Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Food Processing and Preservation Journal

Print ISSN: 2423-3544
Online ISSN: 2423-3803

Iranian Association of Food Scientists and Technologists

Investigation the effects of *Pistacia Aatlantica* fruit powder aqueous extract on the quality and staling attributes of loaf bread

Azam Ayoubi[1*], Mohammad Balvardi[2]

[1]Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, Email: mayoubi92@uk.ac.ir
[2]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-07-01
Revised: 2024-07-26
Accepted: 2024-08-25

Keywords:
Sodium alginate
Enthalpy
Acceptability index
Baneh
Phenolic compounds

ABSTRACT

Background and objectives: Bread is the primary staple diet food for most people worldwide, and enriching this foodstuff contributes to the overall health of the population. Bread consumed in various regions of the world is abundant in carbohydrates and protein, but it often lacks adequate amounts of other essential nutrients such as dietary fibers, unsaturated fatty acids, and phenolic compounds. Utilizing natural plant resources is an efficient method to enhance the nutritional content, increase the structure and qualitative features, and prolong the shelf life of bread, particularly breads manufactured from flour with a low extraction percentage. The fruit of *Pistacia Atlantica* is a valuable fatty fruit that is abundant in nutrients such as protein, minerals, antioxidants, and other beneficial biological substances. Due to these properties, it has been considered for inclusion in food products. The current study was conducted to explore the potential of utilizing *Pistacia Aatlantica* fruit to enrich and prolong the shelf life of loaf bread.

Materials and methods: In this research, 2, 4, and 6% of the *Pistacia Aatlantica* Fruit Powder Aqueous Extract (PAFPAP) were used in 2 forms, including adding to the dough formula and glazing with 1 and 2% of sodium alginate hydrocolloid in the production of loaf bread. To assess the impact of using *Pistacia Aatlantica* fruit on product characteristics, various parameters, including pH, volume increase in the oven, fat content, color, and sensory attributes, were examined. The moisture content, total phenols, texture, and thermal properties of bread were examined both after baking and on the third and seventh days of storage to assess the alterations in the bread's shelf life.

Results: Utilizing PAFPAP and sodium alginate hydrocolloid led to enhanced moisture retention, an increase in texture softness, and a delay in bread staleness. Furthermore, the levels of fat and phenolic compounds in breads fortified with PAFPAP exhibited a substantial increase. Specifically, the breads with the highest concentration of PAFPAP displayed the highest fat content, and these treatments also elevated levels of phenolic compounds after the storage period. Based on the sensory evaluation results, the use of PAFPAP in some

treatments resulted in a darker color of the bread and a loss in taste score. However, it led to an improvement in chewability and softness of the texture, and consequently, an increase in the texture score of the bread. The sensory acceptance of the produced breads was deemed good, as indicated by the acceptability index values of all treatments, which were over 70.

Conclusion: The low extraction percentage of flour used in making loaf breads reduces their nutritional value and accelerates their staleness. Therefore, using plant resources like the *Pistacia Aatlantica* fruit could be an effective technique for improving the quality and shelf life of the product. The results of the present research show that incorporating PAFPAP with sodium alginate in the production of loaf bread enhances its quality, increases its nutritional value, and reduces the rate of staleness.

Cite this article: Ayoubi, A., Balvardi, M. 2024. Investigation the effects of *Pistacia Aatlantica* fruit powder aqueous extract on the quality and staling attributes of loaf bread. *Food Processing and Preservation Journal*, 16 (2), 15-40.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/fppj.2024.22586.1822
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

فرآوری و نگهداری مواد غذایی
شاپا چاپی: ۳۵۴۴-۲۴۲۳
شاپا الکترونیکی: ۳۸۰۳-۲۴۲۳

ارزیابی اثرات استفاده از عصاره آبی پودر میوه بنه بر خواص کیفی و بیاتی نان حجیم

اعظم ایوبی[۱*]، محمد بلوردی[۲]

[۱] دانشیار بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران، رایانامه: mayoubi92@uk.ac.ir
[۲] استادیار بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۱
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۴

واژه‌های کلیدی:
آلژینات سدیم
آنتالپی
بنه
ترکیبات فنلی
شاخص پذیرش

چکیده

سابقه و هدف: نان غذای اصلی اکثر مردم در سراسر جهان است و لذا غنی‌سازی این ماده غذایی به تأمین سلامت کلی مردم جامعه کمک فراوانی می‌کند. نان مصرفی در مناطق مختلف جهان سرشار از کربوهیدرات و پروتئین است اما اغلب فاقد مقادیر کافی از سایر مواد مغذی ضروری مانند فیبرهای رژیمی، اسیدهای چرب غیراشباع و ترکیبات فنلی می‌باشد. استفاده از منابع گیاهی طبیعی، روشی کارآمد جهت افزایش ارزش تغذیه‌ای، بهبود ساختار و ویژگی‌های کیفی و افزایش زمان ماندگاری نان، به‌ویژه نان‌های تولید شده از آرد با درصد استخراج پایین به شمار می‌رود. میوه پسته وحشی (بنه) یک میوه چرب با ارزش است که از نظر ترکیبات مغذی مانند پروتئین، املاح معدنی، آنتی‌اکسیدان ها و سایر مواد زیست فعال مفید غنی می‌باشد و لذا با توجه به این خواص برای گنجاندن در محصولات غذایی مورد توجه قرارگرفته است. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی پتانسیل استفاده از میوه بنه برای غنی‌سازی و افزایش ماندگاری نان حجیم صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش سطوح ۲، ۴ و ۶ درصد عصاره آبی پودر میوه بنه به دو صورت افزودن به فرمول خمیر و رومال به همراه سطوح ۱ و ۲ درصد هیدروکلوئید آلژینات سدیم در تولید نان حجیم مورد استفاده قرار گرفت. برای ارزیابی تأثیر استفاده از میوه بنه بر ویژگی‌های محصول، پارامترهای مختلفی از جمله pH، میزان افزایش حجم در فر، محتوای چربی، رنگ و صفات حسی پس از تولید نان مورد بررسی قرار گرفت. محتوای رطوبت، فنل کل، بافت و خواص حرارتی نان هم پس از تولید و هم در روزهای سوم و هفتم نگهداری برای ارزیابی تغییرات در ماندگاری نان بررسی شد.

یافته‌ها: استفاده از عصاره آبی پودر میوه بنه و هیدروکلوئید آلژینات سدیم سبب بهبود حفظ رطوبت، افزایش نرمی بافت و به تأخیر انداختن بیاتی نان شد. علاوه بر این، سطوح چربی و ترکیبات فنلی در نان‌های غنی شده با عصاره آبی پودر میوه بنه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت؛ به‌خصوص، نان‌هایی که بالاترین سطح عصاره آبی پودر میوه بنه را داشتند، بالاترین محتوای چربی را نشان دادند و این تیمارها همچنین سطوح بالایی از ترکیبات فنلی را پس از دوره نگهداری دارا بودند. طبق نتایج ارزیابی حسی اگرچه استفاده از عصاره آبی پودر میوه بنه در

برخی تیمارها رنگ نان را تیره‌تر کرد و سبب کاهش امتیاز طعم و مزه شد اما قابلیت جویدن و نرمی بافت و در نتیجه امتیاز بافت نان افزایش یافت. با توجه به مقادیر شاخص پذیرش تمامی تیمارها (بالاتر از ۷۰)، نان‌های تولید شده قابلیت پذیرش حسی مطلوبی داشتند.

نتیجه‌گیری کلی: پایین بودن درصد استخراج آرد مورد استفاده در تهیه نان‌های حجیم، ارزش غذایی آن‌ها را کاهش می‌دهد و بیات شدن آن‌ها را تسریع می‌کند. بنابراین استفاده از منابع گیاهی نظیر میوه بنه می‌تواند یک روش مؤثر در جهت بهبود کیفیت و ماندگاری محصول باشد. طبق نتایج حاصل از پژوهش حاضر، کاربرد عصاره آبی پودر میوه بنه به همراه آلژینات سدیم در تولید نان حجیم، سبب بهبود خواص کیفی، افزایش ارزش تغذیه‌ای و کند شدن روند بیاتی محصول می‌شود.

استناد: ایوبی، اعظم؛ بلوردی، محمد. (۱۴۰۳). ارزیابی اثرات استفاده از عصاره آبی پودر میوه بنه بر خواص کیفی و بیاتی نان حجیم. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۶ (۲)، ۴۰-۱۵.

DOI: 10.22069/fppj.2024.22586.1822

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

امروزه، سطح دقت بشر در انتخاب مواد غذایی بر اساس خواص تغذیه‌ای آن‌هاافزایش یافته است (۱). نان و سایر محصولات نانوایی از جایگاه ویژه‌ای در تغذیه انسان برخوردار بوده و در بسیاری از مناطق جهان به‌عنوان منابع اصلی تأمین‌کننده انرژی انسان محسوب می‌شوند (۲). ازآنجاکه نان یکی از غذاهای اصلی روزانه انسان است غنی‌سازی آن نقش به سزایی در تأمین سلامت افراد جامعه دارد (۱). اگرچه نان از نظر ترکیبات کربوهیدراتی و پروتئینی سرشار است ولی از نظر ترکیبات مغذی دیگری مانند فیبرهای رژیمی، اسیدهای چرب غیراشباع و ترکیبات فنلی دچار کمبود می‌باشد (۳). تاکنون ترکیبات غذایی مختلفی به‌عنوان افزودنی برای غنی‌سازی و به‌منظور تولید یک محصول فراسودمند به فرمولاسیون نان اضافه شده‌اند. در پژوهش‌های محققینی نظیر راستوگی و ساین (۱۹۸۹) و نیز مشایخ و همکاران (۲۰۰۷) از آرد سویا در تولید نان استفاده شد (۴، ۵). در مطالعه آلپاسلان و حیات (۲۰۰۶) آرد بزرک به‌عنوان جایگزین بخشی از آرد گندم در تولید نان مورد استفاده قرار گرفت و مشاهده شد با افزایش میزان آرد بزرک در فرمول نان، امتیاز طعم کاهش‌یافته و رنگ نان تیره‌تر شده است (۶). کوکا و آنیل (۲۰۰۷) و روزگار و همکاران (۲۰۱۵) نیز نتایج مشابهی را درباره استفاده از آرد بزرک در تولید نان گزارش کرده‌اند (۷، ۸). طبق نتایج پژوهش انجام شده توسط خطاب و همکاران (۲۰۱۲) جایگزینی آرد گندم با آرد بزرک چربی گرفته شده، باعث افزایش محتوای پروتئین، چربی، فیبر، خاکستر و مواد معدنی و کاهش میزان از دست دادن آب در نان و بهبود خصوصیات بافتی نان شد (۹). پورعابدینی و اعرابی (۲۰۱۸) در بررسی خود از آرد کتان در تولید نان گندم استفاده کردند و مشاهده نمودند با افزودن آرد کتان به فرمول نان خواص حسی بهبود یافت و بیاتی به تأخیر افتاد (۱۰). آرد کنجاله کنجد (۱۱)، کنجاله ارده (۱۲) و آرد جوانه‌های گندم، عدس و ماش (۱۳) از دیگر افزودنی‌های مورد استفاده در پژوهش‌های محققین در جهت افزایش ارزش تغذیه‌ای و بهبود کیفیت نان بوده است. فتح‌نژاد و همکاران (۲۰۱۲) نیز از پودر خرفه جهت غنی‌سازی نان استفاده کردند و گزارش نمودند افزودن پودر خرفه به نان سطح اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۶ را افزایش می‌دهد. کاربرد هیدروکلوئیدها در تهیه نان به بهبود کیفیت محصول و افزایش ماندگاری کمک می‌کند (۱۴). مشخص شده است که با افزودن صمغ‌های مختلف به فرمول نان به‌ویژه نان‌های حجیم، شبکه گلوتنی خمیر تقویت شده و خصوصیات رئولوژیکی آن بهبود می‌یابد. به‌علاوه بافت نان حاصل نرم‌تر شده، حجم آن افزایش یافته و ضمن بهبود خواص حسی، بیاتی به تأخیر می‌افتد (۱۵). ناطقی و همکاران (۲۰۲۱) پس از ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی و حسی نان باگت حاوی سطوح مختلف هیدروکلوئیدهای زانتان و کربوکسی متیل سلولز، افزودن ۰/۷۵درصد از هریک از این ترکیبات به فرمولاسیون را جهت بهینه‌سازی کیفیت نان پیشنهاد نمودند (۱۶). توکلی‌پور و همکاران (۲۰۲۲) استفاده از هیدروکلوئیدها را به‌عنوان ترکیبات بهبوددهنده جهت بالا بردن کیفیت نان تهیه شده از آرد گندم ضعیف مؤثر دانستند (۱۷).

یکی دیگر از راهکارهای بهبود کیفیت محصولات نانوایی استفاده از پوشش‌های خوراکی می‌باشد (۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳). در تولید صنعتی محصولاتی مانند نان، کلوچه، شیرینی و کیک از رومال یا لعاب به‌عنوان یک نوع پوشش‌دهنده برای افزایش ماندگاری، طعم و پذیرش کلی استفاده می‌شود. استفاده از رومال‌ها برای پوشش سطوح محصولات

نانوایی سبب فراهم کردن ظاهری شفاف در محصول می‌شود و به‌علاوه رومال در برابر تبخیر رطوبت از سطح محصولات نانوایی با رطوبت نسبتاً بالا ممانعت می‌کند (۲۴). مطالعه رضوی‌زادگان جهرمی و همکاران (۲۰۱۲) بر روی اثر رومال‌های مختلف طبیعی، پلی‌اول‌ها، قندها و هیدروکلوئیدها بر نان مسطح بربری نشان داد لعاب‌های خاص می‌توانند به‌عنوان یک مانع رطوبت عمل کنند و سبب افزایش رطوبت و کاهش سفتی مغز نان در طول نگهداری شوند. این محققین استفاده از لعاب را به‌عنوان یک روش مؤثر برای بهبود کیفیت کلی نان مسطح دانستند و کاربرد آن برای تولید نان در مقیاس صنعتی را پیشنهاد نمودند (۲۴). در پژوهش چاین و همکاران (۲۰۱۱) اثر استفاده از نشاسته ذرت، سفیده تخم‌مرغ، شیر بدون چربی و شورتنینگ به‌صورت لعاب روی سطح نان و توانایی این ترکیبات در کاهش بیات شدن نان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد استفاده از نشاسته ذرت، سفیده تخم‌مرغ و شیر بدون چربی در کاهش سفتی و حفظ رطوبت مغز نان در یک دوره نگهداری ۶ روزه مؤثر بود (۲۵). نتایج پژوهش زاوه‌زاده و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان داد آب خربزه یک رومال طبیعی مناسب جهت حفظ کیفیت نان باگت می‌باشد (۲۶). مقایسه اثر رومال‌های سنتی (آب، روغن، پودر پنیر و صمغ زانتان) و رومال حاوی صمغ شاهی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نان بدون گلوتن بر پایه آرد سورگوم در پژوهش صحرائیان و همکاران (۲۰۲۰) بر توانایی بیشتر رومال صمغ شاهی در حفظ نرمی بافت و به تأخیر انداختن بیاتی نان دلالت داشت (۲۷).

یکی از گسترده‌ترین گونه‌های توزیع شده پسته *Pistacia atlantica* می‌باشد که به نام بنه یا پسته وحشی در ایران شناخته می‌شود و از نظر اقتصادی یکی از مهم‌ترین گونه‌های درختی در بسیاری از مناطق ایران به شمار می‌رود. میوه درخت بنه دارای کاربردهای خوراکی، صنعتی و دارویی فراوانی است. سقز نیز همان رزین پسته وحشی می‌باشد که در تولید سنتی و صنعتی محصولات غذایی و دارویی به کار می‌رود (۲۸). میوه بنه از سه بخش پوسته خارجی نرم (۲۴٪)، پوسته چوبی سفت (۵۱٪) و مغز (۲۵٪) تشکیل یافته است (۲۹). پوسته خارجی آن سبزرنگ بوده، با فشار انگشتان به‌آسانی از پوسته چوبی جدا می‌گردد و تقریباً حاوی ۳۰٪ روغن می‌باشد (۳۰). میریستیک اسید، پالمیتیک اسید، پالمیتولئیک اسید، استئاریک اسید، اولئیک اسید، لینولئیک اسید و لینولنیک اسید ازجمله اسیدهای چرب موجود در روغن بنه می‌باشند. حضور مقادیر قابل‌توجه استرول‌ها، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، اسید آمینه‌های ضروری و غیرضروری و عناصر معدنی نظیر آهن، سدیم، مس و روی نیز بر ارزش دارویی و تغذیه‌ای روغن بنه می‌افزاید (۳۱). روغن پوست بنه پایداری اکسایشی بالایی داشته و می‌تواند سبب افزایش قابل ملاحظه مقاومت سایر روغن‌های گیاهی به اکسایش لیپیدی شود (۳۰). تأثیر عصاره هیدروالکلی میوه بنه بر کاهش سطح تری‌گلیسرید و کلسترول خون توسط جعفریان دهکردی و همکاران (۲۰۲۱) گزارش شده است (۳۲). بخش‌های مختلف گیاه به‌طور گسترده به‌عنوان دارویی سنتی در درمان ناراحتی‌های گوارشی، تنفسی، پوستی، عفونی، کلیوی و نیز به‌عنوان داروی آرام‌بخش، ضدالتهاب، ضد دیابت و ضد سرطان مورد استفاده قرار گرفته است (۳۳، ۳۴، ۳۵). به‌علاوه تحقیقات، اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتریایی و ضد قارچی عصاره‌های آبی و الکلی استخراج شده از برگ، صمغ و پوست میوه بنه و نیز امکان استفاده از این ترکیبات طبیعی به‌عنوان جایگزین آنتی‌بیوتیک‌ها را به اثبات رسانده است (۳۱، ۳۶). تأثیر عصاره آبی و پودر بنه بر کنترل رشد کپک آسپرژیلوس فلاووس و

آسپرژیلوس نیجر در پنیر لاکتیکی در نتایج پژوهش شهدادی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش شده است (۲۸). مشخص شده است اسانس الکلی شیره بنه بر روی باکتری‌های کلستریدیوم اسپوروژنس، اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس خاصیت بازدارندگی و ضد باکتریایی دارد (۳۷).

از آنجا که بنه منبع غنی از پروتئین، املاح معدنی، آنتی‌اکسیدان‌ها و دیگر ترکیبات بیولوژیکی ارزشمند است که برای انسان مفید شناخته شده‌اند، هدف از پژوهش حاضر، استفاده از عصاره آبی پودر میوه بنه به دو صورت افزودن به فرمول محصول و استفاده به‌صورت رومال برای غنی‌سازی نان حجیم و بررسی ترکیب و خواص فیزیکوشیمیایی و حسی نان غنی شده می‌باشد. به‌علاوه جهت بررسی اثر آلژینات سدیم بر کیفیت نان نیز در تولید تیمارهای حاوی عصاره آبی پودر میوه بنه از این هیدروکلوئید استفاده شد.

مواد و روش‌ها

مواد و تهیه نان: آرد گندم ستاره (حاوی ۱۱/۲٪ رطوبت، ۱۱/۵۱٪ پروتئین، ۳/۶۳٪ چربی و ۱/۴۵٪ فیبر) از کارخانه آرد توکل کرمان و سایر مواد اولیه شامل مخمر خشک فوری، شکر، روغن و نمک از فروشگاه‌های سطح شهر تهیه شد. دانه‌های بنه نیز از بازار محلی خریداری و پس از تمیز شدن در آسیاب آزمایشگاهی خرد شد. جهت تهیه عصاره آبی پودر میوه بنه، پودر میوه بنه (بدون جداسازی پوست) با آب جوش (به مقدار هم‌وزن پودر بنه) مخلوط شد و پس از ۳۰ دقیقه هم زدن مداوم توسط الک با مش ۴۰ صاف شد. نسبت ترکیبات مختلف به آرد در فرمولاسیون نان تولیدی عبارت از ۴۰٪ آب، ۱/۵٪ مخمر، ۱٪ شکر، ۲٪ روغن و ۱٪ نمک بود. به‌منظور تولید خمیر نان، ابتدا مواد خشک در مخزن همزن مخلوط شد. پس از افزودن آب و مخمر آماده شده هم زدن به مدت ۱۵ دقیقه ادامه یافت. لازم به ذکر است جهت آماده‌سازی مخمر، پودر مخمر همراه با شکر مورد استفاده در فرمول خمیر و ۳ برابر وزن شکر آب ولرم مخلوط شد و پس از گذشت مدت ۱۵ دقیقه آماده شد. تخمیر اولیه به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد صورت گرفت. پس از انجام عمل چانه‌گیری و دادن شکل و فرم لازم به چانه‌ها، تخمیر نهایی در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۰ دقیقه انجام شد. بعد از طی شدن این مرحله برای تیمارهای دارای رومال، رومال‌زنی انجام شد. پخت نان در دمای ۲۲۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه صورت گرفت. پس از سرد شدن، نان‌های پخته شده در کیسه‌های پلی اتیلنی زیپ‌بگ بسته‌بندی شدند. برای نمونه‌های حاوی عصاره آبی بنه در فرمول خمیر پس از آماده‌سازی خمیر، مقادیر ۲، ۴ و ۶ درصد عصاره آبی بنه (بر پایه وزن خمیر) به خمیر افزوده شد. در نمونه‌های دارای رومال نیز از مقادیر مشابه عصاره آبی پودر میوه بنه به‌عنوان رومال استفاده شد و سطح خمیر نان با کمک فرچه مخصوص نانوایی به رومال آغشته گشت. جهت بررسی اثر افزودن آلژینات سدیم نیز از سطوح ۱ و ۲٪ آلژینات سدیم در تمامی تیمارها به‌جز نمونه شاهد استفاده شد. لازم به ذکر است که در تیمارهای حاوی هیدروکلوئید، آلژینات سدیم قبل از تولید خمیر به‌عنوان افزودنی به آرد اضافه شد (۳۸). در نهایت ۶ نمونه حاوی عصاره آبی پودر میوه بنه در فرمول، ۶ نمونه حاوی رومال و یک نمونه فاقد عصاره آبی بنه و آلژینات سدیم به‌عنوان نمونه شاهد تهیه گردید (جدول ۱). اندازه‌گیری pH، میزان افزایش حجم در فر، چربی، رنگ و صفات حسی پس از تولید نان انجام شد. صفات رطوبت، فنل کل، بافت و آنالیز حرارتی نان نیز پس از تولید و در روزهای سوم و هفتم نگهداری بررسی شد. نگهداری

نمونه‌های بسته‌بندی شـده در یخچـال در دمـای ۴±۱ درجه سانتیگراد صورت گرفت.

جدول ۱- تیمارهای نان تولید شده

Table 1. Treatments of produced bread

تیمار Treatment	روش کاربرد عصاره آبی پودر میوه بنه Method of PAFPAE (Pistacia Aatlantica Fruit Powder Aqueous Extract) application	سطح عصاره آبی پودر میوه بنه (درصد) Level of PAFPAE (%)	سطح آلژینات سدیم (درصد) Level of sodium alginate (%)
Control	-	-	-
T1	در فرمول خمیر In the dough formula	2	1
T2	در فرمول خمیر In the dough formula	4	1
T3	در فرمول خمیر In the dough formula	6	1
T4	در فرمول خمیر In the dough formula	2	2
T5	در فرمول خمیر In the dough formula	4	2
T6	در فرمول خمیر In the dough formula	6	2
T7	رومال glazing	2	1
T8	رومال glazing	4	1
T9	رومال glazing	6	1
T10	رومال glazing	2	2
T11	رومال glazing	4	2
T12	رومال glazing	6	2

رطوبت: اندازه‌گیری رطوبت نان طبـق روش AACC در دمای ۲±۱۰۵ درجه سانتی‌گراد توسـط آون UF75 Memmert ساخت آلمان انجام شد (۳۹).

pH: برای اندازه‌گیری pH از دستگاه pH متر دیجیتالی (3020, Jenway, UK) استفاده شد و اندازه‌گیـری pH در دمای ۲±۲۵ درجه سانتیگراد صورت گرفت (۴۰).

فنل کل: برای تعیین مقـدار فنـل کـل ابتـدا ۰/۵ گـرم نمونه وزن شد و بـا افـزودن مخلـوط متـانول/آب بـه نسبت ۲۰:۸۰ حجم آن به ۱۰ میلی‌لیتـر رسـانده شـد. مخلوط حاصل با اسـتفاده از شـیکر (KS 260 basic, IKA, Germany) بـا سـرعت ۲۰۰rpm بـه مـدت ۱۵ دقیقه به‌خوبی هم زده شـد و پـس‌ازآن بـه مـدت ۱۰ دقیقـــه در ۵۰۰۰g ســـانتریفوژ (Sigma, 3-30K, Germany) شد. به ۱۰۰ میکرو لیتر از محلـول صـاف شده ۷۵۰ میکرو لیتر محلـول فـولین سـیوکالتیو رقیـق شده به نسـبت ۱ بـه ۱۰ و ۷۵۰ میکـرو لیتـر کربنـات سدیم ۶٪ اضافه شد و پس از ۳۰ دقیقـه نگهـداری در تاریکی، میزان جذب توسـط دسـتگاه اسـپکتروفتومتر

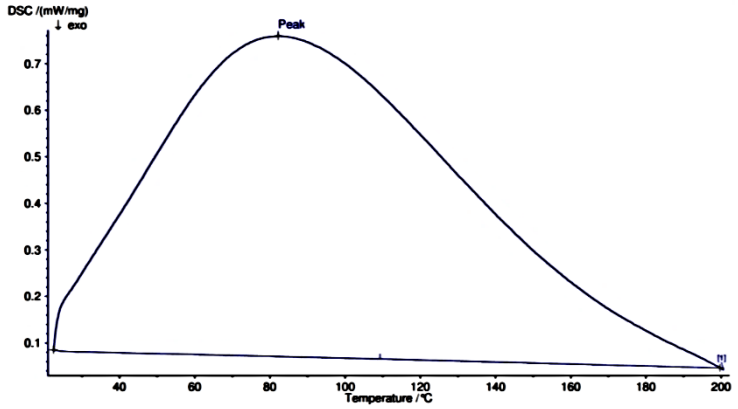
(UNICO, 2802, China) در طول‌موج ۷۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. از اسیدگالیک نیز به‌عنوان استاندارد استفاده شد (۴۱).

چربی: اندازه‌گیری چربی طبق روش ال-رشدان و همکاران (۲۰۱۰) و توسط دستگاه سوکسله انجام شد (۴۲). برای این منظور مقدار ۳ گرم از نمونه یکنواخت شده در یک کاغذ صافی وزن شد. سپس کاغذ صافی تا شده داخل کارتوش، قرار داده شد و به‌وسیله سوکسله روغن آن با حلال اتردوپترول استخراج شد. پس از استخراج چربی و تبخیر حلال، ماده استخراجی حاصل به مدت یک ساعت در آون ۱۰±۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک و پس از سرد نمودن در دسیکاتور توزین شد و درصد چربی محاسبه شد.

میزان افزایش حجم در فر: با محاسبه اختلاف ارتفاع نان پخته شده در فر و ارتفاع خمیر پس از تخمیر نهایی، میزان افزایش حجم در فر بر حسب میلی‌متر محاسبه شد (۴۳).

بافت: به‌منظور ارزیابی بافت نان از دستگاه بافت سنج مدل STM-1 ساخت شرکت SANTAM کشور ایران استفاده گردید. بدین منظور نیروی لازم برای نفوذ پروب استوانه‌ای به قطر ۳ سانتی‌متر با سرعت ۱۰۰ میلی‌متر در دقیقه به داخل بافت نان اندازه‌گیری شد(۴۴).

بیاتی: آزمون بیاتی با استفاده از دستگاه آنالایزر حرارتی مدل STA409PC ساخت شرکت NETZSCH کشور آلمان پس از تولید و در روزهای سوم و هفتم نگهداری نان انجام شد. برای انجام آزمایش مقدار ۳۰ میلی‌گرم نمونه از مغز نان در ظرف آلومینیومی بسته وزن شد. نمونه از دمای صفر تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد و با سرعت ۱۰ درجه سانتیگراد بر دقیقه گرم شد. جهت ارزیابی رفتار حرارتی و بیاتی مقادیر دمای پیک و آنتالپی نان از منحنی اندوترم DSC (شکل ۱) اقتباس شد (۴۵).



شکل ۱- منحنی اندوترم DSC

Figure 1. DSC endotherm curve

رنگ: برای ارزیابی رنگ پوسته و مغز نان سه فاکتور L*، a* و b* توسط دستگاه رنگ سنج TES-135A ساخت کشور تایوان اندازه‌گیری شد. فاکتور L* نشان‌دهنده میزان روشنی (۱۰۰ برای سفید و صفر برای سیاه)، فاکتور a* نشان‌دهنده میزان قرمزی/ سبزی (مقادیر مثبت برای قرمزی و منفی برای سبزی) و فاکتور b* نشان‌دهنده میزان زردی/ آبی (مقادیر مثبت برای زردی و منفی برای آبی) می‌باشد (۴۶).

ارزیابی خصوصیات حسی: ارزیابی خصوصیات حسی نان‌های تولیدی بر اساس روش هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام شد. برای این منظور ۲۰ ارزیاب آموزش‌دیده از بین دانشجویان زن و مرد رده سنی ۱۸ تا ۲۵ سال رشته علوم و مهندسی صنایع غذایی خصوصیات حسی نان‌های تولیدی شامل طعم و مزه، قابلیت جویدن و سفتی بافت، وضعیت رنگ پوسته و پذیرش کلی را بررسی و بر مبنای مقیاس۵ بالاترین و 1کمترین امتیاز، امتیازدهی نمودند. شاخص پذیرش ۱ (AI) نیز بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد که در آن X میانگین نمرات به‌دست‌آمده برای پذیرش کلی است (۴۷)

رابطه (۱): $\%AI = \frac{X}{5} \times 100$

تجزیه و تحلیل آماری

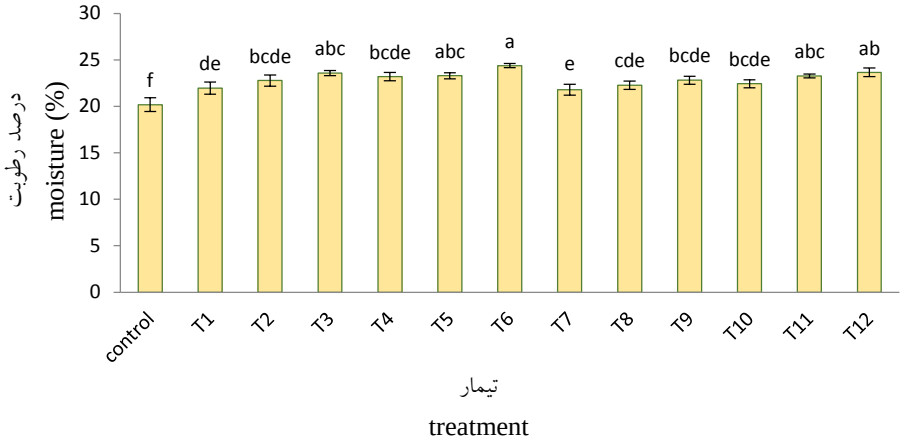
تمامی آزمون‌ها در ۳ تکرار انجام شد و تجزیه آماری داده‌ها بر پایه طرح آماری کاملاً تصادفی برای صفات بدون زمان و طرح آماری کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل برای صفات زمان‌دار و به کمک نرم‌افزار MSTAT-C نسخه ۱.۴۲ انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار EXCELL استفاده شد.

نتایج و بحث

pH: pH یکی از عوامل مؤثر بر رشد مخمر، انجام واکنش قهوه‌ای شدن میلارد و تشکیل آکریل آمید طی پخت نان می‌باشد (۴۸). به‌علاوه pH به‌عنوان یک عامل محیطی بر میزان فعالیت آنزیم فیتاز و در نتیجه مقدار تجزیه اسید فیتیک تأثیر می‌گذارد (۴۹). همچنین مشخص شده است خاصیت الاستیسیته و کشسانی خمیر، حجم مخصوص نان، سفتی بافت طی نگهداری، سرعت بیاتی و نیز خواص حسی نان تحت تأثیر pH قرارمی‌گیرند (۵۰). نتایج ارزیابی pH نان در جدول ۳ گزارش شده است. طبق این نتایج استفاده از عصاره آبی پودر میوه بنه در فرمول خمیر و به‌صورت رومال و نیز افزودن هیدروکلوئید آلژینات سدیم تأثیر معنی‌داری بر pH نان نداشت؛ اگرچه افزودن این ترکیبات به محصول، pH آن را کاهش داد. مقدار pH نمونه‌ها در دامنه ۰/۱۲a ± ۶/۴۴ (شاهد) تا ۰/۲۷a ± ۶/۲۵ (تیمار T9) متغیر بود. عدم تأثیر معنی‌دار استفاده از ترکیبات هیدروکلوئیدی بر pH نان به علت pH طبیعی این ترکیبات در پژوهش‌های محقیقینی نظیر ناطقی و همکاران (۲۰۲۱)، ماتودا و همکاران (۲۰۰۸) و شیتو و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش شده است (۱۶، ۵۱، ۵۲).

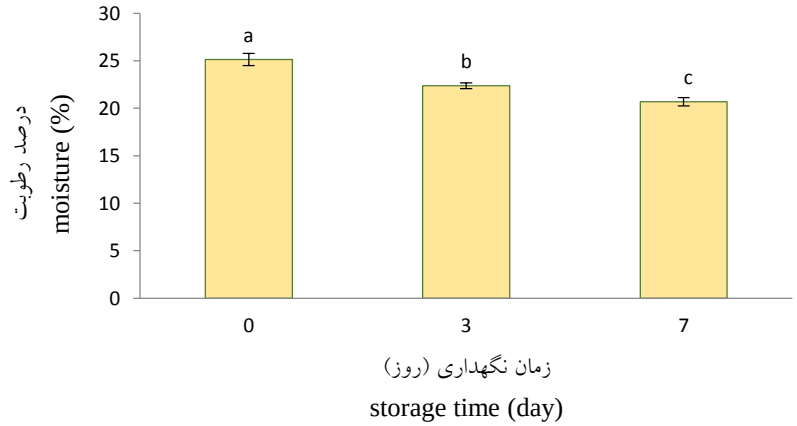
رطوبت: نتایج ارزیابی رطوبت نمونه‌ها نشان داد استفاده از آلژینات سدیم و عصاره آبی پودر میوه بنه در فرمول خمیر و به‌صورت رومال سبب افزایش معنی‌دار رطوبت نان شده است ($p<0.01$). به‌علاوه با افزایش سطح آلژینات سدیم و عصاره آبی پودر میوه بنه میزان رطوبت افزایش یافته است (شکل ۲). پس از تولید نان کمترین مقدار رطوبت ($۱/۱۲^{efg} \pm ۲۳/۱$ درصد) مربوط به نمونه شاهد و بیشترین مقدار رطوبت ($۰/۲۳^{a} \pm ۲۶/۹۳$ درصد) مربوط به تیمار T6 بود. طی زمان نگهداری به طور معنی‌داری از رطوبت نان کاسته شد ($p<۰/۰۱$). در روزهای سوم و هفتم نگهداری نان، نیز نمونه‌های دارای سطوح بالاتر آلژینات سدیم و عصاره آبی پودر میوه بنه مقدار رطوبت بیشتری داشتند؛ اگرچه طبق نتایج آنالیز واریانس تأثیر متقابل تیمار (استفاده از عصاره آبی پودر میوه بنه و صمغ) و زمان نگهداری بر رطوبت معنی‌دار نبود (شکل ۳). پس از ۷ روز نگهداری نیز کمترین مقدار رطوبت ($۰/۵۱^{p} \pm ۱۷/۱۵$درصد) مربوط به نمونه شاهد و بیشترین مقدار رطوبت ($۰/۱۹^{ghijk} \pm ۲۲/۳۰$ درصد) مربوط به تیمار T6 بود.

طبق گزارش بن حسنی و همکاران (۲۰۰۷) میوه بنه ایرانی دارای تقریباً ۳۲/۴۳٪ فیبر خام، ۸/۲٪ پروتئین خام و ۵/۲۳٪ نشاسته است (۵۳). به نظر می‌رسد توانایی این قبیل ترکیبات در نگهداری آب طی پخت نان و در زمان نگهداری نان علت رطوبت بالاتر تیمارهای دارای عصاره آبی پودر میوه بنه در فرمول خمیر بوده است. از طرف دیگر توانایی عصاره رومال در محدود کردن مهاجرت رطوبت از نان می‌تواند علت رطوبت بیشتر تیمارهای دارای رومال باشد (۲۴). نتایج پژوهش صحرائیان و همکاران (۲۰۲۰) نیز بر توانایی رومال در حفظ رطوبت نان طی زمان نگهداری دلالت داشت (۲۷). رطوبت بالا یکی از عوامل مؤثر بر نرمی و بهبود بافت محصولات نانوایی است (۵۴). ازطرف‌دیگر طی دوره نگهداری، سرعت بیاتی تحت تأثیر عواملی که مهاجرت آب از مغز به پوسته نان را به تأخیر می‌اندازند، قرار می‌گیرد (۵۵).



شکل ۲- اثر تیمار بر محتوای رطوبت نان (میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

Figure 2. The effect of treatment on moisture content of bread (Means values followed by the same letters are not significantly different (P<0.05))

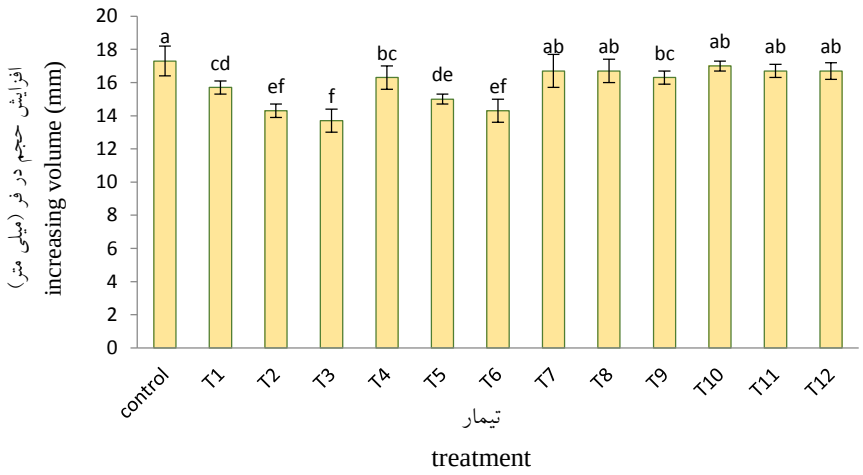


شکل ۳- اثر زمان نگهداری بر محتوای رطوبت نان (میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

Figure 3. The effect of storage time on moisture content of bread (Means values followed by the same letters are not significantly different (P<0.05))

نتایج بررسی رضوی‌زادگان جهرمی و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد استفاده از رومال در حفظ میزان رطوبت نان تأثیر معنی‌داری داشت (۲۴). با توجه به توانایی هیدروکلوئیدها در نگهداری آب در خمیر، حفظ بهتر رطوبت نان‌های حاوی آلژینات سدیم طی پخت و دوره نگهداری نیز دور از انتظار نمی‌باشد (۱۵). این نتایج با نتایج پژوهش ناطقی و همکاران (۲۰۲۱) و مویدی و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد (۱۶، ۵۶).

میزان افزایش حجم در فر: اثر استفاده از عصاره آبی پودر میوه بنه و آلژینات سدیم بر میزان افزایش حجم نان در فر در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس حاکی از آن بود که افزودن عصاره آبی پودر میوه بنه به فرمول نان میزان افزایش حجم نان در فر را کاهش داد ($p<0/01$)؛ اما استفاده از این ترکیب به‌صورت رومال تأثیر معنی‌داری بر افزایش حجم نان در فر نداشت. به‌علاوه نتایج نشان داد اگرچه با افزایش سطح هیدروکلوئید آلژینات سدیم میزان افزایش حجم نان در فر بیشتر شده اما این افزایش معنی‌دار نبوده است. بیشترین مقدار افزایش حجم نان در فر (۱/۷۳۰ ±۰/۰۸۵a میلی‌متر) مربوط به نمونه شاهد و کمترین مقدار افزایش حجم نان در فر (۱/۵۰۰±۰/۰۳۰de میلی‌متر) مربوط به تیمار T5 بود. به نظر می‌رسد کاهش میزان گلوتن و در نتیجه تضعیف شبکه گلوتن و کم شدن قابلیت نگهداری گاز علت کاهش میزان افزایش حجم نان‌های حاوی عصاره آبی پودر میوه بنه در فر بوده است (۵۷).



شکل ۴- اثر تیمار بر افزایش حجم نان در فر (میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

Figure 4. The effect of treatment on increasing volume of bread (Means values followed by the same letters are not significantly different (P<0.05))

استفاده از رومال می‌تواند باعث حفظ حالت انعطاف‌پذیری سطح خارجی خمیر و در نتیجه به تأخیر انداختن خشک شدن سطح خارجی خمیر در حین پخت و افزایش ابعاد افقی نان شود. در این شرایط در زمان پخت، سطح خارجی خمیر نسبت به سطح داخلی آن به گسترش خود ادامه داده و این امر باعث افزایش حجم مخصوص نان می‌شود (۵۸). در بررسی‌های انجام شده توسط کاسپر و همکاران (۲۰۰۷)، جکپسون (۲۰۰۳) و رضوی زادگان جهرمی و همکاران (۲۰۱۲) نتایج مشابهی گزارش شده است (۵۹، ۶۰، ۲۴).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ابعاد، حجم و حجم مخصوص نان بربری حاوی ژل آلژینات سدیم در مطالعه سلیمانی‌فرد و همکاران (۲۰۱۴)

نشان دهنده افزایش ابعاد، حجم و حجم مخصوص نان حاوی این هیدروکلوئید بود. این محققین افزایش پایداری در سطح مشترک مجموعه سلول‌های گازی در طی پخت و در نتیجه افزایش قابلیت نگهداری گاز توسط این سلول‌ها را علت بهبود حجم نان بیان کردند (۶۱). افزایش حجم مخصوص نان باگت با افزودن هیدروکلوئید به فرمول نان در نتایج مطالعه ناطقی و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش شده است (۱۶).

سفتی بافت: نتایج اثر استفاده از عصاره آبی پودر میوه بنه و آلژینات سدیم بر میزان سفتی بافت پس از پخت و در روزهای سوم و هفتم نگهداری نان در جدول ۲ آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تاثیر تیمارهای پژوهش بر میزان سفتی بافت معنی‌دار بود ($p< ۰/۰۱$). کاربرد عصاره آبی پودر میوه بنه در فرمول خمیر و به صورت رومال و نیز افزودن آلژینات سدیم به فرمول خمیر منجر به نرمی و کاهش میزان سفتی بافت نان شد. با افزایش سطح عصاره آبی پودر میوه بنه و آلژینات سدیم مقدار سفتی بافت کاهش یافت. به علاوه طی دوره نگهداری نان سفتی بافت نان افزایش یافت؛ البته این افزایش در نمونه شاهد بیشتر بود به طوری که در روز هفتم نگهداری بیشترین سفتی بافت مربوط به نمونه شاهد بود ($p< ۰/۰۱$).این نتایج با نتایج بررسی صحرائیان و همکاران (۲۰۲۰)، زاوه‌زاده و همکاران (۲۰۱۶) و نتایج مطالعه منتس و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت داشت (۲۷، ۲۶، ۳). طبق گزارش روزگار و همکاران (۲۰۱۵) افزودن بزرک به نان سبب ایجاد بافت نرم‌تری شد. این محققین تأثیر مثبت صمغ بزرک و شورتنینگ چربی بزرک بر ساختار خمیر نان را علت نرم شدن بافت نان بیان کردند (۸). با توجه به بالا بودن محتوای چربی میوه بنه به نظر می‌رسد افزایش میزان چربی نان با افزودن عصاره پودر میوه بنه در نرم شدن بافت نان موثر بوده است. به علاوه همان‌طور که در بخش نتایج رطوبت ذکر شد استفاده از عصاره آبی پودر میوه بنه منجر به افزایش سطح رطوبت نان و حفظ بهتر رطوبت طی زمان نگهداری نان شد. رطوبت بالاتر نان نیز می‌تواند بر نرمی بافت موثر باشد (۱۶).

جدول ۲- اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری بر سفتی بافت، دمای پیک و آنتالپی نان

Table 2. The interaction effect of treatment and storage time on hardness, Tg and enthalpy of bread

تیمار Treatment	زمان نگهداری (روز) Storage time (day)	سفتی بافت (نیوتن) Hardness (N)	دمای پیک (درجه سانتیگراد) Tg (°C)	آنتالپی (ژول بر گرم) Enthalpy ($J.g^{-1}$)
Control	0	8.0 ± 0.3^{n}	93.3 ± 3.1^{no}	174.5 ± 5.2^{j}
	3	16.1 ± 0.9^{i}	116.6 ± 3.1^{g}	266 ± 2.8^{f}
	7	34.2 ± 1.1^{a}	141.1 ± 5.4^{a}	346.9 ± 4.6^{a}
T1	0	7.7 ± 0.5^{nop}	86.4 ± 1.3^{qrs}	163.6 ± 2.8^{jk}
	3	14.0 ± 0.5^{jk}	98.1 ± 2.1^{lm}	248.6 ± 3.0^{fgh}
	7	28.5 ± 0.2^{ef}	124.3 ± 2.2^{cde}	315.9 ± 2.8^{cd}
T2	0	7.5 ± 0.2^{nopq}	82.2 ± 2.2^{tu}	164.3 ± 1.7^{jk}
	3	14.2 ± 0.7^{jk}	94.6 ± 1.2^{mn}	239.9 ± 0.7^{gh}
	7	29.1 ± 1.1^{de}	120.2 ± 1.8^{efg}	314.9 ± 3.2^{cd}
T3	0	7.4 ± 0.2^{nopq}	80.1 ± 0.9^{u}	158.3 ± 2.1^{jk}
	3	13.8 ± 0.4^{k}	94.3 ± 1.5^{mn}	207.6 ± 1.3^{i}
	7	27.9 ± 0.3^{ij}	117.5 ± 0.8^{g}	$308.9\pm2d^{e}$
T4	0	6.9 ± 0.3^{nopq}	84.5 ± 2.3^{vst}	163.1 ± 2.3^{jk}
	3	12.2 ± 0.7^{m}	93.2 ± 2.6^{no}	242.6 ± 2.1^{gh}
	7	27.4 ± 0.7^{gh}	120.5 ± 0.9^{efg}	307.4 ± 3.8^{de}
T5	0	6.7 ± 0.3^{opq}	82.4 ± 2^{stu}	161.4 ± 0.6^{jk}

تیمار Treatment	زمان نگهداری (روز) Storage time (day)	سفتی بافت (نیوتن) Hardness (N)	دمای پیک (درجه سانتیگراد) Tg (°C)	آنتالپی (ژول بر گرم) Enthalpy ($J.g^{-1}$)
	3	12.5 ± 0.6^{lm}	91.5 ± 1.2^{nop}	240.6 ± 2.1^{gh}
	7	27.0 ± 0.8^{gh}	118.9 ± 0.5^{fg}	292.7 ± 7.6^{e}
	0	67 ± 4.0^{opq}	78.4 ± 1.3^{u}	155.3 ± 0.7^{k}
T6	3	12.3 ± 0.4^{m}	90.1 ± 1.5^{opq}	236.8 ± 1.3^{h}
	7	26.6 ± 1.0^{h}	110.9 ± 6.1^{h}	295.8 ± 3.2^{e}
	0	7.9 ± 0.3^{no}	90.1 ± 1.1^{opq}	170.7 ± 1.1^{jk}
T7	3	14.5 ± 0.3^{jk}	108.7 ± 3.2^{hi}	255.9 ± 3.4^{fg}
	7	30.7 ± 0.9^{bc}	132.7 ± 4^{b}	332 ± 2.4^{abc}
	0	7.2 ± 0.3^{nopq}	88.4 ± 1.3^{pqr}	172.1 ± 3.4^{jk}
T8	3	15.0 ± 0.8^{j}	107.3 ± 1.0^{hij}	255.6 ± 3.6^{fg}
	7	31.5 ± 1.2^{b}	126.1 ± 1.4^{cd}	335.7 ± 2.6^{ab}
	0	7.4 ± 0.1^{nopq}	86.8 ± 0.7^{qr}	164.7 ± 2.1^{jk}
T9	3	13.9 ± 0.2^{jk}	109.4 ± 1.7^{hi}	257.7 ± 1.6^{fg}
	7	31.1 ± 0.5^{b}	128.0 ± 1.0^{c}	333.3 ± 2.2^{ab}
	0	7.0 ± 0.5^{nopq}	86.4 ± 1.2^{qrs}	168.3 ± 3.7^{jk}
T10	3	14.5 ± 0.5^{jk}	105.9 ± 1.0^{ij}	252.7 ± 2.0^{fgh}
	7	30.0 ± 0.4^{cd}	128.3 ± 3.1^{c}	323.1 ± 2.8^{bcd}
	0	6.4 ± 0.2^{q}	89.2 ± 0.7^{opq}	170.7 ± 2.3^{jk}
T11	3	13.4 ± 0.6^{kl}	103.7 ± 1.1^{jk}	255.6 ± 4.6^{fg}
	7	29.1 ± 1.7^{de}	120.5 ± 3.3^{efg}	326.5 ± 2.1^{bc}
	0	6.6 ± 0.2^{pq}	81.1 ± 3.1^{tu}	160.6 ± 0.8^{jk}
T12	3	13.5 ± 0.1^{kl}	100.5 ± 1.9^{kl}	244.6 ± 2.5^{gh}
	7	28.6 ± 0.3^{ef}	122.2 ± 1.2^{def}	315.9 ± 1.8^{cd}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Note: Means values in the same column followed by the same letters are not significantly different ($P<0.05$)

ارزیابی سفتی و رطوبت مغز نان در طی ۱۲ روز نگهداری در مطالعه رضوی‌زادگان جهرمی و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد رومال‌های آب، زرده تخم‌مرغ، نشاسته و پروپیلن گلیکول توانستند سخت شدن بافت مغز نان را کاهش داده و روند بیاتی آن را کند کنند (۲۴). تأثیر رومال (نشاسته ذرت، سفیده تخم‌مرغ و شیر بدون چربی) بر کاهش سفتی و حفظ مقدار رطوبت مغز نان در طول دوره نگهداری توسط چاین و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش شده است (۲۵). تأثیر هیدروکلوئیدها در کاهش سفتی بافت نان نیز توسط محققین مختلف گزارش شده است. تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب و هیدروکلوئیدها (۱۵) و تأثیر هیدروکلوئیدها در تغییر ساختار نشاسته (۶۲) ازجمله مکانیسم‌های بیان شده درباره چگونگی تأثیر هیدروکلوئیدها در کاهش سفتی بافت نان می‌باشد. ناطقی و همکاران (۲۰۲۱) نیز تشکیل کمپلکس بین هیدروکلوئید و پروتئین گلوتن را از دیگر دلایل تأثیر هیدروکلوئیدها بر کاهش سفتی نان بیان نمودند (۱۶). همانطور که در نتایج مربوط به افزایش حجم در فر مشاهده می‌شود در اغلب تیمارها با افزایش سطح آلژینات سدیم میزان افزایش حجم در فر زیاد شده است. لذا به نظر می‌رسد افزایش حجم این نمونه‌ها نیز در کاهش سفتی بافت آن‌هامؤثر بوده است. یوسفی فخر و همکاران (۲۰۲۳) نیز افزایش

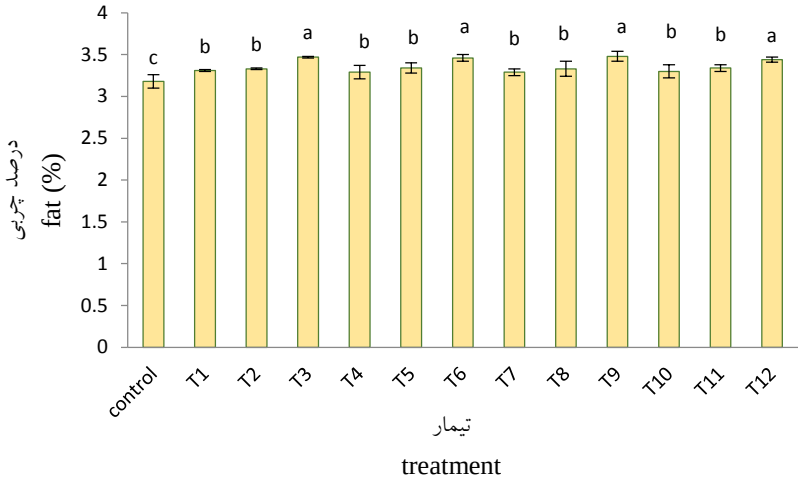
حجم نان را یکی از دلایل کاهش سفتی بافت آن بیان نموده‌اند (۶۳). از آنجا که هیدروکلوئیدها به‌دلیل افزایش جذب آب، ویسکوزیته خمیر را افزایش می‌دهند با ایجاد شرایط و ساختار مناسب به حفظ حباب‌های گاز در طی مخلوط کردن، تخمیر و همچنین بخارات آب تولیدی در مرحله پخت کمک می‌کنند. لذا استفاده از این ترکیبات در خمیر، سبب ایجاد ساختار متخلخل با حجم مخصوص بالا در نان تولیدی می‌گردد و در نتیجه میزان سفتی بافت محصول کاهش می‌یابد (۶۴).

بیاتی و ویژگی‌های حرارتی: به مجموعه تغییرات فیزیکوشیمیایی مختلفی که پس از فرآیند پخت در محصولات نانوایی رخ می‌دهد بیاتی اطلاق می‌شود. پدیده بیاتی از عوامل مهم ایجاد ضایعات نان بوده و باعث کاهش طعم و مزه، کاهش ظرفیت جذب آب مغز نان، افزایش تبلور نشاسته، افزایش سفتی مغز نان، تغییر در ویژگی‌های حرارتی و به‌طورکلی عدم پذیرش نان و محصولات نانوایی از طرف مصرف‌کننده طی دوره نگهداری می‌شود (۶۵). کریستالیزاسیون مجدد مولکول‌های نشاسته به‌خصوص آمیلوپکتین‌های کوتاه زنجیر و مهاجرت رطوبت پس از کریستالیزاسیون نشاسته از عوامل مهم مؤثر در ایجاد سفتی بافت و به دنبال آن بیاتی ذکر شده است (۶۶). ناطقی و همکاران (۲۰۲۱) برگشت پلیمرها در آمیلوپکتین، آرایش مجدد ناحیه آمورف، کاهش مقدار رطوبت و توزیع رطوبت بین نواحی آمورف و کریستالی را ازجمله عوامل دخیل در بروز پدیده بیاتی عنوان کردند (۱۶). طبق گزارش کووواین و یانگ (۲۰۰۶) تغییرات در نشاسته و پروتئین و همچنین تغییر در توزیع رطوبت بین این دو جزء علت بیاتی نان است (۶۷). تغییرات کیفی نان طی بیاتی غالباً تحت تأثیر نشاسته می‌باشد. طی زمان نگهداری نان، نشاسته به دلیل کاهش آب یا تغییر وضعیت آن به کریستال تبدیل می‌شود. در آمیلوز به دلیل عدم ممانعت هوایی شاخه‌ها، این تغییرات سریع‌تر رخ‌داده و در نتیجه پیوندهای محکم‌تری هم به وجود می‌آید؛ علت سفت شدن بافت نان طی اولین روز نگهداری همین مسأله است. در مراحل بعدی، شاخه‌های آمیلوپکتین که عامل اصلی بیاتی نان هستند، به آهستگی کنار هم قرارگرفته و کریستاله می‌شوند. کریستالیزاسیون آمیلوپکتین یک پدیده آشکار در مدت نگهداری نان‌های حجیم می‌باشد (۶۸). سرعت بیاتی و تبلور نشاسته با استفاده از روش‌های فیزیکوشیمیایی مختلف ارزیابی می‌شود. یکی از روش‌های مناسب بررسی بیاتی نان و سایر محصولات نانوایی سنجش تغییرات آنتالپی و اندازه‌گیری مقدار افزایش آن در طی دوره نگهداری نان می‌باشد (۶۵).

نتایج آنالیز حرارتی نان (جدول ۲) نشان داد در تیمارهای حاوی عصاره آبی پودر میوه بنه و صمغ آلژینات سدیم دمای پیک و مقدار آنتالپی کاهش یافته است ($p<0/01$). با افزایش سطح عصاره آبی پودر میوه بنه و صمغ آلژینات سدیم در نان میزان کاهش دمای پیک و آنتالپی بیشتر بود. در زمان نگهداری نان نیز به‌تدریج باگذشت زمان، دمای پیک و آنتالپی تمام نمونه‌ها افزایش یافت ($p<0/01$)؛ به‌طوری‌که پس از ۷ روز نگهداری بیشترین مقدار دمای پیک و آنتالپی مربوط به نمونه شاهد (به ترتیب ۵/۴a ± ۱۴۱/۱درجه سانتیگراد و ۴/۶a J.g-1 ± ۳۴۶/۹) و کمترین مقدار دمای پیک مربوط به تیمار T6 (۶/۱h ± ۱۱۰/۹درجه سانتیگراد) و کمترین آنتالپی مربوط به تیمار (۷/۶T5e J.g-1 ± ۲۹۲/۷) بود (جدول ۲). طبق گزارش سلیمان بیگی و ارزه‌گر (۲۰۱۳) میوه بنه گونه آتلانتیکا حاوی ۱/۵۳ ± ۳۲/۴۳ درصد فیبر، ۰/۴۰ ± ۸/۲۰ درصد پروتئین، ۰/۲۹ ± ۵/۲۳ درصد نشاسته و ۳/۰۵ ± ۲۶/۸ درصد روغن خام است (۶۹). لذا دلیل کاهش دمای پیک و آنتالپی و در نتیجه کاهش بیاتی

نمونه‌های نان با افزایش مقادیر عصاره آبی پودر میوه بنه مصرفی را می‌توان حضور ترکیبات جذب‌کننده رطوبت نظیر فیبر، ترکیبات پروتئینی و نشاسته و همچنین محتوای چربی بالای آن دانست. تأثیر ترکیبات پروتئینی در نرمی و بهبود بافت، کاهش دمای پیک و مقدار آنتالپی و به تأخیر انداختن بیاتی نان کینوا در پژوهش علیزاده بها بادی و همکاران (۲۰۲۲) گزارش شده است (۷۰). با توجه به نقش نرم کنندگی آب و کاهش دمای انتقال شیشه‌ای با افزایش محتوای آب محصول ازآنجاکه ترکیبات هیدروکلوئیدی توانایی جذب و نگهداری آب بالایی دارند کاهش دمای پیک با افزایش سطح آلژینات سدیم در نان و نیز کند شدن روند بیاتی نان با افزودن آلژینات سدیم هم دور از انتظار نیست (۷۱). ناطقی و همکاران (۲۰۲۱)، افزایش سطح جذب آب توسط ترکیبات دارای گروه‌های هیدروکسیل نظیر فیبرها و هیدروکلوئیدها را از عوامل مؤثر بر به تأخیر انداختن بیاتی نان بیان کردند (۱۶). نتایج مشابهی نیز در بررسی توکلی‌پور و همکاران (۲۰۲۲) گزارش شده است (۱۷).

چربی: نتایج آزمون میزان چربی در شکل ۵ آورده شده است. طبق این نتایج با استفاده از عصاره آبی پودر میوه بنه در تولید نان میزان چربی نمونه‌ها افزایش یافت به‌طوری‌که تیمارهای حاوی بالاترین سطح عصاره آبی پودر میوه بنه بیشترین میزان چربی را داشتند و کمترین مقدار چربی مربوط به نمونه شاهد بود ($p<0/01$). طبق گزارش بن حسنی و همکاران (۲۰۰۷) میوه بنه ایرانی تقریباً ۲۶/۸٪ چربی خام دارد (۵۳).



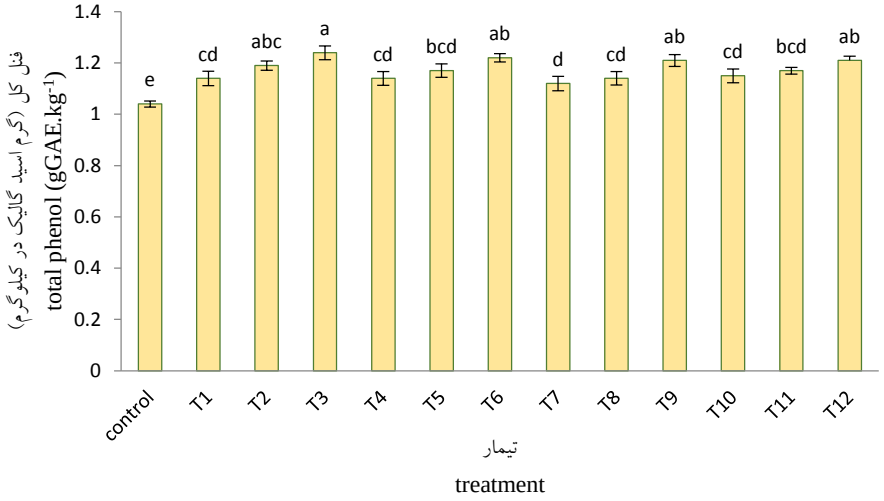
شکل ۵- اثر تیمار بر محتوای چربی نان (میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

Figure 5. The effect of treatment on fat content of bread (Means values followed by the same letters are not significantly different (P<0.05))

با توجه به وجود مقادیر قابل‌توجه اسیدهای چرب غیراشباع و اسیدهای چرب ضروری در روغن بنه مصرف این روغن می‌تواند در پیشگیری از بیماری‌های قلبی عروقی و آترواسکلروز و مرگ‌ومیر ناشی از آن‌هامؤثر واقع شود. مشخص شده است مصرف روغن بنه باعث تغییر لیپوپروتئین‌های سرم در جهت کاهش LDL- کلسترول و افزایش HDL- کلسترول می‌شود (۷۲). لذا استفاده از بنه در تهیه محصولات غذایی راهکار مناسبی جهت اصلاح الگوی مصرف چربی و اسیدهای چرب دریافتی در رژیم غذایی به شمار می‌آید. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌گردد تأثیر افزایش سطح آلژینات سدیم بر مقدار چربی نان

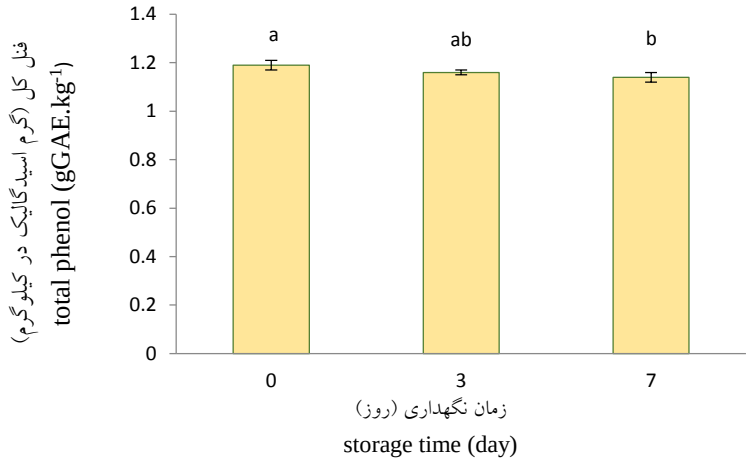
معنی‌دار نبوده است. ناطقی و همکاران (۲۰۲۱) ساختار کربوهیدراتی هیدروکلوئیدها را علت عدم تأثیر این ترکیبات بر محتوای چربی نان دانستند (۱۶).

ترکیبات فنلی: اهمیت ترکیبات فنلی بیشتر از جهت فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌هاست. به‌علاوه ترکیبات فنلی به دلیل داشتن فعالیت‌های بیولوژیکی مهم در مبارزه با بیماری‌های مرتبط با تولید رادیکال‌های اکسیژن با غلظت‌های بیش از ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن انسان تأثیرگذار می‌باشند. (۷۳). نتایج حاصل از ارزیابی ترکیبات فنلی نان در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است.



شکل ۶- اثر تیمار بر محتوای فنل کل نان (میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

Figure 6. The effect of treatment on total phenolic content of bread (Means values followed by the same letters are not significantly different (P<0.05))



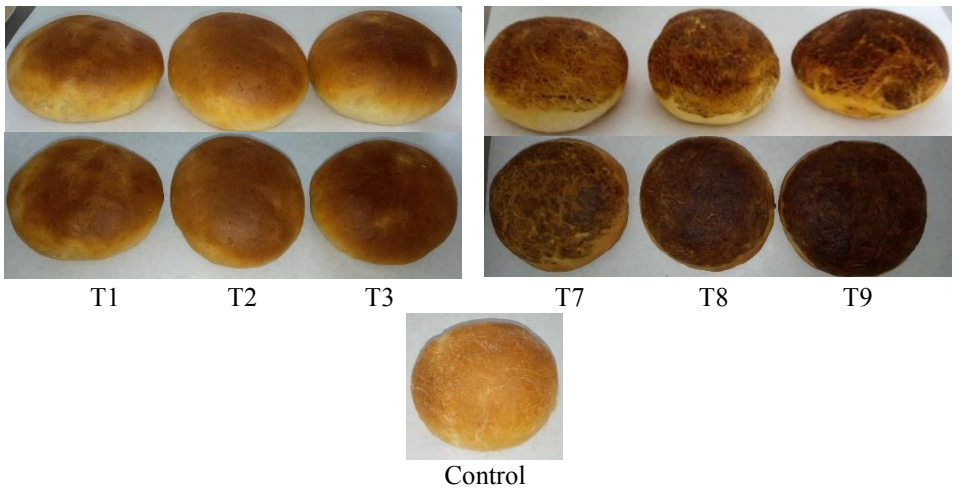
شکل ۷- اثر زمان نگهداری بر محتوای فنل کل نان (میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

Figure 7. The effect of storage time on total phenolic content of bread (Means values followed by the same letters are not significantly different (P<0.05))

بر اساس نتایج این پژوهش، اضافه کردن عصاره آبی پودر میوه بنه به خمیر نان و استفاده از این عصاره به‌عنوان رومال در نان مقدار ترکیبات فنلی نان را افزایش داد ($p<0/01$). پس از پخت نمونه T3 بیشترین مقدار فنل کل (gGAE.Kg-1 ۱/۲۹۰±۰/۰۴۰1a) را داشت و کمترین مقدار فنل کل (۱/۵۳۰ ± ۰/۰۲۱gGAE.Kg-1no) در نمونه شاهد به دست آمد. طی نگهداری نان به‌تدریج از میزان ترکیبات فنلی کاسته شد به‌طوری‌که در پایان دوره نگهداری مقدار فنل کل نمونه شاهد و تیمار T3 به‌ترتیب به ۱/۰۲۱±۰/۰۱۱ و gGAE.Kg-1 ۱/۲۰۱ ±۰/۰۳۳bcdefg رسید ($p<0.01$).

مشخص شده است که محتوای فنل کل در بخش‌های مختلف میوه بنه متغیر می‌باشد و محتوای فنلی پوسته خارجی بنه به‌طور قابل توجهی بیشتر از بخش‌های دیگر آن است. پس از پوسته خارجی، هسته و پوسته چوبی محتوای فنلی بالاتری دارد. البته لازم به ذکر است که محتوای فلاونوئید در پوسته خارجی بیشتر از هسته میوه می‌باشد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی ترکیبات پلی‌فنلی متعدد موجود در بخش‌های مختلف بنه نیز اثبات شده است (۷۴). بر اساس گزارش‌ها، مقدار ترکیبات فنلی موجود در روغن بنه بیشتر از برخی روغن‌های خوراکی گیاهی رایج است و لذا این روغن یک منبع غنی از نظر ترکیبات فنلی می‌باشد (۷۵).

رنگ: یکی از معیارهای مهم مورد استفاده برای ارزیابی کیفیت، تعیین اثر مواد مختلف فرمول و تعیین اثر تغییر متغیرهای فرآیند پخت و ارزیابی شرایط انبارداری در محصولات نانوایی، اندازه‌گیری رنگ آن‌هاست. انجام واکنش مایلارد در اثر ترکیب مواد ازته با مواد احیاکننده، در لایه سطحی و نیز کاراملیزه شدن قندها از مهم‌ترین عوامل قهوه‌ای شدن رنگ پوسته نان طی فرایند پخت هستند. مقدار مواد مؤثر و شرایطی که این مواد تحت آن وارد عمل می‌شوند نظیر دما و بی‌آب شدن سطح نان در سرعت و شدت رنگ پوسته نان تأثیر زیادی دارد (۷۶). نوع ترکیبات افزودنی در فرمولاسیون نان نیز می‌تواند بر رنگ محصول تأثیرگذار باشد. نتایج آنالیز واریانس پارامترهای رنگی پوسته و مغز نان در جدول ۳ آورده شده است.



شکل ۸- نمونه‌های نان حجیم تولید شده با استفاده از عصاره آبی پودر میوه بنه

Figure 8. The samples of loaf bread produced using PAFPAE

همانطور که ملاحظه می‌شود با افزودن عصاره آبی پودر میوه بنه به فرمول خمیر نان و نیز به‌صورت رومال پوسته نان تیره‌تر شده و مقدار قرمزی و زردی آن کاهش یافته است ($p<0/01$). به‌علاوه مشخص شد با افزایش سطح آلژینات سدیم از روشنی، قرمزی و زردی پوسته کاسته شد؛ اگرچه طبق نتایج مقایسه میانگین در بیشتر تیمارهای مشابه از نظر سطح و نوع کاربرد عصاره آبی پودر میوه بنه با تغییر سطح آلژینات سدیم اختلاف معنی‌داری در پارامترهای رنگی پوسته وجود نداشت. طبق نتایج ارائه شده در جدول ۳ با افزودن عصاره آبی پودر میوه بنه به فرمول خمیر نان روشنی و زردی بافت مغز نان کاهش و قرمزی آن افزایش یافت ($p<0/01$). تأثیر استفاده از عصاره آبی پودر میوه بنه به‌صورت رومال نیز بر پارامترهای رنگی مغز نان معنی‌دار نبود. افزودن هیدروکلوئید آلژینات سدیم به نان نیز تأثیر معنی‌داری بر روشنی، قرمزی و زردی مغز نان نگذاشت. به نظر می‌رسد ترکیبات موجود در عصاره آبی پودر میوه بنه بر شدت واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی میلارد و کاراملیزاسیون قندها در پوسته در زمان پخت نان مؤثر بوده‌اند (۷۷). حضور رنگ‌دانه‌های مختلف در عصاره آبی پودر میوه بنه نیز می‌تواند علت تغییرات رنگ پوسته و مغز نان‌های حاوی این ترکیب در فرمول خمیر باشد. مشخص شده است که فئوفیتین a، ویولاگزانتین، لوتئوگزانتین، پروتئین، ایزومرهای لوتئین، نئوگزانتین، کلروفیل a و کلروفیل b ازجمله رنگ‌دانه‌های اصلی روغن پسته وحشی هستند (۷۸). کاهش میزان L^*، a^* و b^* و افزایش میزان ΔE در اثر افزودن پودر بزرک به نان توسط روزگار و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده است (۸). نتایج مطالعات فرهادی و همکاران (۲۰۱۹) نیز بر تیره‌تر شدن رنگ نان با افزودن آرد دانه چیا به فرمولاسیون خمیر دلالت داشت (۷۷). شکل ۸ تصاویر نان‌های تولید شده با عصاره آبی پودر میوه بنه را نشان می‌دهد.

جدول ۳- اثر تیمار بر pH و رنگ پوسته و مغز نان

Table 3. The effect of treatment on pH and color of crust and crumb of bread

تیمار		پوسته crust			مغز crumb		
Treatment	pH	روشنی L^*	قرمزی a^*	زردی b^*	روشنی L^*	قرمزی a^*	زردی b^*
Control	6.44±0.12^{a}	57.84±3.12^{a}	24.28±1.21^{a}	36.15±1.14^{a}	77.61±1.61^{a}	2.20±0.09^{cd}	18.82±1.01^{a}
T1	6.41±0.32^{a}	47.76±2.21^{b}	20.81±1.11^{b}	32.88±0.97^{b}	74.94±1.13^{bc}	5.58±0.12^{b}	15.95±0.70^{cd}
T2	6.33±0.15^{a}	45.57±1.03^{bc}	19.48±1.07^{c}	32.56±1.06^{b}	69.77±3.16^{d}	5.81±0.27^{b}	15.40±0.30^{d}
T3	6.32±0.17^{a}	43.52±0.48^{cd}	19.52±1.42^{c}	32.82±2.01^{b}	64.42±2.11^{e}	6.19±0.50^{a}	14.61±0.42^{e}
T4	6.37±0.31^{a}	45.80±2.51^{bc}	18.66±1.13^{de}	32.41±1.01^{b}	73.98±2.01^{c}	5.54±0.22^{b}	16.10±0.90^{c}
T5	6.37±0.26^{a}	44.16±2.64^{cd}	18.2±1.10^{e}	32.04±1.03^{bc}	68.67±4.36^{d}	5.82±0.27^{b}	15.83±0.22^{cd}
T6	6.32±0.14^{a}	42.71±1.99^{def}	17.98±1.26^{e}	31.36±1.25^{c}	63.51±3.40^{e}	6.11±0.55^{a}	14.58±0.65^{e}
T7	6.35±0.25^{a}	42.1±1.65^{ef}	19.31±0.30^{cd}	26.77±1.96^{d}	76.44±3.83^{ab}	2.43±0.15^{c}	18.33±1.02^{ab}
T8	6.26±0.09^{a}	35.94±0.84^{gh}	18.09±0.21^{e}	18.71±0.73^{g}	76.83±4.71^{ab}	2.05±0.17^{d}	18.18±0.77^{b}
T9	6.25±0.27^{a}	34.44±0.52^{h}	16.13±0.52^{f}	17.47±1.01^{h}	76.15±2.04^{abc}	2.38±0.13^{c}	18.48±0.32^{ab}
T10	6.32±0.18^{a}	41.2±2.49^{f}	19.85±1.14^{c}	23.44±2.21^{e}	75.97±3.06^{abc}	2.30±0.05^{cd}	18.44±0.93^{ab}
T11	6.31±0.44^{a}	36.67±1.55^{gh}	16.39±1.75^{f}	20.37±0.91^{f}	76.05±3.01^{abc}	2.39±0.11^{c}	18.78±0.75^{a}
T12	6.26±0.08^{a}	35.18±1.02^{gh}	14.76±1.25^{g}	16.96±0.72^{h}	76.27±4.16^{ab}	2.31±0.05^{cd}	18.39±1.03^{ab}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Note: Means values in the same column followed by the same letters are not significantly different ($P<0.05$).

ارزیابی حسی: خواص حسی ازجمله عوامل اصلی پذیرش بسیاری از فرآورده‌های خوراکی و کسب رضایت مصرف‌کننده می‌باشد. تجزیه‌وتحلیل آماری نتایج صفات حسی (جدول ۴) نشان داد که کاربرد عصاره آبی پودر میوه بنه به‌طور معنی‌داری بر ویژگی‌های حسی نان تأثیر گذاشته است ($p<0.01$).

افزایش سطح عصاره آبی پودر میوه بنه باعث کاهش امتیاز طعم و مزه شد. اگرچه بر اساس نتایج مقایسه میانگین از نظر امتیاز طعم و مزه اختلاف معنی‌داری بین شاهد و سطح ۲ درصد عصاره آبی پودر میوه بنه وجود نداشت. کاهش امتیاز طعم نان با افزودن آرد بزرک به فرمولاسیون خمیر در مطالعات آلپاسلان و حیات (۲۰۰۶) و کوکا و آنیل نیز گزارش شده است (۶، ۷). با توجه به نتایج مربوط به ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر لاکتیکی حاوی عصاره و پودر بنه شهدادی و همکاران (۲۰۲۰) استفاده از غلظت‌های پایین عصاره و پودر بنه را به‌منظور جلوگیری نسبی از رشد قارچ‌ها و درعین‌حال ایجاد طعم و مزه مطبوع و جدید در محصول پیشنهاد کردند (۲۸).

جدول ۴- اثر تیمار بر ویژگی‌های حسی نان

Table 4. The effect of treatment on sensory attributes of bread

تیمار Treatment	طعم Taste	قابلیت جویدن و سفتی بافت Chewability and firmness of texture	رنگ پوسته Crust color	پذیرش کلی Total acceptability	شاخص پذیرش Acceptance index (%)
Control	4.90^{a}	4.6^{bc}	4.80^{a}	4.75^{a}	95
T1	4.80^{a}	4.5^{c}	4.70^{ab}	4.60^{ab}	92
T2	4.35^{b}	4.7^{ab}	4.60^{abc}	4.60^{ab}	88
T3	3.90^{cd}	4.7^{ab}	4.50^{abc}	4.20^{c}	84
T4	4.80^{a}	4.6^{bc}	4.70^{ab}	4.70^{ab}	94
T5	4.40^{b}	4.6^{bc}	4.35^{c}	4.50^{b}	90
T6	3.80^{d}	4.8^{a}	4.45^{bc}	4.30^{c}	86
T7	4.80^{a}	4.5^{c}	4.00^{d}	4.20^{c}	84
T8	4.40^{b}	4.5^{c}	3.80^{d}	4.10^{c}	82
T9	4.00^{cd}	4.5^{c}	3.15^{e}	3.75^{d}	75
T10	4.80^{a}	4.6^{bc}	4.05^{d}	4.25^{c}	85
T11	4.50^{b}	4.7^{ab}	3.80^{d}	4.15^{c}	83
T12	4.05^{c}	4.8^{a}	3.20^{e}	3.85^{d}	77

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Note: Means values in the same column followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$)

طبق نتایج آنالیز واریانس کاربرد عصاره آبی پودر میوه بنه و آلژینات سدیم در تولید نان سبب بهبود قابلیت جویدن و نرمی بافت و در نتیجه افزایش امتیاز بافت نان شد. نتایج مطالعه روزگار و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان داد که نان حاوی پودر بزرک به علت داشتن بافت نرم‌تر و تردتر از نظر بافت امتیاز بهتری نسبت به شاهد گرفت (۸). افزایش امتیاز بافت نان حجیم هنگام استفاده از هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون خمیر در نتایج مطالعات ناطقی و همکاران (۲۰۲۱) و مویدی و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش شده است (۱۶، ۵۶).

استفاده از صمغ آلژینات سدیم و عصاره آبی پودر میوه بنه به‌خصوص به‌صورت رومال منجر به کاهش امتیاز رنگ پوسته نان شد. کاهش امتیاز رنگ نان با افزایش سطح جایگزینی بزرک به علت تیره شدن رنگ نان توسط روزگار و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش شده است (۸).

ارزیابی آماری نتایج امتیاز پذیرش کلی بر کاهش امتیاز کلی تیمارهای پژوهش به‌ویژه تیمارهای دارای رومال دلالت داشت؛ اگرچه طبق نتایج مقایسه میانگین اختلاف امتیاز پذیرش کلی تیمارهای T1 تا T4 با شاهد معنی‌دار نبود. نتایج محاسبه شاخص پذیرش نیز نشان داد که بعد از شاهد بیشترین شاخص پذیرش مربوط به تیمار T4 (۹۴) و کمترین شاخص پذیرش مربوط به تیمار T9 (۷۵) بود.

ازآنجاکه محصولی از نظر ویژگی‌های حسی پذیرفته می‌شود که شاخص پذیرش آن بالاتر از ۷۰ درصد باشد (۷۹) و طبق نتایج پژوهش حاضر شاخص پذیرش تمامی تیمارها بالاتر از ۷۰ بوده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که امکان به‌کارگیری عصاره آبی پودر میوه بنه به‌صورت رومال یا افزودن به خمیر، جهت تولید نانی باقابلیت پذیرش حسی مطلوب وجود دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به این که نان در بسیاری از نقاط جهان غذای غالب روزانه مردم را تشکیل می‌دهد تلاش می‌شود نان تولید شده برای مصرف عموم دارای فاکتورهای تغذیه‌ای لازم باشد و قسمت عمده‌ای از نیازهای تغذیه‌ای افراد از طریق مصرف آن تأمین گردد. در این پژوهش جهت غنی‌سازی نان با ترکیبات ارزشمند میوه درخت بنه از دو روش افزودن عصاره آبی پودر این میوه به خمیر و به‌صورت رومال استفاده شد. به‌علاوه جهت بهبود کیفیت نان در تولید محصول، هیدروکلوئید آلژینات سدیم به کار رفت. ارزیابی نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نان نشان داد که استفاده از راهکارهای به‌کاررفته در این بررسی علاوه بر افزایش میزان ترکیبات سلامتی بخش نظیر ترکیبات فنلی و چربی حاوی اسیدهای چرب ضروری، سبب حفظ بهتر رطوبت نان و بهبود بافت و به تأخیر انداختن بیاتی محصول طی دوره نگهداری می‌شود.

References

1. Pohjanheimo, T. A., Hakala, M. A., Tahvonen, R. L., Salminen, S. J., & Kallio, H. P. 2007. Flaxseed in breadmaking: effects on sensory quality, aging, and composition of bakery products. Journal of Food Science, 71, 343-48.
2. Ribotta, P. & Le Bailm A. 2007. Thermo-physical assessment of bread during staling. LWT - Food Science and Technology Journal, 40, 879-84.
3. Mentes, O., Bakkalbassi, E., & Ercan, R. 2008. Effect of the use of ground flaxseed on quality and chemical composition of bread. Food Science and Technology International, 14, 299-306.
4. Rastogi, A. & Singh, G. 1989. Effect of addition of full fat soy flour of different varieties on quality characteristics and bread making quality of white flour. Bulletin of Grain Technology, 27, 26- 34.
5. Mashayekh, M., Mahmoodi, M., & Entezari, M. 2007. The effects of flour fortification with defatted soy flour on the organoleptic and biological properties of Taftoon bread. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology, 2 (3), 73-80. (in Persian)
6. Alpaslan, M. & Hayat, M. 2006. The effects of flaxseed, soy and corn flours on the textural and sensory properties of a bakery product. Journal of Food Quality, 29, 617–627.
7. Koca, A. F. & Anil, M. 2007. Effect of flaxseed and wheat flour blends on dough rheology and bread quality. Journal of the Science of Food and Agriculture, 87, 1172-1175.
8. Roozegar, M. H., Shahedi, M., & Hamdami. N. 2015. Production and rheological and sensory evaluation of Taftoon bread containing flaxseed. Journal of Food Science and Technology, 48(12), 231-244. (in Persian)
9. Khattab, R., Zeitoun, M., & Barbary, O. M. 2012. Evaluation of pita bread fortified with defatted flaxseed flour. Current Nutrition and Food Science, 8, 91-101.
10. Pouraabedin, M. & Aarabi, A. 2018. Investigating the effect of adding flax flour (Linum usitatissimum) on staling and sensory properties of toast. Food Technology and Nutrition, 15(2), 45-54. (in Persian)
11. Karimi, M., Sheikholeslami, Z., Sahraiyan, B., Ghiyafeh Davoodi, M., & Naghipour, F. 2018. Using sesame meal flour in free gluten French bread (rice-corn) containing guar and

CMC gums to produce functional food. Journal of Food Science and Technology, 14(73), 1-12. (in Persian)
12. Jahandideh, H., Taghizadeh, M., Haddad Khodaparast, M. H., & Koocheki, A. 2015. Effect of xanthan gum on physical and textural properties of eaguette bread containing tahinimeal. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 11(4), 337-350. (in Persian)
13. Asadi, Z., Masoud Nia, A., & Zia Ziabari, S. F. 2021. Physicochemical and sensorial properties of non-gluten supplemented flat bread with the replacement of sprouted wheat flour, lentil, mung bean. Journal of Food Science and Technology, 18 (120), 75-83. (in Persian)
14. Fathnejhad Kazemi, R., Peighambardoust, H., Azadmard Damirchi, S., Nemati, M., Rafat, A., & Naghavi, S. 2012. The effect of purslane powder on chemical characteristics, fatty acids profile and sensory quality of bread. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 7(3), 11-18. (in Persian)
15. Rosell, C. M., Rojas, J. A., & Benedito de Barber, C. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. Food Hydrocolloid, 15(1),75- 81.
16. Nateghi, L. & Rezaei, M. 2021. Effect of xanthan gum and carboxymethyl cellulose gum on physicochemical and sensory properties of Baguette bread. Iranian Journal of Food Science and Technolog, 113(18), 1-17. (in persian)
17. Tavakolipour, H., Abdollahzadeh, G., & Mokhtarain, M. 2022. Effect of some hydrocolloids on a flat bread (Taftoon) quality. Journal of Halal Research, 5(1), 16-25. (In Persian)
18. Vinoth Kumar, M., Sharma, N., & Ranjith S. 2022. Trends in edible packaging of bakery products: A review. The Pharma Innovation Journal, 11(12S), 182-193.
19. Chakravartula, S. S. N., Cevoli, C., Balestra, F., Fabbri, A., & Dalla Rosa, M. 2019. Evaluation of drying of edible coating on breadusing NIR spectroscopy. Journal of Food Engineering, 240, 29-37.
20. Qandashtant, R. A., Salehi, E. A., Sani, A. M., Sangatash, M. M., & Safari O. 2020. Investigation on quality properties of traditional bulk bread covered with probiotics and soybean oil edible coating. Acta Alimentaria, 49(2), 144-153.
21. Chen, Y., Gavaliatsis, T., Kuster, S., Städeli, C., Fischer, P., & Windhab, E. J. 2021. Crust treatments to reduce bread staling. Current Research in Food Science,4,182-190.
22. Shulga, O., Chorna, A., & Shulga S. 2017. Influence of edible coatings on rye and rye-wheat bread quality, Food Technologies, 5(1), 83-91.
23. 23-Fadda, C., Sanguinetti, A. M., Del Caro, A., Collar, C., & Piga, A. 2014. Bread staling: updating the view. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,13, 473–492.
24. Razavizadegan Jahromi, S. H., Tabatabaee Yazdi, F., Karimi, M., Mortazavi, S. A., Ghiafeh Davoodi, M., Pourfarzad, A., & Hematian Sourki, A. 2012. Application of Glazing for Bread Quality Improvement. Food and Bioprocess Technology, 5(6), 2351-2391.
25. Chin, N. L., Abdullah, R., & Yusof, Y. A. 2011. Glazing effects on bread crust and crumb staling during storage. Journal of Texture Studies, 42, 459–467.
26. Zavehzad, N., Haghayegh, G. H., Mohammadi Sani, A., & Nikpooian, H. 2016. Utilization melon water as a new glaze for improvement the technical and organoleptic properties of Baguette. Journal of Food Science and Technology, 52(13), 111-118. (in Persian)
27. Sahraiyan, B., Sheikholeslami, Z., & Karimi, M. 2020. Development of a novel edible surface coating made by lepidium sativum seed gum and comparison of its effect with traditional glazes of sorghum gluten-free bread. Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology, 8 (4), 405-414.
28. Shahdadi, F., Dumari, H., Nejad Sajadi, S. H., Rafieepour, A., Mahdavinia, A., Dezyani, M., & Ezzati, R. 2020. Effect of Pistacia atlantica powder and extract on the growth of Aspergillus flavus and Aspergillus niger in lactic cheese. Journal of Food Science and Technology, 95(16), 53-62. (in Persian)
29. Shaddel, R., Haddad-Khodaparast, M. H., Maskooki, A., & Sharif, A., 2012. Azadmard-Damirchi, S. Evaluation of bene hull extraction antioxidant activity by superheated water method. Research and Innovation in Food Science and Technology, 1(2), 75-86. (in Persian)

30. Farhoosh, R., Haddad Khodaparast, M. H., & Sharif, A. 2009. Bene hull oil as a highly stable and antioxidative vegetable oil. European Journal of Lipid Science and Technology, 111(12), 1259-1265.
31. Tohidi, M., Khayami, M., Nejati, V., & Meftahizade, H. 2011. Evaluation of antibacterial activity and wound healing of Pistacia Atlantica and Pistacia Khinjuk. Journal of Medicinal Plants Research, 5(17), 4310-4314.
32. Jafarian Dehkordi, M., Azadbakht, R., Fathi Hafshejani, R., Khanamani Falahatipour, S., & Khanamani Falahati-pour, S. 2021. Baneh Fruits (Pistacia Atlantica) improved Some Biochemical Parameters in Wistar Male Rats. Pistachio and Health Journal, 4 (2), 4-12.
33. Amri, O., Zekhnini, A., Bouhaimi, A., Tahrouch, S., & Hatimi, A. 2018. Anti-inflammatory activity of methanolic extract from Pistacia atlantica Desf. leaves. Pharmacognosy Journal, 10(1), 71-76.
34. Falahati, M., Sepahvand, A., Mahmoudvand, H., Baharvand, P., Jabbarnia, S., Ghojoghi, A., & Yarahmadi, M. 2015. Evaluation of the antifungal activities of various extracts from Pistacia atlantica Desf. Current medical mycology, 1(3), 25-32.
35. Memariani, Z., Sharifzadeh, M., Bozorgi, M., Hajimahmoodi, M., Farzaei, M. H., Gholami, M., Siavoshi, F., & Saniee, P. 2017. Protective effect of essential oil of Pistacia atlantica Desf. On peptic ulcer: role of α-pinene. Journal of Traditional Chinese Medicine, 37(1), 57-63.
36. Hesami, G., Bahramian, S., Fatemi, A., & Hesami, S. 2014. Effect of pistacia atlantica subsp. kurdica essential oil and acetic acid on botrytis cinerea growth in culture media and strawberry fruits. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 3, 100-106.
37. Hanafi, G. M., Darvishi, S., Darvishi, N., Sayedin-ardabili, S. M., & Mir-ahmadi, F. 2012. Antibacterial effect of essential oil of mastic resin on Staphylococcus aureus, Escherichia coli and Clostridium sporogenes. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences, 17(1), 1-10. (in Persian)
38. Ghiafeh Davoodi, M., Karimi, M, Naghipour, F., Sheikholeslami, Z., Mirmajidi, A., & Ahmadzadeh Ghavidel, R. 2019. Evaluation of baking methods and different hydrocolloids addition on physicochemical and textural properties of Roti (indian flat bread). Journal of Food Science and Technology, 90(16), 353-364. (in persian)
39. AACC. (2000). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (10th ed.): American Association of Cereal Chemists.
40. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2010. Biscuit Features. Iranian National Standard No. 37 (in Persian)
41. Ayoubi A., Balvardi M., Hajimohammadi-Farimani R., & Akhavan HR. 2023. Response Surface Optimization of Cupcake Formula Fortified with Date Seed Powder, Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, 42(2), 638-651.
42. Al-Rashdan, A., Helaleh, M. I. H., Nisar, A., Ibtisam, A., & Al- Ballam, Z. 2010. Determination of the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in toasted bread using gas chromatography mass spectrometry. International Journal of Analytical Chemistry, 7, 314-316.
43. Shittu, T. A., Dixon, A., Awonorin, S. O., Sanni, L. O., & Maziya-Dixon, B. 2008. Bread from composite Cassava-wheat flour. II: Effect of cassava genotype and nitrogen fertilizer on bread quality. Food Research International, 41, 569-578.
44. Naghipoor, F., Sahraiyan, B., & Sheikholeslami, Z. 2012. Evaluation of time and temperature of baking on quantitative and qualitative properties of semi-bulk Barbari bread. Innovation in Food Science and Technology, 4(3 (13)), 9-16. (in Persian)
45. Salehifar, M., Seyyedian Ardebili, M., & Azizi, M. H. 2011. Changes in wheat starch cristallinity during staling of flat breads: effects of protein on retrogradiation. Journal of Food Bioscinces and Technology, 1, 25-32.
46. Debasmita, P., Jayshree, M., & Utpal, R. 2016. Characterization of physicochemical properties in whole wheat bread after incorporation of ripe mango peel. Measurement: Food Journal, 10, 554-561.

47. Lucas, B.F., de Morais, M.G., Santos, T.D., & Costa, J.A.V. 2018. Spirulina for snack enrichment: Nutritional, physical and sensory evaluations. LWT - Food Science and Technology Journal, 90, 270–276.
48. Mehran, B., Farhoosh, R., Shahedi, M., & Sharif, A. 2015. Effects of acetic acid and dough fermentation on the acrylamid content of Sangak bread. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 11(1), 100-106.
49. Hagh Parast, H., Sahari, M. A., Mohammadi, A., Azizi, M. H., & Pirayeshfar, B. 2007. The effect of leavening agents and fermentation time on decreasing of phytic acid of loaf bread. Iranian Journal of Food Science and Technology, 4(1), 27-34.
50. Faraji, A. R., Moshashaei, S. A., & Keshani, M. 2017. Investigating the effect of sourdough on the physicochemical, textural and sensory properties of toast bread containing rye flour. Journal of Innovation in Food Science and Technology, 9(3), 119-128.
51. Matuda, T. G., Chevallier, S., Pedro, F., Alain, L., & Tadini, C. 2008. Impact of guar and xanthan gums on proofing and calorimetric parameters of frozen bread dough. Journal of Cereal Science, 48, 741 –746.
52. Shittu, T. A., Aminu, R. A., & Abulude, E. O. 2009. Functional effects of xanthan gum on composite cassava -wheat dough and bread. Food Hydrocolloids, 23, 2254 –2260.
53. Benhassaini, H., Bendahmane, M., & Benchalgo N. 2007 The chemical composition of fruits of Pistachio atlantica desf. subsp. atlantica from Algeria. Chemistry of Natural Compounds, 43(2), 121- 124.
54. Akbari, N., Mohammadzadeh Milani, J., & Alaedini, B. 2014. Improvement quality of barbari bread with potato puree. Journal of Food Research, 24(3), 363-373. (in persian)
55. Majzoobi, M., Roshan, F., Kadivar, M., Farahnaki, A., & Saberi, B. 2013. Effects of heat-moisture treated wheat starch addition on properties of dough and loaf bread. Journal of Food Research, 23(2), 155-164. (in persian)
56. Moayedi, S., Sadeghi Mahoonak, A. R., Azizi, M. S., Maghsodlu, U., & Seyedin ardebili, S. M. 2010. Effect of coated gum on rheological properties of dough and quality of french Baguette bread. Master's thesis of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (in Persian)
57. Majzoobi, M., Sariri, F., Farahnaky, A., Jamalian, J., & Mesbahi, G. 2010. Effect of tomato pomace on the physicochemical properties of flat bread (Barbari bread). Journal of Food Processing and Preservation, 35, 247-256.
58. Lonergan, D. A. 1999. Glaze for dough products. United States patent no 5965180 (in American).
59. Casper, J. L., Oppenheimer, A. A., & Erickson, B. 2007. Dough compositions having a moisture barrier and related methods. United States patent no 0275128 (in American).
60. Jacobson, S. M. H. 2003. Dough product treatment process and products thereof. United States patent no 0203091 (in American).
61. Soleimanifard, M., Alami, M., Khodaiyan, F., Najafian, G., & Khamiri, M. 2014. Assessment of the rheological properties of dough and shelf life of Barbary bread containing sodium alginate hydrocolloid. Iranian Journal of Biosystem Engineering, 45(2), 169-177. (in Persian)
62. Armero, E. & Collar, C. 1996. Antistaling additives. Flour type and sourdough process effects on functionality of wheat doughs. Journal of Food Science, 61, 299-303.
63. Yousefi fakhr, S., Minai-Tehrani, D., Davati, N., & Emamifar, A. 2023. mproving bulky bread quality with the application of a thermostable amylase from Bacillus safensis strain MT501806.1. Journal of Food Science and Technology, 138(20), 41-53. (in persian)
64. Pahwa, A., Kaur, A., & Puri R. 2016. Influence of hydrocolloids on the quality of major flat breads: A review. Journal of Food Processing, 2016 (3), 1-9.
65. Shaikh, I. M., Ghodke, S. K., & Ananthanarayan, L. 2007. Stailing of chapatti (Indian unleavened flat bread). Food Chemistry, 101, 113-19.
66. Gray, J. & Bemiller, J. 2003. Bread staling: molecular basis and control. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2, 1-21.

67. Cauvain, S. P. & Young, L. S. 2006. Baked Products: Science, Technology and Practice. Blackwell Publishing, Oxford, 27.
68. Nasehi, B., Mortazavi, A., & Razavi, S. M. A. 2005. Investigation on enthalpy changes in Iranian flat breads and Baguette during storage. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 1(2). https://doi.org/10.22067/ifstrj.v1i2.219. (in Persian)
69. Soleiman-Beigi, M. & Arzehgar, Z. 2013. A review study on chemical properties and food indexes of mastic oil compared with olive, sunflower and canola oils. The Ilamian traditional uses of mastic. Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences, 21(5), 1-13. (in persian)
70. Alizadehbahaabadi, G. h., Lakzadeh Forootanfar, H., & Akhavan, H. R. 2022. Optimization and evaluation of qualitycharacteristics of gluten -free bread based on quinoa flour containing xanthan gum and laccase enzyme during storage. Journal of food science and technology, 19(125), 205-223. (in Persian)
71. Altamirano-Fortoul, R., Hernandez-Munoz, P., & Hernando, I., 2015. Rosell, C. M. Mechanical, microstructure and permeability properties of a model bread crust: effect of different food additives. Journal of Food Engineering, 163, 25–31.
72. Saeb, M., Nazifi, S., & Yavari, M. 2005. Studies on the effects of turpentine oil on the serum concentration of lipids and lipoproteins of male rabbits. Zahedan Journal of Research in Medical Sciences (Tabib-e- shargh), 7(1), 1-8. (in Persian).
73. Morello, J.R., Motilva, M.J., Tovar, M.J, & Romero, M.P. 2004. Changes in commercial virgin olive oil (cv Arbequina) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction. Food chemistry, 85, 357-364.
74. Ferreira, I.C.F.R., Barros, L., Soares, M. E, Bastos, M.L, & Pereira, J. A. 2007. Antioxidant activity and phenolic contents of Olea europaea L. leaves sprayed with different copper formulations. Food Chemistry, 103(1), 188 –195.
75. Farhoosh, R., tavakoli, J., & Haddad Khodaparast, M.H. 2008. Chemical composition of kernel oils from two current subspecies of Pistacia atlantica in Iran. Journal of American Oil Chemistry Society, 85, 723 -729.
76. Costa de Conto, L., 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 Journal, 45, 103-109.
77. Farhadi, A., Peighambardoust, S.H., & Alirezalou, K. 2019. The effect of chia flour on the technological and nutritional features of gluten-free Bread. Journal of Food Science and Technology, 89(16): 287-299. (in persian)
78. Givianrad, M.H., Saber-Tehrani, M., & Jafari Mohammadi, S. A. 2013. Chemical composition of oils from wild almond (Prunus Scoparia) and wild pistachio (Pistacia Atlantica). Grasasy Aceites, 64(1), 77-84.
79. Tachi, C., Nwachukwu, I.D., & Aryee, A.N.A. 2023. Trends and innovations in the formulation of plant-based foods. Food Production, Processing and Nutrition, 5(16), 1-14.