٪ معنی‌دار بوده است. پودر زرشک به دلیل عطر و بوی خاص امتیاز پانل حسی را تحت تأثیر قرارداد. همچنین نتایج نشان داد که، بافت یا قوام تیمارهای مختلف آزمایش از دیدگاه ارزیابان حسی معنی‌دار هست. بالاترین امتیاز ارزیابی بافت به تیمارهای ۰، ۲.۵ و ۵ درصد کمترین میزان آن به تیمار ۷.۵٪ داده شده است. مقایسه نتایج آزمایش نشان داد با افزایش درصد پودر زرشک، میزان مقبولیت بافت تا سطح ۵ درصد افزایش یافت ولی افزودن ۷.۵ درصد پودر زرشک به دلیل غلظت

یافته‌های این پژوهش نشان داد که، میزان مقبولیت رنگ تیمارهای مختلف آزمایش در سطح خطای ۵٪ معنی‌دار است. بالاترین امتیاز رنگ به تیمارهای ۰، ۲.۵ و ۵٪ و کمترین میزان آن به تیمارهای ۷.۵٪ پودر زرشک داده شده است. مقایسه نتایج آزمایش نشان داد افزایش درصد پودر زرشک تا سطح ۵٪، تأثیری در امتیاز رنگ تیمارهای مختلف نداشته است ولی افزودن ۷.۵ درصد پودر زرشک امتیاز رنگ را کاهش داد که این امر به دلیل رنگ تیره‌تر پودر زرشک هست.

همچنین آنالیز واریانس نشان داد که، تفاوت امتیاز طعم و مزه تیمارهای مختلف آزمایش در سطح خطای ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. بالاترین امتیاز طعم و مزه به تیمار ۵٪

که پودر میوهی زرشک تا سطح ۵ درصد تأثیر معنی داری بر روی ظاهر پودر شکلات داغ نداشت و تمامی تیمارها از لحاظ خواص ظاهری به غیر از نمونه ۷/۵ درصد مطابق با استاندارد بودند و هیچ گونه مواد خارجی در نمونه ها مشاهده نشد. با افزایش سطح پودر میوهی زرشک در فرمولاسیون پودر شکلات داغ، رطوبت به طور معناداری افزایش ولی قند کل و چربی محصول کاهش یافت. همچنین میزان خاکستر کل و خاکستر محلول در اسید افزایش و pH کاهش یافت. همچنین افزودن پودر زرشک میزان آنتوسیانین و اسید اسکوربیک (ویتامین C)، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی اکسیدانی پودر شکلات داغ را افزایش داد. از طرفی بار میکروبی تمامی نمونه ها در حد استاندارد و قابل قبول بود و پودر زرشک تأثیری بر میزان شمارش کل میکروبی محصول نداشت. بالاترین امتیاز مقبولیت کلی از دیدگاه ارزیابان حسی به تیمار ۵ درصد پودر زرشک و کمترین میزان آن به تیمار ۷/۵ درصد داده شد.

با توجه به اینکه شکلات داغ یک محصول پرمصرف بوده و مصرف آن روزبه روز در حال گسترش است و در حین فراوری و فرمولاسیون آن بخش عمده ای از ترکیبات زیست فعال کاکائو از بین می رود و از طرفی وجود ترکیبات زیست فعال فراسودمند در پودر زرشک استفاده از این ماده اولیه در فرمولاسیون شکلات داغ می تواند بخشی از نیازمندی مصرف کنندگان به این ترکیبات را مرتفع نماید. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از این ماده ارزشمند تا سطح ۵ درصد می تواند در فرمولاسیون پودر شکلات داغ استفاده شود.

بالای محصول تأثیر منفی بر قوام محصول داشت. یافته های این پژوهش نشان داد که امتیاز مقبولیت کلی تیمارهای مختلف آزمایش در سطح خطای ۵٪ معنی دار می باشد. بالاترین امتیاز مقبولیت کلی به تیمار ۵ درصد و کمترین میزان آن به تیمار ۷/۵ درصد داده شد.

۴- نتیجه گیری کلی

میوه زرشک دارای مقادیر بالایی از ترکیبات فیتوشیمیایی و زیست فعال است و دارای خواص ضد باکتری، ضد سرطان، ضد دیابت، ضد التهابی، ضد فشارخون و کاهش دهنده چربی است. این میوه را می توان به صورت تازه، خشک یا به صورت شربت، مربا و ژله استفاده کرد. پودر آن همچنین به عنوان ادویه یا به عنوان یک ماده در فرمولاسیون محصولات غذایی کاربردهای زیادی دارد [۷]. افزودن پودر میوهی زرشک می تواند خواص تغذیه ای محصول را تقویت نموده و محصولی فراسودمند عرضه نماید. همچنین میوهی زرشک منبع خوبی برای کاروتنوئیدها، فلاونوئیدها، ترکیبات فنلی، آنتوسیانین و برخی آلکالوئیدها است. مقدار آنتوسیانین، ترکیبات فنلی، ترکیبات فلاونوئیدی و اسید اسکوربیک میوه زرشک بسته به واریته های آن و محل کشت به ترتیب از ۰.۱۷ تا ۰.۹۳، ۲.۱۸ تا ۷.۸؛ ۱.۵۸ تا ۳.۹۵ و ۱۰۷ تا ۱۳۶ میلی گرم به ازای هر گرم میوه متغیر است. همچنین وجود ترکیبات تانن در میوه باعث ایجاد طعم قابض و تلخ در میوه ها می شود [۱۷].

به همین دلیل پودر میوه فراسودمند زرشک در مقادیر صفر (نمونه کنترل)، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد به فرمولاسیون پودر شکلات داغ اضافه شده و خواص ظاهری، فیزیکی و شیمیایی، خواص حسی، میکروبی و ترکیبات زیست فعال آن مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد

۶- منابع

[1] Beckett ST. Chocolate flow properties. Industrial chocolate manufacture and use. 2009; 10:224-45.

[2] Gültekin-Özguven M, Berktaş I, Özçelik B. Influence of processing conditions on procyanidin profiles and antioxidant

- capacity of chocolates: Optimization of dark chocolate manufacturing by response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology*. 2016 Mar 1; 66:252-9.
- [3] Sik B, Lakatos EH, Kapcsándi V, Székelyhidi R, Ajtony Z. Exploring the rosmarinic acid profile of dark chocolate fortified with freeze-dried lemon balm extract using conventional and non-conventional extraction techniques. *Lwt*. 2021 Jul 1; 147:111520.
- [4] Albak F, Tekin AR. Effect of cinnamon powder addition during conching on the flavor of dark chocolate mass. *Journal of Food Science and Technology*. 2015 Apr; 52:1960-70.
- [5] Norhayati H, Rasma Suzielawanis I, Mohd Khan A. Effect of storage conditions on quality of prebiotic dark chocolate. *Malaysian Journal of Nutrition*. 2013 Jan 1;19(1).
- [6] Kobus-Cisowska J, Szymanowska D, Maciejewska P, Szczepaniak O, Kmiecik D, Gramza-Michałowska A, Kulczyński B, Cielecka-Piontek J. Enriching novel dark chocolate with *Bacillus coagulans* as a way to provide beneficial nutrients. *Food & function*. 2019;10(2):997-1006.
- [7] Bakmohamadpor M, Javadi A, Azadmard-Damirchi S, Jafarizadeh-Malmiri H. Effect of barberry (*Berberis vulgaris*) fruit powder on the quality and shelf-life stability of puffed corn extrude. *NFS Journal*. 2021 Mar 1; 22:9-13.
- [8] Iranian National Standard No. 16884. First revision. Hot chocolate powder – characteristics and test methods (2010).
- [9] Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*. 1965 Jan 1;16(3):144-58.
- [10] Udayaprakash NK, Ranjithkumar M, Deepa S, Sripriya N, Al-Arfaj AA, Bhuvaneswari S. Antioxidant, free radical scavenging and GC–MS composition of *Cinnamomum iners* Reinw. ex-Blume. *Industrial Crops and Products*. 2015 Jul 1; 69:175-9.
- [11] Saviz A, Esmaeilzadeh Kenari R, Khalilzadeh Kelagar MA. Investigation of cultivate zone and ultrasound on antioxidant activity of Fenugreek leaf extract. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*. 2015;4(11S):174-81.
- [12] Najwa FR, Azrina A. Comparison of vitamin C content in citrus fruits by titration and high-performance liquid chromatography (HPLC) methods. *International Food Research Journal*. 2017 Mar 1;24(2):726.
- [13] S. Berenji Ardestani, M.A. Sahari, M. Barzegar, Effect of extraction and processing conditions on anthocyanins of barberry, *J. Food Process. Preserv.* 40 (2016).
- [14] Iranian National Standard No. 4-8923. Second revision. (2018). Microbiology of food and animal feed. Preparation of test samples, initial suspensions and decimal dilutions for microbiological testing. Part 4: Special provisions for the preparation of miscellaneous products.
- [15] Iranian National Standard No. 4-8923. Second revision. (2018). Microbiology of food and animal feed. Preparation of test samples, initial suspensions and decimal dilutions for microbiological testing. Part 4: Special provisions for the preparation of miscellaneous products.
- [16] Jaber R, Kaban G, Kaya M. The effect of barberry (*Berberis vulgaris* L.) extract on the physicochemical properties, sensory characteristics, and volatile compounds of chicken frankfurters. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020 Jul;44(7):e14501.
- [17] Sarraf M, Beig Babaei A, Naji-Tabasi S. Investigating functional properties of barberry species: an overview. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019 Sep;99(12):5255-69.
- [18] Матюшев ВВ, Типсина НН, Селиванов НИ, Чепелев НИ. Разработка рецептур производства кондитерских изделий с использованием ягод барбариса. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2016(1 (135)):157-61.
- [19] Yousuf B, Gul K, Wani AA, Singh P. Health benefits of anthocyanins and their encapsulation for potential use in food systems: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2016 Oct 2;56(13):2223-30.

- [20] Poliński S, Kowalska S, Topka P, Szydłowska-Czerniak A. Physicochemical, antioxidant, microstructural properties and bioaccessibility of dark chocolate with plant extracts. *Molecules*. 2021 Sep 11;26(18):5523.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The effect of barberry powder fortification on the quality characteristics of hot chocolate powder

Abbas Jalilzadeh^{1*}, Hossein Shirdel²

1,2-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, MAKU Branch, Islamic Azad University, MAKU, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2025/1/18 Accepted:2025/3/11 Keywords: Barberry, hot chocolate, phenolic compounds, vitamin C, cocoa powder DOI: 10.22034/FSCT.22.161.286. *Corresponding Author E-	Since some of the nutrients, including polyphenols, flavonoids, ascorbic acid, and thiamine, are lost during the processing of hot chocolate powder, fortification is an effective method to increase the overall nutrient content of hot chocolate powder. In this study, the effects of barberry powder incorporation at 0, 2.5, 5, and 7.5% (w/w) on phenolic compounds, flavonoids, and anthocyanins, antioxidant capacity, ascorbic acid content, and physical, chemical, microbial, and sensory properties of the hot chocolate powder were evaluated. The results showed that barberry powder had no significant effect on the appearance of hot chocolate powder, but with increasing barberry powder level in the hot chocolate powder formulation, moisture content increased but total sugar and the fat content of the product decreased ($p < 0.05$). With increasing barberry powder ratio, total ash content increased and pH decreased. Barberry powder increased the content of anthocyanins and ascorbic acid, phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant activity. Based on the sensory evaluators' perspective, the highest overall acceptability score was given to the 5% added barberry powder treatment. Using barberry powder at a level of 5% in the formulation of hot chocolate powder can improve its nutritional properties and meet consumers' needs for bioactive compounds.



بررسی ویژگی‌های بیوشیمیایی و خاصیت ضدقارچی عصاره پوست انار با استفاده از حلال‌های

مختلف

الهام آذرپژوه^۱، شهین زمردی^{۲*}، پروین شرایعی^۱

۱-دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۲-دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت:

تاریخ پذیرش:

کلمات کلیدی:

استخراج،

پوست انار،

حلال،

ترکیبات موثره،

ضد قارچی.

به منظور بررسی ویژگی‌های بیوشیمیایی ترکیبات عصاره پوست انار، آزمایشی در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل نوع حلال (آب، متانول ۷۰ درصد و اتانول ۷۰ درصد) و زمان استخراج (۱، ۱۲ و ۲۴ ساعت) بود. نتایج نشان داد که قدرت احیاکنندگی آهن و فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد در عصاره‌های استخراج شده با متانول ۷۰ درصد بالاتر از سایر حلال‌ها بود. همچنین با افزایش زمان استخراج در تمام حلال‌های مورد استفاده، مقدار ترکیبات پلی‌فنلی، قدرت احیاکنندگی (FRAP) و قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد (DPPH) به طور معنی‌داری افزایش یافت که افزایش مقدار ترکیبات پلی‌فنلی و FRAP در استفاده از حلال آب بیشترین مقدار اما در حلال متانول کمترین مقدار بود. اما افزایش DPPH در استفاده از حلال اتانول بیشترین مقدار و در حلال متانول کمترین مقدار بود. نتایج حاصل از بررسی اثرات ضد قارچی عصاره متانولی پوست انار نشان داد که عصاره متانولی پوست انار با غلظت ۰/۳ درصد، دارای خاصیت ضدقارچی تقریباً معادل با سوربات پتاسیم با غلظت ۰/۱ درصد بود، به طوری که میانگین قطر هاله عدم رشد کپک *آسپریلیوس نایجر* تحت تاثیر عصاره پوست انار ۱۷/۷ میلی‌متر و تحت تاثیر سوربات پتاسیم ۱۸/۳ میلی‌متر بود. لذا عصاره پوست انار می‌تواند به عنوان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و نگهدارنده طبیعی، جایگزین مناسبی برای نگهدارنده‌های شیمیایی مانند سوربات پتاسیم در محصولات غذایی استفاده شود.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.297.

* مسئول مکاتبات:

s.zomorodi@areeo.ac.ir

۱- مقدمه

امروزه محدوده وسیعی از افزودنی‌ها با اهداف گوناگون در تهیه فرآورده‌های غذایی مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. اهمیت این افزودنی‌ها به حدی است که بدون بهره‌گیری از آنها، تولید و مصرف بسیاری از فرآورده‌های غذایی تقریباً غیرممکن می‌شود. یکی از مهمترین افزودنی‌های غذایی، ترکیبات ضد اکسایشی و ضد میکروبی سنتزی است که نقش مهمی در طولانی شدن عمر نگهداری مواد غذایی و کاهش ضایعات دارد. صدها ترکیب افزودنی سنتزی از سوی سازمان‌های مسئول، به عنوان ترکیبات مجاز و قابل استفاده در مواد خوراکی معرفی شده‌اند؛ اما کاربرد آنها در مواد غذایی بدلیل ایمن نبودن محدود می‌باشد. افزودنی‌های طبیعی از بافت‌های مختلف گیاهی و حیوانی استخراج می‌شوند که میزان ترکیبات فعال آنها بسته به نوع منبع متفاوت است. در دنیای امروز توجه ویژه‌ای به استفاده بهینه از ضایعات گیاهی و استخراج ترکیبات زیست فعال (مانند ترکیبات ضد اکسایشی و ضد میکروبی) شده است. عصاره پوست انار منبعی سرشار و غنی از ترکیبات پلی‌فنلی، تانن‌ها، آنتوسیانین‌ها و ترکیبات فلاونوئیدی است. بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از این منبع ضایعاتی برای تولید ترکیبات زیست فعال، علاوه بر کاهش ضایعات محصولات کشاورزی موجب ایجاد ارزش افزوده و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی نیز خواهد شد [۱، ۲].

در ایران سالیانه، میلیون‌ها دلار ارز جهت واردات موادی همچون انواع اسانس، عصاره و رنگ از کشور خارج می‌شود که این روند هر ساله سیر صعودی دارد. ضایعات و پسماندهای مزارع در دیگر کشورها منبع اصلی تامین موارد مذکور برای صادرات به ایران و کشورهای مشابه می‌باشد. این در حالی است که حجم ضایعات کشاورزی در مزارع و کارخانجات صنایع غذایی کشور قابل تأمل است. این مسئله زمانی اهمیت خود را نشان می‌دهد که بدانیم در کشورهای پیشرفته با جمع‌آوری و فرآوری پسماند از مواد ارزان قیمت

آنها را به محصولات با ارزش افزوده بالاتر تبدیل می‌کنند. پسماندهای کارخانجات تولید آب میوه یکی از مهمترین منابع تولید افزودنی‌های غذایی، آنتی‌اکسیدان‌ها و ترکیبات ضد میکروبی سنتزی می‌باشند که نقش مهمی در طولانی شدن عمر نگهداری مواد غذایی و کاهش ضایعات دارند. استخراج ترکیبات موثر از پسماندها با حداکثر کارایی دارای اهمیت ویژه‌ای است. روش استخراج عصاره‌های گیاهی، از جمله عواملی است که می‌تواند خواص ترکیبات موثر عصاره‌ها را تحت تاثیر قرار دهد [۳-۵].

انار با نام علمی *پونیکاگرانانا/توم*^۱ از خانواده پونیکاسه^۲، به طور گسترده در بسیاری از کشورهای گرمسیری و نیمه گرمسیری کشت می‌شود [۳، ۶]. ایران مرکز تنوع ارقام و یکی از بزرگترین تولیدکنندگان و صادرکنندگان انار در جهان است. براساس آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت باغات انار در سال ۱۴۰۲ حدود ۹۷ هزار هکتار (۹۲ هزار هکتار بارور و مابقی غیربارور) و تعداد درختان پراکنده انار حدود ۵۶ هزار می‌باشد. متوسط عملکرد هر هکتار باغ انار در همان سال ۹ تن گزارش شده است. یکی از منابع با ارزش برای تولید افزودنی‌های طبیعی پوست انار می‌باشد. پوست انار یکی از مهمترین محصولات جانبی کارخانه‌های فرآوری میوه انار (عمدتاً کارخانه‌های آب انارگیری) است. حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد وزن میوه انار را پوست آن تشکیل می‌دهد [۷]. با توجه به افزایش میزان تولید میوه انار، به دلیل افزایش آگاهی مصرف کننده از خواص بالقوه و سلامتی بخش آن، لزوم استفاده صنعتی و بهینه از چنین حجم وسیعی از ضایعات ضروری به نظر می‌رسد. ترکیبات تشکیل دهنده پوست انار در جدول ۱ نشان داده شده است [۸]. میوه انار شامل فلاونوئیدهای متنوعی است که حدود ۰/۲ تا ۱ درصد وزن میوه را به خود اختصاص می‌دهند. پوست انار حاوی بیشترین میزان ترکیبات فنلی در مقایسه با سایر بخش‌های ساختمانی میوه است و حدود ۳۰

درصد کل این ترکیبات، مخصوصاً آنتوسیانیدین‌ها^۳ (دلفینیدین^۴، سیانیدین، پلارگونیدین^۵ و پلارگونیدین^۶ و ۵ دی‌گلوکوزید) بسته به نوع و مرحله رشد میوه، در پوست میوه تجمع یافته و سبب تغییر رنگ پوست می‌شوند [۹].

Table 1. Approximate composition of [۸] pomegranate peel

Compositions	Amount
Moisture (% of dry matter)	69.93
Ash (%)	5.49
crude fiber (%)	3.95
Lignin (%)	4.29
Total phenols (mg/g)	40.53
Vitamin A (µg/g)	14.06
Sodium (mg/kg)	763.66
Calcium (mg/kg)	645.70
Magnesium (mg/kg)	1644.70
Phosphorus (mg/kg)	33.96
Iron (µg/g)	22.6
Copper (µg/g)	6.20
Zinc (µg/g)	8.03
Selenium (µg/g)	ND

ND: not detect

به طور کلی، ترکیبات فنلی پوست انار متنوع بوده و دارای ترکیبات فنلی با وزن مولکولی کم و یا متوسط مانند آنتوسیانین‌ها، گالوتانین‌ها^۷، اسید هیدروکسی سینامیک، اسید هیدروبنزوئیک^۸ و یا ترکیبات فنلی با جرم مولکولی بالا همانند الایثانین^۹، استرهای گالاژیل^{۱۰} و پروآنتوسیانیدین‌ها می‌باشد. ترکیبات فنلی، به دلیل ساختار شیمیایی خاص خود، دارای خصوصیات ضد اکسایشی و ضد میکروبی هستند [۱۰]. هر چند ترکیبات فنلی پوست انار، بیشتر از دیدگاه بروز فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورد توجه قرار گرفته‌اند اما، این ترکیبات دارای فعالیت‌های بیولوژیکی مهم در موجودات می‌باشند و آثار سودمندی در مبارزه با بیماری‌های مرتبط با تولید رادیکال اکسیژن با غلظت‌های بیش از ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن انسان و اثرات ضد میکروبی نیز نشان

داده‌اند [۱۱]. پوست انار محصولات جانبی فرآوری آب انار هستند. امروزه، پوست انار و عصاره‌های آن در چندین محصول مختلف مانند ماهی [۱۲]، نان [۱۳]، آبمیوه [۱۴]، پودر ماست [۱۵] و غیره مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. این علاقه فزاینده به مصرف پوست انار به دلیل خواص مختلف پوست، به ویژه خواص آنتی‌اکسیدانی آن است. در واقع، اکنون به خوبی اثبات شده است که عصاره پوست انار دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی می‌باشد [۱۶]. محتوای کل ترکیبات فنلی عصاره پوست تقریباً ۱۰ برابر بیشتر از عصاره پالپ گزارش شده است [۱۷]. مطالعات نشان داده است که فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست انار با محتوای فنلی آن‌ها مرتبط است. پلی‌فنل‌ها فراوان‌ترین و گسترده‌ترین گروه‌های متابولیت‌های گیاهی هستند و بخش جدایی‌ناپذیری از رژیم غذایی انسان و حیوان محسوب می‌شوند. فناوری استخراج یک عنصر کلیدی برای توسعه پایدار صنایع غذایی-کشاورزی است [۱۸]. پلی‌فنل‌ها به‌طور سنتی از مواد گیاهی توسط حلال‌های آلی استخراج می‌شوند. با این حال، بهینه‌سازی روش استخراج قبل از هر مطالعه کیفی و کمی، دقت نتایج را تضمین خواهد کرد. در میان متغیرهای استخراج، نسبت حلال به نمونه، نوع حلال، زمان و دمای استخراج، برای اطمینان از کارایی استخراج، آن اهمیت زیادی دارد [۱۹]. انتخاب حلال یک گام مهم برای به دست آوردن عصاره‌هایی با بازده قابل قبول و فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی است [۲۰].

هدف مطالعه حاضر استخراج ترکیبات موثره از پوست انار با استفاده از حلال‌ها و زمان‌های مختلف است تا بتوان بهترین حلال را از نظر بازده استخراج، مقدار ترکیبات فنلی، اندازه‌گیری قدرت احیاکنندگی آهن و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی بدست آورد. همچنین اثرات ضدقارچی

7- Hydroxybenzoic Acids

8 -Ellagitannins

9 -Gallagyl Esters

3- Anthocyanidins

4 -Cyanidin

5 -Pelargonidin 3-Glucosides

6 -Gallotannins

دمای ۴۰ درجه سلسیوس، مقدار جذب آن در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت گردید.

برای رسم منحنی استاندارد محلول‌هایی با غلظت ۱۰۰ تا ۹۵۰ پی‌پی‌ام از اسید گالیک تهیه و همانند روش تهیه نمونه، جذب محلول‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت شد و منحنی استاندارد رسم گردید. مقدار ترکیبات فنلی کل موجود در نمونه‌ها از روی منحنی استاندارد تعیین شد و نتایج بر حسب میلی گرم اسیدگالیک بر گرم نمونه خشک گزارش شد [۲۲].

۲-۲-۳- اندازه‌گیری قدرت احیاکنندگی آهن III¹⁰ (FRAP)

ابتدا ۱۰۰ میلی گرم عصاره استخراجی در ۲ میلی لیتر متانول حل شد و سپس ۳۰ میکرولیتر از آن با ۹۰۰ میکرولیتر محلول FRAP و ۹۰ میکرولیتر آب مقطر در لوله آزمایش مخلوط شد. لوله آزمایش پس از همزدن در بن ماری قرار گرفت و پس از رسیدن دمای آن به ۳۷ درجه سلسیوس، مقدار جذب در مقابل شاهد و در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت شد. برای تهیه منحنی استاندارد محلول‌های با غلظت‌های ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ میکرومول در لیتر از سولفات آهن II تهیه و جذب آن در طول موج ۵۹۵ نانومتر به دست آمد و مقدار آهن II با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد [۲۲].

۲-۲-۴- اندازه‌گیری قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH

ابتدا محلول ۰/۰۰۶ درصد رادیکال آزاد DPPH در متانول تهیه شد. سپس به لوله‌های آزمایش حاوی یک میلی لیتر محلول استخراجی متانولی با غلظت‌های مختلف (بسته به قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد)، یک میلی لیتر از محلول DPPH اضافه گردید. لوله‌های آزمایش پس از مخلوط شدن کامل، به مدت یک ساعت در جای تاریک نگهداری شدند

عصاره متانولی پوست انار به عنوان یک جایگزین مناسب برای نگهدارنده شیمیایی سوربات پتاسیم بررسی گردید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

پوست انار از شرکت آب انار ملس واقع در شهرستان مشهد به مقدار ۵۰ کیلوگرم تهیه و پس از جداسازی ضایعات در فیلم پلی اتیلن با دانسیته پایین با ضخامت ۱۴۰ میکرون بسته‌بندی گردید و تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شد. مواد شیمیایی مورد استفاده شامل اتانول ۷۰ درصد، متانول، معرف فولین سیوکالچو، معرف DPPH، اسید گالیک، کربنات سدیم، TPTZ، سولفات آهن II و کلرید آهن از شرکت مرک، سیگما-آلدריך، شارلو و کالدون تهیه شدند.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- استخراج ترکیبات موثر پوست انار

استخراج ترکیبات موثر پوست انار با استفاده از حلال‌های اتانول ۷۰ درصد، متانول ۷۰ درصد و آب انجام شد. بدین منظور برای هر آزمایش ۱۰۰ گرم از پوست انار به دقت در یک بشر توزین شد و مقدار ۴۰۰ میلی لیتر از هر حلال به بشر اضافه گردید و در دمای اتاق به مدت ۱، ۱۲ و ۲۴ ساعت همزده شد. سپس محلول تحت خلاء صاف گردید و با تبخیر کننده دوار تحت خلاء (مدل Laborota 4000 efficient، ساخت کشور آلمان) تحت دمای ۴۵ درجه سلسیوس تا آبگیری کامل تغلیظ گردید [۲۱].

۲-۲-۲- اندازه‌گیری ترکیبات فنلی عصاره

برای تعیین مقدار ترکیبات فنلی، به ۱۰۰ میکرولیتر عصاره استخراجی با متانول، مقدار ۶ میلی لیتر آب مقطر دو بار تقطیر شده و ۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالچو اضافه گردید، پس از مدت ۸ دقیقه نگهداری در دمای اتاق، مقدار ۱/۵۵ میلی لیتر کربنات سدیم ۲۰ درصد وزنی/حجمی اضافه و کاملاً مخلوط شد و پس از نگهداری به مدت ۳۰ دقیقه در

و سپس جذب آنها در طول موج ۵۱۷ نانومتر در برابر شاهد قرائت گردید [۲۳].

۲-۲-۵- تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی رشد کپک با استفاده از روش انتشار دیسک

پس از انتخاب مناسب‌ترین غلظت عصاره از پوست انار، تعدادی کاغذ صافی واتمن شماره ۷ با استفاده از پانچ بصورت یکنواخت سوراخ و دیسک تهیه گردید (قطر هر دیسک به طور متوسط ۷ میلی‌متر بود). دیسک‌ها در ظرف مناسب اتوکلاو و خشک شدند. سپس دیسک‌ها بر روی پلیت شیشه‌ای قرار گرفته و با حجم‌های مختلف (۵ تا ۲۵ میکرولیتر) از عصاره پوست انار با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و سوربات پتاسیم با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر آغشته و در شرایط استریل خشک شدند.

سپس کپک *آسپرژیلوس نایجر* ATCC-۱۶۴۰۴، در محیط کشت مایع حاوی ۱ درصد گلوکز، ۰/۵ درصد عصاره مخمر و ۰/۵ درصد تریپتون به مدت ۴۸ ساعت تکثیر شد. سپس محیط کشت مایع به صورت یکنواخت بر روی محیط کشت جامد اختصاصی کپک (دکستروز کلرامفنیکل آگار) پخش شد. محیط کشت جامد مذکور، برای ۱۰ دقیقه در یخچال برای جذب کشت مایع به محیط جامد قرار داده شد. دیسک‌های تهیه شده با حجم‌های مختلف بر روی محیط کشت جامد قرار داده شد و به مدت ۲۴ ساعت در ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس قطر هاله‌های عدم رشد با کولیس اندازه‌گیری و میانگین مربوطه گزارش گردید [۲].

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایشات مربوط در قالب فاکتوریل برپایه کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل حلال (آب، متانول ۷۰ درصد و اتانول ۷۰ درصد) و زمان استخراج

(۱، ۱۲ و ۲۴ ساعت) بود. میانگین‌های حاصل از انجام آزمون‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ و بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند ($P < 0/05$). برای رسم منحنی‌ها از نرم‌افزار Microsoft Excel ۲۰۱۳ استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تاثیر نوع حلال و زمان استخراج بر ترکیبات فنلی عصاره پوست انار

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات مستقل حلال و زمان استخراج و تاثیر متقابل آن‌ها بر مقدار ترکیبات فنلی عصاره‌های استخراج شده از پسماند انار معنی‌دار بود ($P < 0/05$). با توجه به شکل ۱ با افزایش زمان استخراج در تمام حلال‌های مورد استفاده، مقدار ترکیبات پلی‌فنلی به طور معنی‌داری افزایش یافت که این افزایش در استفاده از حلال آب بیشترین مقدار اما در حلال متانول کمترین مقدار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار ترکیبات فنلی در اثر استفاده از حلال متانل ۷۰ درصد (۵۳/۰۵) و اتانل ۷۰ درصد (۳۶/۱۱) نسبت به حلال آب (۱۷/۸۷) به ترتیب حدود ۲/۹۶ و ۲ برابر افزایش یابد. همچنین مقدار این ترکیبات در اثر استفاده از حلال متانل ۷۰ درصد (۵۳/۰۵) در مقایسه با حلال اتانل ۷۰ درصد (۳۶/۱۱) حدود ۱/۵ برابر افزایش پیدا کرد. زیرا حلال‌های اتانول و متانول نسبت به آب و متانل نسبت به اتانول قطبیت کمتری دارند و موجب تخریب بیشتر دیواره سلولی شده و منتج به افزایش استخراج بیشتر ترکیبات پلی‌فنلی و آنتوسیانین‌ها می‌شود [۲۴]. متانول به دلیل قطبیت مناسب، قابلیت بالایی در استخراج فلاونوئیدها و دیگر ترکیبات فنولی از پوست انار دارد [۲۵].

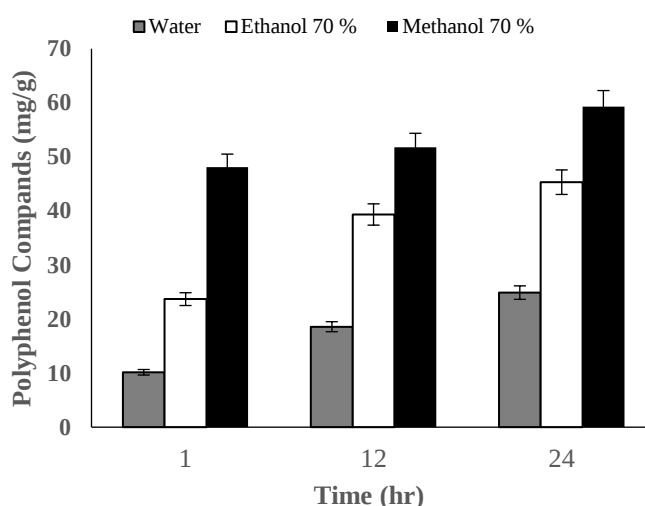


Figure 1. The interaction effect of solvent type and extraction time on the amount of phenolic compounds from pomegranate peel extract

و زرد همراه است. آنتی‌اکسیدان‌هایی با قدرت احیاکنندگی آهن بالاتر از توانایی بیشتری در پایان دادن به واکنش‌های مخرب زنجیره‌ای رادیکالی برخوردارند. بسیاری از آنتی‌اکسیدان‌ها با غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد از اکسایش لیپیدها ممانعت به عمل می‌آورند.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات مستقل حلال و زمان استخراج و اثرات متقابل آن‌ها بر قدرت احیاکنندگی آهن در عصاره‌های استخراج شده از پسماند انار معنی‌دار بود ($P < 0.05$). با توجه به شکل ۲ با افزایش زمان استخراج در تمام حلال‌های مورد استفاده، مقدار FRAP به طور معنی‌داری افزایش یافت که این افزایش در استفاده از حلال آب بیشترین مقدار اما در حلال متانول کمترین مقدار بود.

۳-۲- تاثیر نوع حلال و زمان استخراج بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره پوست انار

تعیین قدرت احیاکنندگی آهن، روشی سریع و مناسب برای اندازه‌گیری قدرت احیاکنندگی ترکیبات شیمیایی است و می‌توان آن را به عنوان شاخصی از قدرت آنتی‌اکسیدانی مورد استفاده قرار داد. در این روش توانایی عصاره‌ها برای احیاء آهن ۳ ظرفیتی و تبدیل آن به آهن دو ظرفیتی سنجیده می‌شود. حضور عوامل احیاءکننده (آنتی‌اکسیدان‌ها) منجر به احیاء کمپلکس‌های فری‌سیانید و تبدیل آن‌ها به فرم فرو می‌گردد که بسته به ظرفیت احیاءکنندگی عصاره‌های مورد بررسی با تغییر رنگ از آبی به درجات مختلفی از رنگ سبز

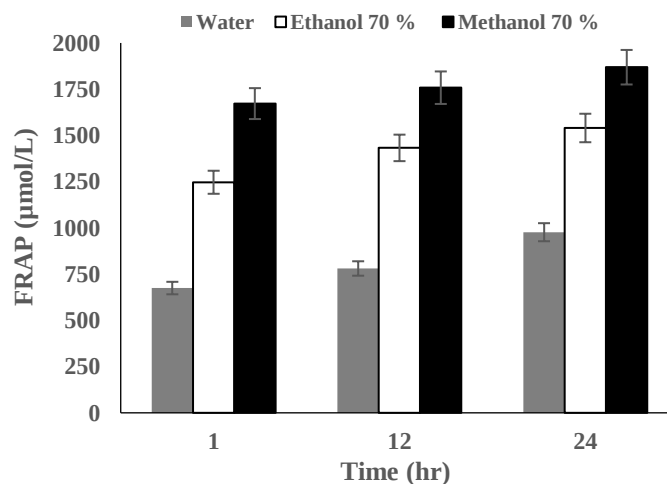


Figure 2. The interaction effect of solvent type and extraction time on the amount of Ferric reducing activity of plasma (RRAP) from pomegranate peel extract

آنتی اکسیدان‌های موجود در عصاره خشی شده و بی‌رنگ می‌گردد. لذا درجه بی‌رنگ شدن این ترکیب بیانگر قدرت به دام اندازی رادیکال آزاد توسط آنتی اکسیدان‌های موجود می‌باشد [۲۷].

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات مستقل حلال و زمان و اثرات متقابل آن‌ها بر قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد آنتی اکسیدان‌ها در عصاره‌های استخراج شده از پسماند انار معنی‌دار بودند ($P < 0.05$). با توجه به شکل ۳ با افزایش زمان استخراج در تمام حلال‌های مورد استفاده، مقدار DPPH به طور معنی‌داری افزایش یافت که این افزایش در استفاده از حلال اتانل بیشترین مقدار اما در حلال متانول کمترین مقدار بود.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار ترکیبات فنلی در اثر استفاده از حلال متانل ۷۰ درصد و اتانل ۷۰ درصد نسبت به حلال آب به ترتیب حدود ۲/۲۵ و ۱/۲۳ برابر افزایش یابد. همچنین مقدار این ترکیبات در اثر استفاده از حلال متانل ۷۰ درصد در مقایسه با حلال اتانل ۷۰ درصد حدود ۱/۸۳ برابر افزایش پیدا کرد. استخراج با حلال متانول به مدت ۲۴ ساعت بیشترین قدرت احیاکنندگی آهن در عصاره‌های استخراج شده از پسماند را داشت. این نتایج با گزارش ستلودی^{۱۱} و همکاران مطابقت داشت [۲۶].

برای تعیین قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد آنتی اکسیدان‌ها از رادیکال‌های آزاد مختلفی مثل رادیکال‌های DPPH، پراکسی، هیدروکسیل و سوپراکسی استفاده می‌شود. بررسی فعالیت به دام اندازی رادیکال آزاد DPPH یکی از روش‌های تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی می‌باشد. در این روش رنگ ارغوانی رادیکال‌های آزاد DPPH در اثر

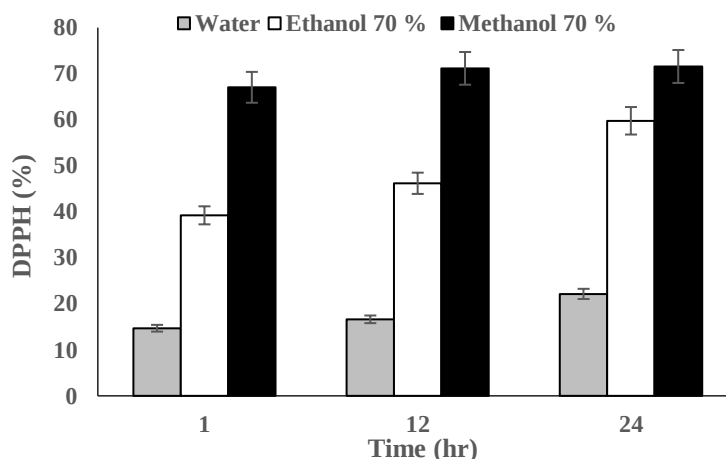


Figure 3. The interaction effect of solvent type and extraction time on the amount of DPPH free radical-scavenging from pomegranate peel extract

یابد. همچنین مقدار این ترکیبات در اثر استفاده از حلال متانل ۷۰ درصد در مقایسه با حلال اتانل ۷۰ درصد حدود ۲/۷۲ برابر افزایش پیدا کرد. این نتایج با گزارش سینگ و همکاران

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار ترکیبات فنلی در اثر استفاده از حلال متانل ۷۰ درصد و اتانل ۷۰ درصد نسبت به حلال آب به ترتیب حدود ۳/۹۳ و ۱/۴۵ برابر افزایش

میکرولیتر) از عصاره استخراج شده با متانول ۷۰ درصد پوست انار (غلظت ۳۰۰۰ میلی گرم بر میلی لیتر) در مقایسه با نگهدارنده سنتزی سوربات پتاسیم، بر بازدارندگی از رشد کپک *آسپرژیلوس نایجر* بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در ۳۷ درجه سلسیوس، در شکل ۴ و نتایج مربوط به قطر هاله عدم رشد عصاره متانولی پوست انار در جدول ۲ نشان داده شده است.

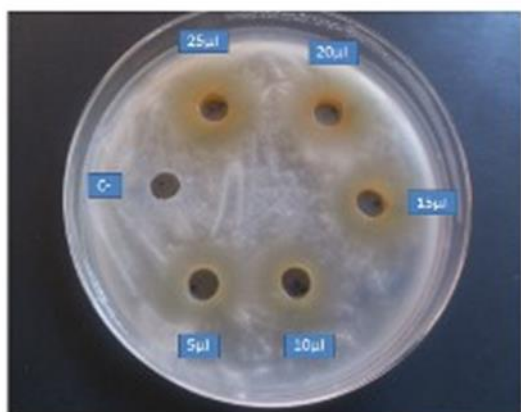


Figure 4- The effect of different amounts of 70% methanol extract of pomegranate peel (concentration 0.3%) on the growth and inhibition of *Aspergillus niger* after 24 hr at 37 °C

همانطوری که از جدول ۲ مشاهده می شود، میانگین قطر هاله عدم رشد کپک *آسپرژیلوس نایجر* تحت تاثیر عصاره متانولی پوست انار و نگهدارنده سنتزی سوربات پتاسیم به ترتیب، ۱۷/۷ و ۱۸/۳ میلی متر بود. بنابراین، عصاره متانولی پوست انار در غلظت ۰/۳ درصد، دارای خاصیت ضدقارچی تقریباً معادل با اثر ضدقارچی سوربات پتاسیم (در غلظت ۰/۱ درصد) بود. نتایج مشابهی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است [۳۰، ۳۱].

Table 2- Comparison of the mean effect of different treatments on the diameter of *Aspergillus niger* growth inhibition zone

Extract	Diameter of growth inhibition zone (mm)
---------	---

مطابقت داشت [۲۸]. استخراج با حلال متانول به مدت ۲۴ ساعت بیشترین قدرت احیاکنندگی آهن در عصاره های استخراج شده از پسماند را داشت.

۳-۳- بررسی تاثیر عصاره متانولی پوست انار (استخراج شده در شرایط بهینه) بر بازدارندگی رشد *آسپرژیلوس نایجر*

کنترل رشد میکروارگانیسم ها یکی از مهم ترین جنبه های نگهداری مواد غذایی است. مواد افزودنی از جمله موادی هستند که بطور عمدی در فرآیند تولید مواد غذایی افزوده شده تا از تغییرات نامطلوب و فساد ناشی از میکروارگانیسم ها جلوگیری و موجب افزایش ماندگاری مواد غذایی شوند. سوربات پتاسیم از جمله موادی است که در طبقه مواد نگهدارنده قرار داشته و سبب جلوگیری از فساد میکروبی در مواد غذایی و افزایش عمر انبارداری می شود. این ماده به عنوان نگهدارنده در نان و سایر محصولات نانوائی، لبنیات، مرباها و شربت ها، ترشی ها، آب میوه ها، و میوه های خشک قابل استفاده است. سوربات پتاسیم، دمای بالای فرآیند را تحمل نموده و تاثیری بر عطر و طعم مواد غذایی ندارد و با ویتامین ها و مواد معدنی و آنزیم ها واکنش نمی دهد [۲۹]. مصرف سوربیک اسید و نمک های حاصل از آنها به عنوان مواد نگهدارنده در مواد غذایی توسط سازمان های تنظیم مقررات بین المللی و ملی تعیین می شود و مصرف آنها در غلظت بسیار کم توصیه شده است. عوارض مصرف این گونه مواد به صورت اثرات پوستی مانند جوش، کهیر و درماتیت تماسی گزارش شده است. نگرانی های مرتبط با ایمنی افزودنی های شیمیایی، محدودیت در حدود مجاز مصرف و نیز خطرات احتمالی آنها بر سلامت انسان، تمایل فزاینده ای را در خصوص جایگزینی این نوع از ترکیبات با انواع طبیعی را فراهم آورده است. بنابراین، در پژوهش حاضر، اثرات ضدقارچی عصاره متانولی پوست انار به عنوان جایگزین نگهدارنده شیمیایی سوربات پتاسیم مورد مطالعه قرار گرفت. تاثیر حجم های مختلف (۵ تا ۲۵

آن پرداخته شده است. نتایج حاصل نشان داد که مقدار ترکیبات پلی فنلی کل، قدرت احیا کنندگی آهن و قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد DPPH در روش استخراج با اتانول و متانول بیشتر از استخراج با آب بود. حلال های اتانول و متانول به دلیل خاصیت قطبیت کمتر، دیواره سلولی را تخریب کرده و موجب استخراج بیشتر پلی فنل ها و آنتوسیانین ها می شوند. همچنین، با افزایش زمان استخراج، مقدار ترکیبات فنلی، قدرت احیا کنندگی آهن و قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد DPPH در تمام حلال های مورد استفاده افزایش یافت. همچنین عصاره متانولی پوست انار با غلظت ۰/۳ درصد، دارای خاصیت ضد قارچی تقریباً معادل با سوربات پتاسیم با غلظت ۰/۱ درصد بود، به طوری که میانگین قطر هاله عدم رشد کپک *آسپرژیلوس نایجر* تحت تاثیر عصاره پوست انار ۱۷/۷ میلی متر و تحت تاثیر سوربات پتاسیم ۱۸/۳ میلی متر بود. لذا عصاره پوست انار می تواند به عنوان یک جایگزین طبیعی و موثر برای نگهدارنده های شیمیایی مانند سوربات پتاسیم در محصولات غذایی استفاده شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) برای حمایت مالی از این پروژه تشکر و قدردانی می نمایند.

Pomegranate peel methanolic extract (3000 mg/ml)	17.7±0.28 ^a
Methanol 70% (negative control)	ND
Potassium sorbate (1000 mg/ml)	18.3±0.21 ^a

The same superscript lower letters (a) beside mean values indicate a not significant difference from each other (t- test, P<0.05). ND: not detect.

سوربات پتاسیم، بر طیف وسیعی از کپک ها و مخمرها موثر است. علت این پدیده، به دلیل مهار آنزیم های دهیدروژناز در اکسیداسیون اسید چرب، مهار آنزیم های حاوی سولفیدریل و در نتیجه جفت نشدن فسفوریلاسیون اکسایشی و مهار کاتالاز و در نتیجه آن افزایش هیدروژن پراکسید در سلول می باشد [۳۲]. اثر ضد قارچی عصاره متانولی پوست انار نیز احتمالاً به دلیل ترکیبات فنلی (فلاونوئیدها و تانن) موجود در آن است. ترکیبات فنلی نقش مهمی در جلوگیری از رشد باکتری ها و قارچ ها دارند. این ترکیبات اثر ضد میکروبی خود را از طریق اختلال در غشای باکتریایی از طریق تغییر در ترکیب و نفوذ پذیری غشای سلولی، استرس اکسیداتیو، مهار تنفس و فرآیندهای انتقال یون اعمال می کند. میزان تاثیر این ترکیبات بسته به نوع ترکیبات فنلی، غلظت ترکیبات فنلی، روش عصاره گیری و حلال مورد استفاده برای عصاره گیری و غیره متفاوت است [۳۳].

۴- نتیجه گیری کلی

در این پژوهش به بررسی ویژگی های انار، استخراج ترکیبات موثره از پوست انار و تاثیر حلال ها و زمان های مختلف بر مقدار ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی و ضد قارچی

۵- منابع

- [1] Pirsá, S., et al., *Smart film based on chitosan/Melissa officinalis essences/pomegranate peel extract to detect cream cheeses spoilage*. Food Additives & Contaminants: Part A, 2020. 37(4): p. 634-648.
- [2] Sharayei, P., et al., *Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from pomegranate (Punica granatum L.) peel*. Lwt, 2019. 101: p. 342-350.
- [3] Hamedí, F., et al., *Ultrasound-assisted osmotic treatment of model food impregnated with pomegranate peel phenolic compounds*:

Mass transfer, texture, and phenolic evaluations. Food and Bioprocess Technology, 2018. 11: p. 1061-1074.

- [4] Hassani, D., I.K. Sani, and S. Pirsá, *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. 1972-1983.

- [5] Eghbaljoo, H., et al., *Development of smart packaging halochromic films embedded with anthocyanin pigments; recent advances*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2023: p. 1-17.
- [6] Azarpazhooh, E., et al., *Physicochemical and phytochemical characterization and storage stability of freeze-dried encapsulated pomegranate peel anthocyanin and in vitro evaluation of its antioxidant activity*. Food and Bioprocess Technology, 2019. **12**(2): p. 199-210.
- [7] Sharayei, P., E. Azarpazhooh, and H.S. Ramaswamy, *Effect of microencapsulation on antioxidant and antifungal properties of aqueous extract of pomegranate peel*. Journal of food science and technology, 2020. **57**(2): p. 723-733.
- [8] Kushwaha, S., M. Bera, and P. Kumar, *Nutritional composition of detanninated and fresh pomegranate peel powder*. IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol, 2013. **7**(1): p. 38-42.
- [9] Fischer, U.A., R. Carle, and D.R. Kammerer, *Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD-ESI/MSn*. Food chemistry, 2011. **127**(2): p. 807-821.
- [10] Heim, K.E., A.R. Tagliaferro, and D.J. Bobilya, *Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships*. The Journal of nutritional biochemistry, 2002. **13**(10): p. 572-584.
- [11] Dikmen, M., N. Ozturk, and Y. Ozturk, *The antioxidant potency of *Punica granatum* L. Fruit peel reduces cell proliferation and induces apoptosis on breast cancer*. Journal of medicinal food, 2011. **14**(12): p. 1638-1646.
- [12] Al-Zoreky, N., *Antimicrobial activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit peels*. International journal of food microbiology, 2009. **134**(3): p. 244-248.
- [13] Altunkaya, A., et al., *Antioxidant capacity versus chemical safety of wheat bread enriched with pomegranate peel powder*. Food & function, 2013. **4**(5): p. 722-727.
- [14] Ventura, J., et al., *Quality and antioxidant properties of a reduced-sugar pomegranate juice jelly with an aqueous extract of pomegranate peels*. Food chemistry, 2013. **136**(1): p. 109-115.
- [15] Kennas, A., et al., *Effect of pomegranate peel and honey fortification on physicochemical, physical, microbiological and antioxidant properties of yoghurt powder*. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 2020. **19**(1): p. 99-108.
- [16] Kumar, N., et al., *Effects of drying methods and solvent extraction on quantification of major bioactive compounds in pomegranate peel waste using HPLC*. Scientific Reports, 2022. **12**(1): p. 8000.
- [17] Li, B., B. Smith, and M.M. Hossain, *Extraction of phenolics from citrus peels: II. Enzyme-assisted extraction method*. Separation and purification technology, 2006. **48**(2): p. 189-196.
- [18] Çam, M. and Y. Hışıl, *Pressurised water extraction of polyphenols from pomegranate peels*. Food chemistry, 2010. **123**(3): p. 878-885.
- [19] Singh, M., et al., *Influence of the solvents on the extraction of major phenolic compounds (punicalagin, ellagic acid and gallic acid) and their antioxidant activities in pomegranate aril*. Journal of Food Science and Technology, 2014. **51**: p. 2070-2077.
- [20] Shalini Malviya, S.M., et al., *Antioxidant and antibacterial potential of pomegranate peel extracts*. 2014.
- [21] Farhoosh, R., J. Tavakoli, and M.H.H. Khodaparast, *Chemical composition and oxidative stability of kernel oils from two current subspecies of *Pistacia atlantica* in Iran*. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2008. **85**: p. 723-729.
- [22] Arjeh, E., et al., *Phenolic compounds of sugar beet (*Beta vulgaris* L.): Separation method, chemical characterization, and biological properties*. Food Science & Nutrition, 2022. **10**(12): p. 4238-4246.
- [23] Saray Tarkasheh, S., et al., *Investigating the Structural and Physicochemical Properties of *Vicia ervilia* Protein Isolate/Launaea acanthodes Gum Nanocomposite Film Containing Graphene Oxide Nanoparticles and *Silybum marianum* Extract Microcapsules*. Journal of Polymers and the Environment, 2024: p. 1-22.
- [24] Lapornik, B., M. Prošek, and A.G. Wondra, *Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time*. Journal of food engineering, 2005. **71**(2): p. 214-222.
- [25] Mandal, V., Y. Mohan, and S. Hemalatha, *Microwave assisted extraction—an innovative and promising extraction tool for*

- medicinal plant research*. Pharmacognosy reviews, 2007. **1**(1): p. 7-18.
- [26] Setlhodi, R., et al., *Effect of solvent extraction on the antioxidant and phytochemical profiles of ellagitannins from "wonderful" pomegranate peel: an advanced chemometrics analysis*. European Food Research and Technology, 2023. **249**(7): p. 1807-1820.
- [27] Nikmaram, P., et al., *Evaluation and prediction of metabolite production, antioxidant activities, and survival of Lactobacillus casei 431 in a pomegranate juice supplemented yogurt drink using support vector regression*. Food science and biotechnology, 2015. **24**: p. 2105-2112.
- [28] Singh, J., et al., *Pomegranate peel phytochemistry, pharmacological properties, methods of extraction, and its application: a comprehensive review*. ACS omega, 2023. **8**(39): p. 35452-35469.
- [29] Rangan, C. and D.G. Barceloux, *Food additives and sensitivities*. Disease-a-month: DM, 2009. **55**(5): p. 292-311.
- [30] Chen, J., et al., *Antimicrobial activity of pomegranate peel and its applications on food preservation*. Journal of Food Quality, 2020. **2020**(1): p. 8850339.
- [31] Ismail, T., et al., *Antioxidant, antimicrobial and urease inhibitory activities of phenolics-rich pomegranate peel hydro-alcoholic extracts*. Journal of Food Biochemistry, 2016. **40**(4): p. 550-558.
- [32] Buazzi, M.M. and E.H. Marth, *Mechanisms in the inhibition of Listeria monocytogenes by potassium sorbate*. Food microbiology, 1991. **8**(3): p. 249-256.
- [33] Das, K., R. Tiwari, and D. Shrivastava, *Techniques for evaluation of medicinal plant products as antimicrobial agent: Current methods and future trends*. Journal of medicinal plants research, 2010. **4**(2): p. 104-111.



Scientific Research

Investigation of biochemical properties and antifungal activity of pomegranate peel extract using different solvents

Elham Azarpazhooh¹, Shahin Zomorodi^{2*}, Parvin Sharayei¹

1- Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

2-Agricultural Engineering Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: Accepted: Keywords: extraction, pomegranate peel, solvent, effective compounds, Antifungal. DOI: 10.22034/FSCT.22.161.297. *Corresponding Author E- s.zomorodi@areeo.ac.ir	The results showed that the Ferric reducing activity of plasma (RRAP) and free radical scavenging activity (DPPH) in extracts obtained with 70% methanol were higher than those with other solvents. Also, in water and methanol solvents, with increasing extraction time, the amount of polyphenol compounds and FRAP were the highest and the lowest, respectively, but the increase of DPPH was the highest in ethanol solvent and the lowest in methanol solvent. The results of the investigation of the antifungal effects of the methanol extract of pomegranate peel (MEPP) showed that this extract with a concentration of 0.3% had an antifungal effect nearly equivalent to that of potassium sorbate at a concentration of 0.1%, so that the mean diameter on the diameter of <i>Aspergillus niger</i> growth inhibition zone was 17.7 mm for pomegranate peel extract and 18.3 mm for potassium sorbate. Therefore, pomegranate peel extract can be used in food products as antioxidant compounds and preservatives as a natural and effective alternative to chemical preservatives like potassium sorbate.

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 printer's 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 adding date seed.....	1
2- Production of low-calorie sponge cake.....	24
3- Investigating the effect of pretreatments	42
4- Effect of Sulphur dioxide replacement with Nano.....	56
5- Evaluation of the functional and antioxidant.....	69
6- Analysis of heat and mass transfer during.....	86
7- Evaluation of Beverage Powder Produced.....	104
8- Prediction of moisture and density in shrimp during.....	121
9- Analyzing the purchase behavior of shrimp consumers.....	137
10- Evaluation of the technical-functional, antifungal.....	151
11- Preparing fishballs and ground meat from Aras.....	166
12- Evaluation the production of dietary curcumin.....	182
13- Optimizing gluten-free biscuit formulation.....	198
14- Studying the Oxidant Activity and Optimization.....	214
15- Optimizing the formulation of gluten-free.....	229
16- Evaluation of the efficiency of osmotic methods.....	244
17- Investigation of the possibility of producing a stabilized.....	260
18- Evaluation of the antimicrobial activity of dill.....	275
19- The effect of barberry powder fortification on the.....	286
20- Investigation of biochemical properties.....	297