



تاثیر عصاره ریزپوشانی شده هسته خرما (*Phoenix dactylifera* L.) بر بیاتی و ویژگی های ارگانولپتیکی نان باگت

کسری افشاری^۱، مجید جوانمرد داخلی^{۲*}، یوسف رمضان^۳، علیرضا بصیری^۲ و حسین احمدی چناربن^۴

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده داروسازی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه صنایع غذایی و تبدیلی، پژوهشکده فناوری های شیمیایی، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران.

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده داروسازی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۴- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۲۹

کلمات کلیدی:

ریزپوشانی،

ترکیبات فنولیک،

هسته خرما،

بیاتی،

نان باگت.

DOI: 10.22034/FSCT.20.144. 227

DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.144.14.8

* مسئول مکاتبات:

javanmard@irost.ir

نان معمولاً پس از پخت، دستخوش تغییرات فیزیکوشیمیایی مختلفی می شود که در مفهوم کلی آنرا بیاتی می نامند. برای به تاخیر انداختن بیاتی نان، استفاده از برخی افزودنی ها و بهبوددهنده ها موثر به نظر می رسد. لذا در پژوهش حاضر، تاثیر غلظت های مختلف عصاره (۴۰ و ۵۰ درصد) ریزپوشانی شده هسته خرما به روش بستر سیال و با استفاده از مواد پوشش دهنده شامل مالتودکسترین، صمغ ترنجبین و روغن (Medium MCT (Chain Triglyceride همان تری گلیسریدهای با زنجیره متوسط، که به مقدار ۱ و ۳ درصد به فرمولاسیون نان باگت افزوده شده بودند، بر بیاتی و خواص ارگانولپتیکی آن مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج، نمونه های نان باگتی که نانوکپسول های حاوی عصاره هسته خرما با غلظت ۴۰ درصد و به میزان ۱ درصد به آن ها افزوده شده بودند از بیشترین میزان رطوبت (۳۸/۴۱٪) و حجم (۲۸۴/۲۱ cm³)، کمترین میزان بیاتی در سه بازه زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از پخت، کمترین تغییرات دمای مرکز نان (از ۲۰ تا ۱۳۲ درجه سلسیوس) و مطلوب ترین ویژگی های ارگانولپتیکی برخوردار بودند (α=1%). اما بیشترین مقدار ترکیبات فنلی (mg GAE/μl ۲۳۱/۱۲) پس از پخت، در نان هایی که به آن ها نانوکپسول های حاوی عصاره هسته خرما با غلظت ۵۰ درصد و به میزان ۳ درصد افزوده شده بود، مشاهده گردید (α=1%).

۱- مقدمه

نان غذای اصلی و پایه مردم بسیاری از کشورهای جهان را تشکیل داده و روزانه قسمت اعظمی از انرژی، پروتئین، املاح معدنی و ویتامین‌های گروه B مورد نیاز آنها را تامین می‌نماید [۲۱]. نان‌ها برحسب میزان حجم آنها، به سه گروه، نان‌های حجیم، با حجم متوسط و دارای حجم کم تقسیم‌بندی می‌شوند. نان‌های حجیم به دلایل تنوع در شکل، اندازه، پوست، بافت مغز، روش فرآوری و فرمولاسیون، از تنوع بسیاری برخوردار هستند. کیفیت نان‌های حجیم به قابلیت پخت آرد مصرفی، زمان تخمیر، میزان پروتئین و نوع مواد افزودنی آن بستگی دارد. به علاوه قابلیت پخت آن، به طور عمده تابع ویژگی‌های آرد، نوع اقدامات صنعتی، روش تهیه و مراحل آماده‌سازی خمیر می‌باشد.

نان باگت نوعی نان حجیم است که به دلیل کیفیت بالای پخت، فرمولاسیون مناسب، تنوع محصول، انجام کامل تخمیر و ماندگاری مناسب از جایگاه غذایی مطلوبی در میان محصولات نانوبی برخوردار است [۳].

نان و محصولات نانوبی معمولاً پس از فرآیند پخت، دست خوش تغییرات فیزیکی شیمیایی مختلفی می‌شوند که در مفهوم کلی آنها را بیاتی می‌نامند. به تاخیر انداختن بیاتی یکی از مسائل مهم صنایع پخت بوده و از جنبه اقتصادی حائز اهمیت می‌باشد. به علاوه بیاتی فرآیندی است که طی آن ویژگی‌های ظاهری و باطنی، بو، طعم و مزه، عطر و قابلیت جویدن نان تغییر می‌کند و نتیجه این تغییرات، کهنه شدن و یا به عبارت دیگر عدم تازگی نان می‌باشد. محققان بسیاری، عامل اصلی بیاتی نان را به رتروگراداسیون نشاسته نسبت داده‌اند. طی رتروگراداسیون، نشاسته دچار تغییر شده و از فرم ژل مانند و محلول، به ساختار کریستالی تبدیل می‌شود. بنابراین هر عاملی که بتواند رتروگراداسیون نشاسته را کاهش دهد سبب کاهش بیاتی نان خواهد شد [۴ و ۵].

برای به تاخیر انداختن بیاتی نان، اعمال روش‌هایی نظیر بهبود روش‌های تهیه خمیر، بهبود کیفیت پخت، بسته‌بندی نان و استفاده از برخی افزودنی‌ها بسیار موثر است. از افزودنی‌های مهم می‌توان به انواع نشاسته‌های ژلاتینه، پنتوزان‌ها، چربی‌ها، امولسیفایرها، آنزیم‌ها به خصوص آلفا آمیلاز، آنتی اکسیدان‌ها و برخی هیدروکلوئیدها اشاره نمود. در همین راستا پژوهش‌های مختلف در ارتباط با تاثیر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بر رتروگراداسیون نشاسته انجام شده است [۶]. اما محدودیت‌های اصلی کاربرد عصاره‌ها و اسانس‌ها با خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی در فرآورده‌های غذایی، ناپایداری این ترکیبات در برابر شرایط نامساعد محیطی نظیر دمای بالا، نور و اکسیژن می‌باشد. همچنین میزان رهایش این ترکیبات نیز یکی دیگر از چالش‌های اصلی در اثرگذاری آن‌ها محسوب می‌گردد [۷ و ۸]. در این راستا استراتژی‌های مختلفی مانند کپسوله کردن برای مقابله با این مشکلات ارایه شده است.

انکپسولاسیون یا ریزپوشانی کردن شامل پوشش دادن و یا محصور کردن طیف گسترده‌ای از ترکیبات مورد استفاده در صنعت غذا مانند اسیدها، قلیاها، بافرها، اسانس‌های روغنی، طعم دهنده‌ها، روغن‌ها، احیاء کننده‌ها (سفید کننده‌ها و عمل آورنده‌ها)، آنزیم‌ها، میکروارگانیسم‌ها، مواد معدنی و موادی با طعم نامناسب در داخل یک ماده ثانویه (پوسته یا دیواره) برای جلوگیری و یا به تأخیر انداختن رهاسازی ماده مفید تا یک زمان و مکان مشخص و یا دست یافتن به مجموعه‌ای از شرایط مناسب است. لذا خواص آنها طی دوره نگهداری مواد غذایی در برابر عوامل محیطی از قبیل اکسیژن، حرارت، عوامل شیمیایی و بیولوژیکی حفظ می‌گردد [۹]. اندازه و شکل کپسول تولید شده بستگی به مواد و روش‌های مورد استفاده برای تولید آنها دارد. دیواره کپسول ممکن است به صورت منومر، پلیمر یا مخلوط باشد. پوشش کپسول ممکن است یک یا چند لایه بوده و ماندگاری مواد مرکز کپسول بستگی به فعالیت شیمیایی، حالیت، قطبیت و فراریت آنها

فنولیک‌ها (۳۹۴۲ میلی‌گرم/۱۰۰ گرم)، و آنتی‌اکسیدان‌ها (۸۰/۴۰۰ میکرومول/۱۰۰ گرم) می‌باشد. ترکیبات فنولی در خرما می‌رسیده حدود ۳ درصد وزن خشک را تشکیل می‌دهند. این ترکیبات با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌رادیکالی می‌توانند نقش مهمی در ماندگاری محصولات غذایی و حفظ سلامتی انسان ایفاء نمایند [۱۴]. طبق بررسی‌های انجام شده، در استفاده از محصولات جانبی تولیدات کشاورزی، تاکنون به ضایعات حاصل از میوه خرما نظیر هسته آن که منبعی غنی از ترکیبات فنلی است، توجه قابل قبولی نشده است. حال از آن‌جا که عصاره‌های حاوی ترکیبات فنولیک، به عنوان آنتی‌اکسیدانی طبیعی، می‌توانند نقش اساسی در کاهش بیایاتی محصولات نانویی داشته باشند لذا در این پژوهش تاثیر عصاره ریزپوشانی شده هسته خرما به روش بستر سیال بر بیایاتی و خواص ارگانولپتیکی نان باگت مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها

هسته‌های خرماي رقم استعمران (خرمای سابر)^۱ از شرکت شکلات خرماي پارسیان شهرستان اهواز در استان خوزستان تهیه و بعد از شستشو، در آونی تحت شرایط خلاء و در دمای ۷۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به رطوبت ۵ درصد خشک و با استفاده از یک آسیاب صنعتی (مدل اس-جی ۵۰۰ سوانتک ساخت آلمان) آسیاب شدند. پودر حاصل از الکی با قطر ۷۱۰ میکرون (مش ۲۵) عبور و در کیسه‌های پلی اتیلنی نگهداری شد. مالتودکسترین (DE = ۲۰)، صمغ ترنجبین، روغن MCT، میکروکریستالین سلولز (Avicel ph-20)، تمام معرف‌ها و استانداردها از شرکت سیگما^۲، مواد شیمیایی و حلال‌ها از شرکت مرک^۳ خریداری شدند. برای استخراج عصاره، از حلال دو جزئی آب ۲۵ : اتانول ۷۵

دارد [۱۰]. در واقع این تکنیک، سدی بین مواد فعال زیستی حساس و محیط فراهم می‌کند تا در اختیار بودن زیستی مواد در زمان و مکان مناسب، تأمین شود. در ادامه این‌که اجزاء کپسول شده تحت شرایطی مانند تغییرات pH، تنش برشی، دما، فعالیت آنزیمی، زمان و فشار اسمزی محتویات داخل خود را رها می‌سازند. پوشش‌دهی به روش بستر سیال، روشی کارآمد در فرآیند ریزپوشانی محسوب می‌شود. در این روش، ذرات جامد به کمک جریان هوایی که دارای دما و رطوبت مشخصی است، در محیط دستگاه معلق می‌شوند. سپس نازلی مواد پوشش دهنده داغ را در محیط دستگاه اسپری می‌نماید. در ادامه با گذشت زمان و پس از سرد شدن، پوشش نازکی روی سطح ذرات معلق تشکیل می‌شود [۱۱]. در این فناوری انتخاب مواد پوشش دهنده اهمیت ویژه‌ای دارد. مواد مورد استفاده در پوشش کپسول باید دارای قابلیت امولسیون‌کنندگی بالا و ویسکوزیته پایین در غلظت‌های بالا بوده و همچنین از قابلیت آزادسازی آسان مواد هسته در زمان مناسب برخوردار باشند. در فرآیند درون‌پوشانی مواد فنلی با روش خشک‌کن پاششی و بستر سیال، استفاده از پلی‌ساکاریدها مرسوم‌تر از پروتئین‌ها می‌باشد. ویسکوزیته‌ی پایین، انحلال‌پذیری، امولسیون‌کنندگی و قابلیت نگهداری مناسب ترکیبات فرار، برخی از دلایلی است که پلی‌ساکاریدها را برای فرآیند درون‌پوشانی جذاب می‌سازد. بنابراین در پژوهش حاضر از ترکیب سه ماده‌ی مالتودکسترین، صمغ ترنجبین و روغن MCT (به عنوان لایه آب‌گریز) جهت درون‌پوشانی عصاره‌ی هسته خرما استفاده شده‌است [۱۲ و ۱۳].

خرما با نام علمی (*Phoneix dactylifera* L.) از خانواده Palmaceae بوده و میوه‌ای هسته‌دار است. هسته خرما حدود ۲۰ درصد میوه کامل و با توجه به نوع واریته و درجه کیفی آن، ۱۶-۲۰ درصد وزن کل میوه را تشکیل می‌دهد. همچنین غنی از پروتئین (۵/۸ گرم / ۱۰۰ گرم)، چربی (۹/۰ گرم / ۱۰۰ گرم)، فیبرهای تغذیه‌ای (۷۳/۱ گرم / ۱۰۰ گرم)،

1-Sayer date or Estamiran date

2 -Sigma aldrich

3- Merck

دمای ۴۵ درجه سلسیوس، با دبی ۰/۲۵ میلی‌لیتر بر دقیقه بر روی گرانول‌های مرحله قبل که با فشار ۱۵۰ میلی‌بار شناور شده بودند، پاشیده شد. جهت پوشش‌دهی دوم، محلول صمغ ترنجبین با درجه بریکس^۷ ۱۲ و در غلظت ۲۰ درصد تهیه شد و با فشار ۳۰۰ میلی‌بار و با دبی ۰/۲۵ میلی‌لیتر بر دقیقه بر روی گرانول‌های مرحله قبل که با فشار ۱۰۰ میلی‌بار و دمای ۴۵ درجه سلسیوس شناور شده بودند، پاشیده شد. در ادامه به منظور جلوگیری از انحلال کپسول، یک لایه آبگریز روغن MCT با غلظت ۱۵ درصد، بر روی کپسول‌ها اسپری گردید.

۲-۳- آماده‌سازی نمونه‌ها (تهیه نان)

ابتدا آزمون‌های شیمیایی شامل رطوبت (AACC)، به شماره ۱۶-۴۴)، خاکستر (AACC)، به شماره ۰۱-۰۸)، پروتئین (AACC)، به شماره ۱۸-۴۶)، چربی (AACC)، به شماره ۱۰-۳۰)، فیبر (AACC)، به شماره ۱۰-۳۲)، گلوتن مرطوب (AACC)، pH (۳۸-۱۲A) و pH (AACC)، به شماره ۲-۵۲) بر روی نمونه‌های آرد گندم انجام شدند [۱۶]. سپس براساس فرمولاسیون تهیه نان‌های حجیم، مواد اولیه شامل ۱/۵ درصد مخمر نانواپی، ۱/۵ درصد نمک و شکر، ۰/۷ درصد پودر بهبود دهنده، نمونه‌های ریزپوشانی شده (۱ و ۳ درصد) (عصاره پوشش داده‌شده با مالتودکستین، صمغ ترنجبین و لایه آبگریز روغن MCT) و ۵۰۰ گرم آرد با یکدیگر مخلوط و پس از افزودن آب، در مخلوط‌کن خانگی مدل پارس خزر با سرعت متوسط (شماره ۲) به مدت ۳ دقیقه مخلوط شدند. تخمیر اولیه در رطوبت نسبی ۸۰ درصد و دمای ۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. در ادامه خمیر بدست آمده به چانه‌های ۵۰ گرمی تقسیم و درون قالب‌های کوچک به ابعاد ۸۰×۴۰×۳۵ میلی‌متر که دیواره‌های آن چرب شده بودند، قرار داده شدند. همچنین تخمیر نهایی به مدت ۴۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰ درصد انجام پذیرفت. قابل توجه این‌که دمای پخت نان

درصد و مطابق روش جایپراکاشا^۱، با کمی تغییرات استفاده شد [۱۵]. ۱۰ گرم پودر درون ارلن مایر^۲ حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر از حلال‌های مورد نظر ریخته شد و در انکوباتور شیکردار^۳ و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، با سرعت ۲۸۰ دور در دقیقه و به مدت ۵ ساعت هم زده شد. در ادامه محتوی ارلن با استفاده از قیف بوخنر^۴ و کاغذ صافی واتمن^۵ شماره ۴ فیلتر گردید. عصاره‌های به دست آمده به وسیله تبخیرکننده چرخشی تحت خلا (IKA-RV05، آلمان) در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و در ۲۰۰ دور در دقیقه، تغلیظ و در نهایت توسط خشک‌کن انجمادی (Operun-FDB550)، کره جنوبی) و در دمای ۵۰- درجه سلسیوس خشک و به پودر تبدیل شدند. پودرها در ظروف پلی اتیلنی غیرقابل نفوذ به هوا و رطوبت، ریخته و تا زمان شروع آزمایش‌ها در فریزر خانگی نگهداری شدند.

۲-۲- ریزپوشانی عصاره به روش خشک کردن بسترسیال

ریزپوشانی عصاره‌ها با استفاده از مواد پوشش دهنده شامل مالتودکستین (پوشش اول)، صمغ ترنجبین (پوشش دوم) و روغن MCT (پوشش سوم) در دمای ۴۵ درجه سلسیوس و سامانه خشک‌کن بستر سیال انجام پذیرفت. ۵ گرم پودر میکروکریستالین سلولز^۶ (Avicel ph-20) (حامل خنثی) در کف بستر سیال ریخته، سپس به منظور تولید گرانول‌های غیر آگلومره، ۵ میلی‌لیتر محلول ورودی حاوی عصاره هسته خرما (با غلظت‌های ۴۰ و ۵۰ درصد) و آب مقطر (با غلظت ۲۰٪/وزنی/حجمی)، با دبی ۰/۲۵ میلی‌لیتر بر دقیقه که توسط جریان هوا با فشار ۱۵۰ میلی‌بار با دمای ۴۵ درجه سلسیوس شناور شده بودند، پاشیده شد. برای پوشش‌دهی اول، ابتدا ۵ گرم مالتودکستین با (DE = ۲۰) و آب مقطر با غلظت ۱۰٪/وزنی/حجمی) آماده و توسط پمپی با فشار ۳۰۰ میلی‌بار، در

^۱ Jayaprakash

^۲ Erlenmeyer

^۳ Incubator with shaker

^۴ Büchner funnel

^۵ Whatman filter paper

^۶ Microcrystalline cellulose (MCC)

^۷ Brix

دقیقه و رطوبت نسبی ۶۰-۷۰ درصد برای پخت انتخاب شد [۲]. پس از پخت، نان‌ها از قالب خارج و در دمای اتاق به مدت نیم ساعت خنک شدند و پس از اندازه‌گیری وزن و حجم، در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و در دمای اتاق نگهداری گردیدند. در ادامه تیمارهای تحقیق در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

حجیم در صنعت، بالاتر از ۲۰۰ درجه سلسیوس است (۲۵۰ - ۲۳۰ درجه سلسیوس). با توجه به تاثیر دمای پایین و زمان طولانی حرارت‌دهی در جلوگیری از تخریب ترکیبات فنولیک، در این پژوهش سعی شد تا حد امکان از دمای پایین در پخت نان استفاده شود. پس از بررسی چندین دما و زمان پخت، با هدف حفظ کیفیت نان و نیز بررسی مطالعات انجام گرفته، در نهایت دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰

Table1. Research treatment

Treatments	Codes
1% of microencapsulated samples with 40% concentration of extract	En 40%-1%
3% of microencapsulated samples with 40% concentration of extract	En 40%-3%
1% of microencapsulated samples with 50% concentration of extract	En 50%-1%
3% of microencapsulated samples with 50% concentration of extract	En 50%-3%
Control (no microencapsulated samples)	C

حلال مورد استفاده قرار گرفت. سپس محلول حاصل به مدت ۲ ساعت توسط شیکر با سرعت ۵۰RPM هم‌زده شد. سرانجام با استفاده از سانتریفیوژ (سرعت ۲۶۰۰g به مدت ۱۵ دقیقه) عصاره نمونه‌ها استخراج گردید و در لوله‌های آزمایش و در دمای یخچال نگهداری شدند [۱۷].

۲-۳-۴-۲- اندازه‌گیری ترکیبات فنولیک عصاره

مقدار ترکیبات فنلی با روش فولین سیوکالتو (Folin-Ciocalteu) اندازه‌گیری شد. ۲۰ میکرولیتر از محلول عصاره با ۱/۱۶ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتو مخلوط شد. بعد از گذشت ۸ دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم ۲۰ درصد به آن افزوده شد. لوله‌های آزمایش بعد از تکان دادن، درون حمام آب با دمای ۴۰°C قرار داده‌شدند و پس از گذشت ۳۰ دقیقه، جذب آن‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر خوانده شد. جهت رسم منحنی کالیبراسیون، ابتدا محلول پایه‌ای از اسید گالیک با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر تهیه گردید. در ادامه پس از انجام کلیه مراحل بالا با غلظت‌های مختلف اسیدگالیک به جای عصاره، منحنی جذب در برابر

۲-۴-۲- آزمون‌های انجام شده بر روی نمونه‌های نان

۲-۴-۲-۱- اندازه‌گیری مقدار رطوبت

رطوبت نمونه‌های نان طبق روش استاندارد AACC (۱۶-۴۴) و به روش آون‌گذاری تعیین گردید [۱۶].

۲-۴-۲-۲- اندازه‌گیری حجم نان

برای اندازه‌گیری حجم نمونه‌های نان باگت از روش جایگزینی حجم با دانه‌های کلزا (روش هنری سایمون) مطابق استاندارد AACC شماره ۱۰-۰۵ استفاده شد [۱۶].

۲-۴-۲-۳- اندازه‌گیری ترکیبات فنولی

۲-۴-۲-۱- استخراج عصاره نان

نمونه‌های مورد نظر به ضخامت ۱۰cm برش داده‌شده و به مدت ۲۴ ساعت در آونی با دمای ۴۰°C خشک شدند. سپس نمونه‌ها به کمک آسیاب آزمایشگاهی (مدل A11 ساخت آلمان) آسیاب و از الکی با مش ۸۰ عبور داده‌شدند تا پودر نان، حاصل شد. جهت استخراج از متانل ۸۰ درصد استفاده گردید. به این صورت که به ازای ۱ گرم نمونه، ۱۰ میلی‌لیتر

صفحه‌ای استفاده گردید. این آزمون در فواصل زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از پخت نمونه‌ها انجام شد. برای انجام آزمون، از قسمت مغز نمونه‌ها، برش‌هایی به ابعاد ۲×۲ cm تهیه گردید. مقادیر نیرو (نیروی که فک بالایی دستگاه باید به نمونه وارد کند) ۲۰ درصد ضخامت نمونه‌های نان در نظر گرفته شد به گونه‌ای که نمونه ۸ mm فشرده گردد. همچنین میزان سرعت حرکت فک متحرک $30 \frac{mm}{min}$ در نظر گرفته شد [۱۶].

۷-۴-۲- ارزیابی حسی

به منظور ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های نان باگت، از تجزیه و تحلیل خصوصیات نان (شامل فرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی، خصوصیات سطح پایینی، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن، طعم و مزه)، به کمک حواس پنجگانه ۱۰ ارزیاب آموزش دیده و مطابق روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد. ضریب ارزیابی صفات از ۱ (بسیار بد) تا ۵ (بسیار خوب) لحاظ گردیدند [۲].

۵-۴-۲- تجزیه و تحلیل داده‌ها

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، از طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال $\alpha=1\%$ و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۴ انجام پذیرفت.

۳- نتایج و بحث

۱-۳- ارزیابی مقدار رطوبت نمونه‌های نان

مطابق شکل ۱، تاثیر تیمارهای مختلف بر مقدار رطوبت نمونه‌های نان معنی‌دار است ($P<0.01$). در همین راستا بیشترین مقدار رطوبت (۳۸/۴۱٪) در نمونه En 40%-1% و کمترین مقدار آن (۲۷/۸۶٪) در نمونه En 50%-3% مشاهده گردید.

غلظت‌های مختلف اسید گالیک رسم و معادله آن تعیین شد. با توجه به معادله به دست آمده و قرار دادن مقدار جذب هر نمونه در معادله، مقدار کل فنل موجود در عصاره تعیین و بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک بر میکرولیتر عصاره ارایه شد [۱۸].

۴-۴-۲- اندازه‌گیری تغییرات رنگ

به منظور انجام آزمون رنگ‌سنجی، نمونه‌های نان که با ضخامت ۳ cm برش داده‌شده بودند، درون دستگاه هانتربل قرار داده شدند و در ادامه مولفه‌های L^* ، a^* و b^* قرائت گردیدند. مولفه L^* معادل روشنایی تصویر نمونه است که صفر معادل مشکی و ۱۰۰ معادل انعکاس کامل نور است. مقادیر مثبت a^* معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی آن معادل رنگ سبز است و از طرف دیگر مقادیر مثبت b^* معادل رنگ زرد و مقادیر منفی آن معادل رنگ آبی می‌باشد. در ادامه اختلاف رنگ کل (ΔE) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید [۱۹].

(۱)

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$
که در این رابطه: L_0^* ، a_0^* ، b_0^* مقادیر اولیه این پارامترها هستند.

۵-۴-۲- اندازه‌گیری تغییرات دمای مرکز نان

نوک پروب ترمومتر سوزنی در مرکز چانه قبل از فرگذاری قرار گرفت و تغییرات دمای خمیر در طول فرآیند پخت (دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه) در سه تکرار ثبت شد [۲۰].

۶-۴-۲- آزمون بیاتی نمونه‌های نان باگت

برای ارزیابی میزان بیاتی نمونه‌های نان باگت به روش دستگاهی (طبق استاندارد بین المللی AACC به شماره ۰۹-۷۴)، از دستگاه اینستران (Testometric M350-10CT) ساخت انگلستان) مجهز به لودسل ۵ نیوتنی و پروب

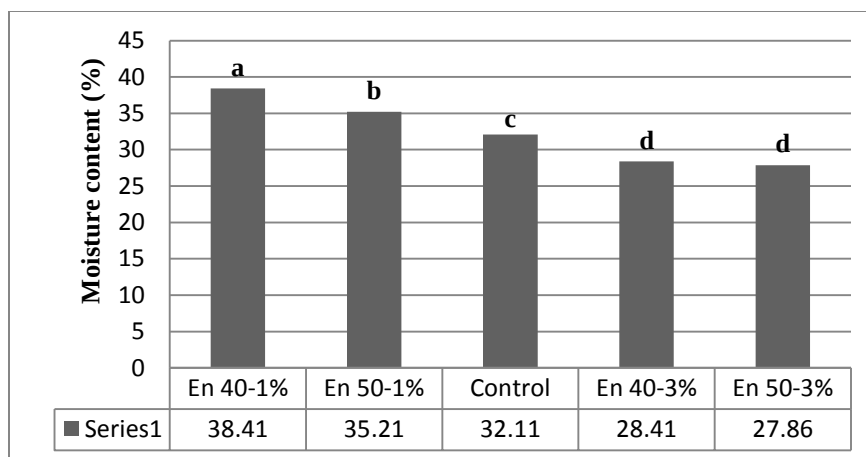


Fig1. Mean comparison of different treatments effect on the moisture content of Baguette bread ($\alpha=1\%$)

افزایش غلظت عصاره، ترکیبات آبدوست پلی فنل، در جذب آب با پروتئین گلوتن رقابت کرده و در نهایت منجر به سفت شدن آن می گردند. همچنین از دیگر عوامل موثر در کاهش جذب آب را می توان به افزایش ترکیبات آب گریز موجود در عصاره نظیر آمینو اسیدهای غیرقطبی و مونوترپن های موجود در عصاره نسبت داد [۲۲ و ۲۳]. از سوی دیگر ممکن است با افزایش سطوح مصرف عصاره، pH محیط بیشتر شده که در نتیجه آن کارایی پروتئین گلیادین و در نهایت جذب آب کاهش یافته است [۲۴].

۲-۳- ارزیابی حجم نمونه های نان

مطابق شکل ۲، تاثیر تیمارهای مختلف بر مقدار حجم نمونه های نان معنی دار است ($P<0.01$). در همین راستا بیشترین مقدار حجم ($284/21 \text{ cm}^3$) در نمونه En 40%-1% و کمترین مقدار آن ($164/31 \text{ cm}^3$) در نمونه En 50%-3% مشاهده گردید.

همان گونه که نتایج نشان می دهند، مصرف ۱ درصد از نانوکپسول ها در فرمولاسیون خمیر، سبب افزایش رطوبت نمونه های نان گردید اما با افزایش مصرف نانوکپسول ها از ۱ به ۳ درصد، میزان رطوبت نمونه های نان کاهش یافت. علت افزایش رطوبت نمونه های نان در غلظت های پایین نانوکپسول در فرمولاسیون، به محتوای ترکیبات پلی فنلی آن نسبت داده می شود. ترکیبات پلی فنلی دارای ساختارهای پلی هیدروکسیل فعال بوده که تمایل زیادی به برقراری پیوندهای هیدروژنی با آب دارند. همچنین پلی فنل ها یک ماده احیا کننده محسوب می گردند اما ممکن است حین تهیه خمیر، به علت ورود هوا و وقوع اکسیداسیون، ترکیباتی حاصل شده باشند که خاصیت اکسیدکنندگی داشته و در نتیجه با اکسیدکردن گروه تیول (S-H) گلوتن و افزایش گروه های دی سولفیدی (S-S)، سبب بهبود شبکه گلوتهنی شده باشند [۲۱]. از سوی دیگر همان طور که بیان شد، با افزایش مصرف نانوکپسول ها از ۱ به ۳ درصد، میزان رطوبت نمونه ها کاهش یافت. علت نتیجه حاصل آن است که با

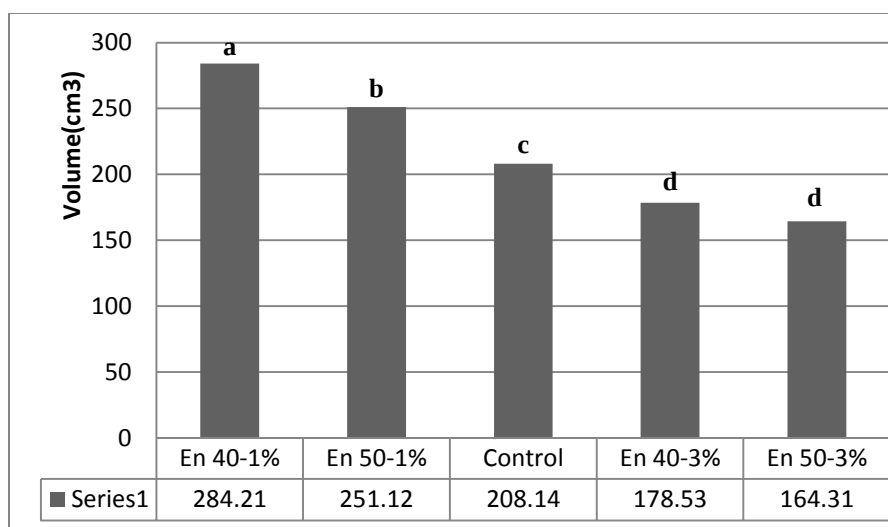


Fig2. Mean comparison of different treatments effect on the volume of Baguette bread ($\alpha=1\%$)

هستند. این مواد می‌توانند با تقویت پیوندهای دی‌سولفیدی بین گلیادین و گلوتنین و افزایش پروتئین گلوتن سبب افزایش جذب آب خمیر، بهبود گسترش خمیر و پایداری آن و در نتیجه افزایش حجم نان شوند [۲۱ و ۲۲].

۳-۳- ارزیابی مقدار ترکیبات فنولی

همان‌گونه که شکل ۳ نشان می‌دهد، تاثیر تیمارهای مختلف بر مقدار ترکیبات فنلی نمونه‌های نان باگت معنی‌دار است ($P<0.01$). بر همین اساس بیشترین مقدار ترکیبات فنلی (۲۳۱/۱۲ mg GAE/ μ l) در نمونه En 50%-3% و کمترین مقدار آن (۱۰۳/۲۵ mg GAE/ μ l) در نمونه En 40%-1% مشاهده گردید (البته نمونه‌های شاهد فاقد ترکیبات فنلی بودند).

حجم پارامتری کیفی است که نشان‌دهنده توانایی خمیر در نگهداری گاز CO_2 و متسع شدن آن طی فرآیند پخت می‌باشد. مطابق شکل ۲، استفاده از ۱ درصد نانوکپسول در فرمولاسیون خمیر، سبب افزایش حجم نمونه‌های نان گردید اما با افزایش مصرف آن تا ۳ درصد، میزان حجم نمونه‌ها کاهش یافت. علت افزایش حجم در نمونه‌های حاوی ۱ درصد نانوکپسول‌های حاوی عصاره را می‌توان به بهبود شبکه گلوتنی نمونه‌های نان نسبت داد. همان‌طور که قبلاً بیان شد، عصاره‌ها به علت داشتن ترکیبات آنتی اکسیدانی، یک ماده احیا کننده محسوب می‌شوند اما طی فرآیند هم‌زدن و تهیه خمیر، به دلیل ورود اکسیژن و واکنش با ترکیبات فنلی، خاصیت اکسیدکنندگی یافته که نتیجه آن بهبود شبکه گلوتنی، افزایش زمان گسترش خمیر و پایداری آن است. همچنین عصاره‌ها، حاوی ترکیبات معدنی مختلفی از جمله آهن

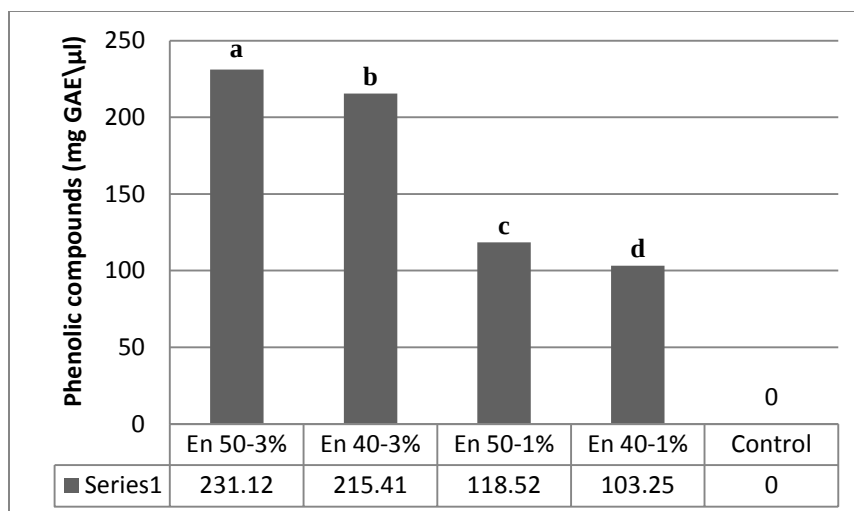


Fig3. Mean comparison of different treatments effect on the phenolic compounds of Baguette bread ($\alpha=1\%$)

رنگ پوسته نان فاکتوری مهم طی فرآیند پخت محسوب می‌شود. ایجاد رنگ قهوه‌ای، مربوط به یک سری واکنش‌هایی به ویژه کاراملیزاسیون و مایلارد است که نقش به سزایی در رنگ پوسته دارند. شکل ۴ نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تاثیر تیمارهای مختلف بر مقدار تغییرات رنگ نمونه‌ها را نشان می‌دهد که طبق آن بیشترین مقدار ΔE در تیمار En 50%-3% اندازه‌گیری شد. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهند، افزایش غلظت عصاره درون نانوکپسول (از ۴۰ به ۵۰ درصد) و همچنین افزایش مصرف نانوکپسول‌ها در فرمولاسیون نان (از ۱ به ۳ درصد) سبب تیره شدن رنگ پوسته نمونه‌ای نان نسبت به شاهد گردید که علت تیره شدن رنگ پوسته نمونه‌های نان به ویژه در سطوح بالای مصرف عصاره هیدروالکلی را می‌توان به افزایش غلظت آمینواسیدها و ترکیبات فلاونوئیدی موجود در عصاره و مشارکت آن‌ها در واکنش مایلارد نسبت داد [۲۲ و ۲۶].

نکته قابل توجه این‌که قبل از فرآیند پخت، مقدار ترکیبات فنولیک اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خمیر حاوی مقادیر مختلف عصاره‌های کپسوله‌شده در محدوده $528/41$ تا $321/35$ mg GAE/ μ l قرار داشت که پس از انجام فرآیند پخت، مقادیر ترکیبات فنولیک در محدوده $231/12$ تا $103/25$ mg GAE/ μ l قرار گرفت. به عبارت دیگر طی فرآیند پخت مقدار ترکیبات فنولیک کاهش یافت. کاهش ترکیبات فنولیک نشان دهنده حساس بودن این ترکیبات به دماهای بالاست. به عبارت دیگر بالا رفتن دما سبب تخریب و اکسیداسیون برخی فنول‌های حساس به حرارت گردیده‌است. همچنین کاهش ترکیبات فنلی با افزایش دما را می‌توان به تشکیل ترکیبات سونو شیمیایی نسبت داد [۲۵].

۳-۴- ارزیابی تغییرات رنگ

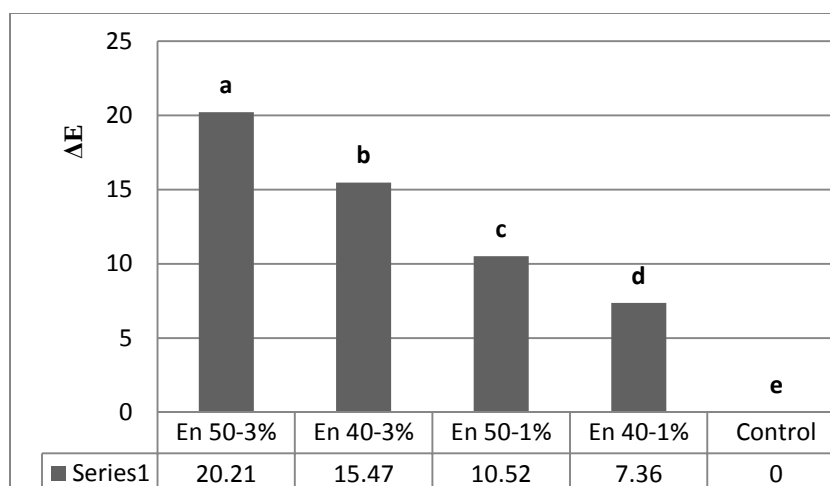


Fig4. Mean comparison of different treatments effect on the color changes of Baguette bread ($\alpha=1\%$)

زمان، دمای مرکز نان افزایش یافت به گونه‌ای که طی ۲۰ دقیقه، دمای مرکز نمونه‌های نان شاهد از ۲۰ به ۱۳۲ و در نمونه‌های En50-3%، En50-1%، En40-3% و En40-1% به ترتیب از ۲۰ به ۱۵۴، ۲۰ به ۱۱۲، ۲۰ به ۱۴۲ و ۲۰ به ۱۰۹ درجه سلسیوس افزایش یافتند.

۳-۵- ارزیابی تغییرات دمای مرکز نان

در جدول ۲، داده‌های آزمایشگاهی مربوط به تغییرات دمای مرکز نان باگت شاهد و نان‌های حاوی درصد‌های مختلف از نانوکپسول‌های دارای غلظت‌های مختلف از عصاره هسته خرما، از لحظه شروع پخت تا دقیقه بیستم نمایش داده شده است. در همین راستا، در تمام نمونه‌های نان، با افزایش

Table2. Mean comparison of different treatments effect on the center temperature changes of baguette bread

	Time(min)									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
En40-1%	22±3.2 ^k	30±3.3 ^j	35±2.2 ^{ij}	48±2.5 ^{gh}	49±2.7 ^{gh}	57±2.6 ^g	75±4.1 ^f	80±2.2 ^f	96±4.8 ^e	109±5.7 ^d
En40-3%	27±2.5 ^k	40±2.2 ^{hi}	51±2.6 ^{gh}	70±4.7 ^f	74±3.9 ^f	90±3.4 ^e	92±4.2 ^e	98±3.4 ^e	120±6.5 ^{cd}	142±5.4 ^b
En50-1%	25±2.2 ^k	31±2.5 ^j	37±2.5 ⁱ	46±3.3 ^h	52±2.3 ^g	59±3.5 ^g	77±3.7 ^f	79±3.4 ^f	93±4.7 ^e	112±5.4 ^d
En50-3%	33±2.3 ^{jk}	49±2.5 ^{gh}	60±3.2 ^g	76±3.2 ^f	93±3.4 ^e	95±4.2 ^e	109±4.8 ^d	124±3.1 ^c	136±4.1 ^b	154±3.7 ^a
Control	27±3.4 ^k	35±2.7 ^{ij}	43±3.6 ^{hi}	50±2.1 ^{gh}	54±2.7 ^g	76±3.6 ^f	77±2.2 ^f	95±3.2 ^e	97±4.3 ^e	132±6.3 ^b

Mean that at least one letter in common, not significant difference at $\alpha=1\%$

افزایش دما، فشار بخار جزئی در منافذ افزایش می‌یابد به گونه‌ای که این فشار در نقاط داخلی و سردتر نان بیشتر می‌شود و رطوبت به شکل بخار به نقاط داخلی منتقل می‌شود تا فشار بخار به مقدار تعادلی برسد. دمای محیط خارجی نان نیز به دلیل بالاتر بودن، از حالت اشباع دور بوده و رطوبت سطح به خارج نیز منتشر شده و سطح خشک می‌شود.

در تحلیل نتایج به دست آمده باید گفت، هنگامی که نان درون فر قرار می‌گیرد، بدلیل این‌که محتوای آب به سرعت کاهش می‌یابد، دمای سطح نان به سرعت افزایش پیدا می‌کند در حالی که در نقاط داخلی آن این تغییرات کندتر است اما در مورد مغز نان، بدلیل وجود آب تا لحظات پایانی پخت، دما با شیب کم تغییر می‌کند. با

۳-۶- ارزیابی بیاتی نمونه‌های نان

نتایج مقایسه میانگین تاثیر متقابل تیمار و زمان بر میزان بیاتی نمونه‌های نان باگت در جدول ۳ نشان داده شده است. مطابق نتایج، تیمارهای En40-1% و En50-3% به ترتیب از کمترین و بیشترین میزان بیاتی در هر سه بازه زمانی برخوردار بودند.

همچنین رطوبت بصورت مایع نیز به دلیل گرا دیان غلظت نقاط داخلی و سطح، به سمت سطح نفوذ می‌کند اما به دلیل این‌که سرعت انتشار بخار خیلی بیشتر از آب است مقدار آب در مغز افزایش می‌یابد. در این راستا در نقاط سرد داخل، بخار آب نفوذ کرده چگالیده می‌شود [۲۰ و ۲۷].

Table3. Mean comparison of interaction between (Treatment × Time) on sailing of baguette samples (N)

	Time (h)		
	24	48	72
En40-1%	1.4±0.2 ^g	2.1±0.2 ^{ef}	2.8±0.3 ^d
En50-1%	1.8±0.2 ^{fg}	2.5±0.3 ^{de}	3.2±0.3 ^{bc}
Control	2.1±0.2 ^{ef}	2.8±0.3 ^d	4±0.6 ^{ab}
En40-3%	2.7±0.3 ^{de}	3.4±0.3 ^{bc}	4.4±0.4 ^a
En50-3%	3±0.4 ^{cd}	4.2±0.5 ^a	5.1±0.5 ^a

Mean that at least one letter in common, not significant difference at $\alpha=1\%$

ویسکوزیته و به دنبال آن کاهش رتروگراداسیون نشاسته است که در نهایت سبب کاهش سفتی مغز نان می‌شود. قابل توجه این‌که علت نرمی بافت نان در تیمارهای En40-1% و En50-1% را می‌توان به ظرفیت بالای نگهداری آب توسط عصاره هیدروالکلی هسته خرما نسبت داد [۲۲ و ۲۶].

۳-۷- ارزیابی ویژگی‌های حسی

نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تاثیر تیمارهای مختلف بر ویژگی‌های ارگانولپتیکی نمونه‌های نان باگت در جدول ۴ نشان داده شده است.

علت پایین بودن میزان بیاتی نمونه‌های نان در درصد‌های پایین مصرف نانوکپسول‌های حاوی عصاره هسته خرما (یک درصد) نسبت به نمونه شاهد آن است که رادیکال‌های هیدروکسیل پلی فنل‌های عصاره هیدروالکلی هسته خرما با نشاسته پیوند هیدروژنی برقرار می‌کنند لذا از بهم پیوستگی زنجیره‌های نشاسته (آمیلوز و آمیلوپکتین) جلوگیری کرده و رتروگراداسیون نشاسته را به تاخیر می‌اندازند. از سوی دیگر، ساختار پلی هیدروکسیل مربوط به فنل‌ها، از طریق پیوند هیدروژنی به آب متصل شده که این امر سبب مهار لیچینگ آمیلوز و تورم آمیلوپکتین می‌شود که نتیجه آن کاهش

Table4. Mean comparison of different treatments effect on the organoleptic properties of baguette bread

	Shape	Upper surface of bread	Bottom surface of bread	Porosity	Texture	Chewiness	Taste
En40-1%	4±0.2 ^a	3.5±0.3 ^a	4.3±0.2 ^a	3.7±0.2 ^a	4.3±0.2 ^a	4.2±0.1 ^a	4±0.2 ^a
En50-1%	4±0.2 ^a	3.5±0.3 ^a	4.3±0.2 ^a	3.5±0.2 ^a	4±0.2 ^a	4±0.1 ^a	3.2±0.2 ^b
Control	2.7±0.3 ^b	3±0.2 ^a	4.3±0.2 ^a	2±0.2 ^b	3.3±0.2 ^b	3.2±0.1 ^b	2.5±0.2 ^c
En40-3%	2±0.3 ^{bc}	3±0.2 ^a	4±0.1 ^a	1.7±0.2 ^b	2.5±0.2 ^c	3±0.1 ^b	1.3±0.2 ^d
En50-3%	1.5±0.2 ^c	3±0.2 ^a	4±0.1 ^a	1.3±0.2 ^c	2±0.1 ^d	2±0.1 ^c	1±0.1 ^d

In each column, mean that at least one letter in common, not significant difference at $\alpha=1\%$

به دلیل افزایش غلظت ترکیبات تلخ مزه مانند پلی فنل ها و مشارکت بیش از حد آمینو اسیدها و ترکیبات فلاونویدی عصاره در واکنش مایلارد دانست [۲۲].

۴- نتیجه گیری

طی فرآیند ریزپوشانی، ذرات کوچک جامد، قطرات مایع و حباب های گاز، درون یک پوشش نازک قرار می گیرند و کپسولی را تولید می کنند که محتویات خود را در سرعت های کنترل شده و تحت شرایط ویژه آزاد می کنند. لذا خواص آنها طی دوره نگهداری مواد غذایی در برابر عوامل محیطی از قبیل اکسیژن، حرارت، عوامل شیمیایی و بیولوژیکی حفظ می گردد. در پژوهش حاضر، تاثیر افزودن نانوکپسول های حاوی عصاره هسته خرما به میزان ۱ و ۳ درصد به فرمولاسیون نان باگت، بر بیاتی و ویژگی های ارگانولپتیکی این نان مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج، افزودن ۱ درصد از نانوکپسول های حاوی ۴۰ درصد عصاره هسته خرما، به دلیل بهبود شبکه گلوتهی، سبب حفظ رطوبت، افزایش حجم، کاهش بیاتی، کاهش تغییرات دمای مرکز نان و بهبود ویژگی های ارگانولپتیکی این نان گردید. قابل توجه این که اضافه کردن ترکیبات عصاره به صورت نانوکپسول سبب حفظ ترکیبات پلی فنول طی فرآیند پخت گردید. در واقع این تکنیک، سدی بین مواد فعال زیستی حساس و محیط فراهم نمود تا در اختیار بودن زیستی مواد در زمان و مکان مناسب، حتی پس از مصرف آن و در سیستم گوارش انسان تأمین شود.

۴- منابع

[1] Nejatbakhsh, R., Movahhed, S., and Ahmadi Chenarbon, H. 2018. Effect of sourdough and α -amylase on qualitative properties of toast bread. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 14(2): 259-272.

طبق نتایج، نمونه هایی که حاوی درصد پایین (یک درصد) نانوکپسول های حاوی عصاره هسته خرما بودند از فرم و شکل مطلوب تری برخوردار بودند که علت نتیجه حاصل را می توان به بهبود شبکه گلوتهی، افزایش جذب آب خمیر و پایداری آن در اثر اضافه کردن عصاره نسبت داد. مجموعه این عوامل سبب افزایش ویسکوزیته شده که نگهداری گاز در خمیر و نان را بهبود می بخشند و در نهایت سبب بهبود حجم و فرم و شکل نان می گردند [۲۸]. اما بین خصوصیات سطح بالایی و پایینی نمونه های مختلف، اختلاف آماری معنی دار مشاهده نگردید. از سوی دیگر نمونه های En40-1% و En50-1% نسبت به شاهد و سایر تیمارها از پوکی و تخلخل، نرمی بافت و قابلیت جویدن مطلوب تری برخوردار بودند. بهبود تخلخل و حفره ای بودن را می توان به توانایی بیشتر نگهداری گاز دی اکسید کربن و همچنین افزایش حجم این نمونه ها و ازسوی دیگر نرمی بافت و بهبود قابلیت جویدن را به جذب بیشتر آب در این تیمارها (ساختار پلی هیدروکسیل ترکیبات پلی فنلی تمایل زیادی به برقراری پیوندهای هیدروژنی با آب دارند) نسبت داد. عطر و بو و همچنین طعم و مزه در نان، به واکنش کاراملیزاسیون و مایلارد وابسته است. از آنجا که تیمارهای En40-1% و En50-1% بر توزیع و جذب آب تاثیری معنی دار داشتند لذا باعث تشدید واکنش بین ترکیب از تی گلیکوزیل آمین و قندهای احیا کننده شدند که این عامل شدت قهوه ای شدن و مایلارد را افزایش داده و به نظر می رسد سبب بهبود عطر و طعم بو در نمونه ها شده باشد [۲۹]. البته کاهش امتیاز عطر و طعم در سطوح بالای مصرف نانوکپسول ها (۳ درصد) را می توان

[2] Moghaddasi, R., Movahhed, S., and Ahmadi Chenarbon, H. 2018. The effect of inulin and resistant starch on rheological properties of baguette dough. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 14(2): 439- 449.

- [3] Movahhed, S. 2017. Technology of Supplementary Cereal Products. Academic Center for Education, Culture and Research of Ardabil Province Press. 29-35.
- [4] Encina-Zelada, C. R., Cadavez, V., Teixeira, J. A., and Gonzales-Barron, U. 2019. Optimization of quality properties of gluten-free bread by a mixture design of xanthan, guar, and hydroxypropyl methyl cellulose gums. *Foods*. 8(5): 156-169.
- [5] Morreale, F., Benavent-Gil, Y., and Rosell, C. M. 2019. Inulin enrichment of gluten free breads: Interaction between inulin and yeast. *Food Chemistry*. 278: 545–551.
- [6] Zhang, H., Sun, B., Zhang, S., Zhu, Y., and Tian Y. 2015. Inhibition of wheat starch retrogradation by tea derivatives. *Carbohydrate Polymers*. 134: 413-417.
- [7] Kaur, P., Dhir, A., Talwar, S., and Ghuman, K. 2021. The value proposition of food delivery apps from the perspective of theory of consumption value. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*. 33(4): 1129-1159.
- [8] Bellumori, M., Marchi, L. D., Mainente, F., Zanoni, F., Cecchi, L., Innocenti, M., Mulinacci, N., and Zoccatelli. 2021. A by-product from virgin olive oil production (pâté) encapsulated by fluid bed coating: evaluation of the phenolic profile after shelf-life test and *in vitro* gastrointestinal digestion. *International Journal of Food Science and Technology*. 56(8): 3773-3783.
- [9] Lipin, A. G., and Lipin, A. A. 2022. Modeling of polymer shell formation on particles in fluidized bed. *Fiber Chemistry*. 53(6): 421-424.
- [10] Afshari, K., Javanmard Dakheli, M., Ramezan, Y., Bassiri, A. R., and Ahmadi Chenarbon, H. 2023. Physicochemical and control releasing properties of date pit (*Phoenix dactylifera* L.) phenolic compounds microencapsulated through fluidized-bed method. *Food Science and Nutrition*. 11(3): 1367-1382.
- [11] Yun, P., Devahastin, S., and Chiewchan, N. 2021. Microstructures of encapsulates and their relations with encapsulation efficiency and controlled release of bioactive constituents: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 20(2): 1768-1799.
- [12] Desai, N. M., Haware, D. J., Basavaraj, K., and Murthy, P. S. 2019. Microencapsulation of antioxidant phenolic compounds from green coffee. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*. 49(4): 400-406.
- [13] Hosseini, H., Ghorbani, M., Jafari, S. M., and Sadeghi Mahoonak, A. 2019. Encapsulation of EPA and DHA concentrate from Kilka fish oil by milk proteins and evaluation of its oxidative stability. *Journal of Food Science and Technology*. 56(1): 59-70.
- [14] Shahidi, M., Molaveasi, M. 2020. Microencapsulation of cardamom essential oil with gum arabic, maltodextrin and inulin and the investigation of their physical-chemical properties. *Innovative Food Technologies*. 7(3): 433-446.
- [15] Jayaprakasha, G. K., Selvi, T., and Sakariah, K. K. 2003. Antibacterial and antioxidant activities of grape (*Vitis vinifera*) seed extracts. *Food Research International*. 36(2): 117-122.
- [16] Anonymous. 2003. AACC: Approved methods of analysis of the American Association of Cereal Chemists (10th ed.). American Association of Cereal Chemistry, Inc., St. Paul.
- [17] Moradi, D., Ramezan, Y., Eskandari, S., Mirsaeedghazi, H., & Dakheli, M. J. 2023. Plasma-treated LDPE film incorporated with onion and potato peel extract—A food packaging for shelf life

extension on chicken thigh. Food Packaging and Shelf Life, 35, 101012.

[18] Mousavi, S. A., Nateghi, L., Javanmard Dakheli, M., Ramezan, Y., & Piravi-Vanak, Z. 2022. Maceration and ultrasound-assisted methods used for extraction of phenolic compounds and antioxidant activity from *Ferulago angulata*. Journal of Food Processing and Preservation, 46(3), e16356.

[19] Vatan Doust, S., Azizi, M. H., Eslami, M. H., Molavi, H., and Reisi, Z. 2015. The effect of adding *Eleaagnus angustifolia* powder to quality characteristics of burger's bread. Journal of Food Science and Technology. 12(49): 73-84.

[20] Mohammadi Golchin, F., Movahhed, S., Eshaghi, M. R., and Ahmadi Chenarbon, H. 2021. Mathematical modeling of weight loss and crust temperature of toast bread containing guar gum during baking process. Food Science and Nutrition. 9(1): 272-281.

[21] Nasehi, B., Paydar, Z., Barzegar, H., and Hojjati, M. 2018. Study of the effect of adding fenugreek seed flour on properties of flour, dough and barbari bread. Iranian Journal of Food Science and Technology. 15: 123-133.

[22] Ghanbari, G., Seyedain Ardabili, M., and Diyanat, M. 2021. Investigation on the effect of green tea hydroalcoholic extract on the dough rheological properties and staling of Barbari bread. Journal of Food Technology and Nutrition. 19:75-90.

[23] Senanayake, S. N. 2013. Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications—A review. Journal of Functional Foods. 5(4):1529-1541.

[24] Abedi, E., Majzoobi, M., and Farahnaki, A. 2014. Effects of protein concentration and pH changes on some functional properties of gliadin. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 45(11): 151-161.

[25] Bourekoua, H., Różyło, R., Gawlik-Dziki, U., Benatallah, L., Zidoune, M. N., and Dziki, D. 2018. Evaluation of physical, sensorial, and antioxidant properties of gluten-free bread enriched with *Moringa oleifera* leaf powder. European Food Research and Technology. 244:189-195.

[26] Gholamazad, A., Hosseini, S., Hosseini, S., Ramezan, Y., & Rahmanabadi, A. (2022). Effect of low-pressure cold plasma on the properties of edible film based on alginate enriched with *Dunaliella salina* powder. Plasma Processes and Polymers, 19(5), 2100118

[27] Bassiri, A., Zaghari, L., Rahimi, S., Zonousi, A. 2018. Developing probiotic bread using *Lactobacillus reuteri* Part 2: Evaluation of fluidized bed double microencapsulation on thermal stability of *Lactobacillus reuteri*. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 14(1): 93-106.

[28] Movahhed, S., Zharfi, S., and Ahmadi Chenarbon, H. 2014. Investigation of rheological of dough and organoleptic properties of Toast bread containing Banana flour. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 9(4): 359-365.

[29] 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(3):1033-1047.



Scientific Research

Effect of microencapsulated date pit (*Phoenix dactylifera* L.) extract on staling and organoleptic properties of Baguette bread

Kasra Afshari¹, Majid Javanmard Dakheli^{2*}, Yousef Ramezan³, Alireza Bassiri²,
Hossein Ahmadi Chenarbon⁴

1-Ph.D Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Pharmacy, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2-Associate Professor, Food Technologies Group, Department of Chemical Engineering, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Tehran, Iran.

3-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Pharmacy, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4-Assistant Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

ABSTRACT

ARTICLE INFO

In general, various physicochemical changes can occur in bread in post-baking conditions, known as staleness. Certain additives and improvers are seemingly practical for retarding the staleness of bread. Therefore, the present study investigates the effect of different concentrations (50% and 40%) of date pit microencapsulated with the fluidized-bed method and using maltodextrin, mangosteen gum, and MCT oil (Medium Chain Triglyceride) as coating materials added in the formulation of Baguette bread on staleness and organoleptic properties of the bread. According to the results, bread samples with 1% nanocapsules containing 40% concentration of date pit extract showed the highest moisture (38.41%), highest volume (284.21 cm³), minimum staleness in periods of 24, 48, and 72 h after baking, lowest changes in the temperature of bread center (20 to 132 °C), and the most desirable organoleptic properties ($\alpha=1\%$). However, the highest phenolic content (231.12 mg GAE/ μ l) was measured in bread samples with 3% nanocapsules containing a 50% concentration of date pit extract ($\alpha=1\%$).

Article History:

Received: 2023/7/29

Accepted: 2023/9/20

Keywords:

Microencapsulation,
Phenolic compounds,
Date pit,
Baguette bread

DOI: 10.22034/FSC.T.20.144.227

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.144.14.8

*Corresponding Author E-Mail:
javanmard@irost.ir