



## بررسی امکان افزایش ماندگاری نان بخارپز حاوی آرد چاودار با افزودن پلی‌ال‌گلیسرول و اصلاح فرآیند تخمیر

مهدی قیافه داودی<sup>۱\*</sup>، مهدی کریمی<sup>۱</sup>، فریبا نقی‌پور<sup>۲</sup>، زهرا شیخ‌الاسلامی<sup>۱</sup>

۱- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۲- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده	اطلاعات مقاله
<p>بهبود کیفیت نان و محصولات صنایع پخت با اصلاح فرمولاسیون و فرآیند تولید، یکی از مهمترین راهکارهای افزایش سطح سلامت عمومی در جامعه می‌باشد. در همین راستا نان بخارپز به دلیل فرآیند پخت متفاوت از جمله مواد غذایی فاقد ترکیبات مضر سلامتی نظیر آکريل آمیدها می‌باشد. از این‌رو هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر افزودن پلی‌ال‌گلیسرول در سطوح صفر، ۰/۵ و ۱/۰ درصد و به‌کارگیری دو نوع روش تخمیر یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی نان بخارپز ترکیبی (گندم - چاودار) در یک طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل به منظور تولید نان متناسب با ذائقه مصرف‌کننده ایرانی و بهبود ماندگاری محصول نهایی بود. براساس نتایج مشخص گردید که با افزایش سطح پلی‌ال‌گلیسرول و استفاده از روش تخمیر دو مرحله‌ای رطوبت محصول نهایی افزایش و سفتی آن (طی بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت بعد از پخت) نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. همچنین استفاده از روش تخمیر دو مرحله‌ای سبب بهبود میزان تخلخل و حجم مخصوص محصول نهایی گردید. این در حالی بود که پلی‌ال‌گلیسرول تأثیری بر این خصوصیات کیفی نان نداشت. از سوی دیگر میزان مؤلفه <math>L^*</math> با افزایش گلیسرول و استفاده از روش تخمیر دو مرحله‌ای در فرمولاسیون اولیه نان بخارپز افزایش یافت، در حالی که میزان مؤلفه‌های <math>a^*</math> و <math>b^*</math> ثابت ماند. در بخش ارزیابی حسی نیز داوران چشایی بالاترین امتیاز را به نمونه حاوی ۱/۰ درصد گلیسرول و تهیه شده با فرآیند تخمیر دو مرحله‌ای اختصاص دادند. در نهایت میزان آکريل آمید در این نمونه ۵۲ پی‌پی‌بی گزارش گردید که به مراتب از نان‌های سنتی ایرانی کمتر بود. بنابراین با بومی‌سازی دانش فنی تولید نان بخارپز می‌توان نان با ارزش غذایی بهتر در سبد غذایی افراد قراد داد.</p>	<p>تاریخ های مقاله :</p> <p>تاریخ دریافت: ۹۹/۱۱/۱۱</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۴</p> <p>کلمات کلیدی:</p> <p>نان بخارپز، گلیسرول، تخمیر، آکريل آمید، ماندگاری.</p> <p>DOI: 10.29252/fsct.18.06.24</p> <p>* مسئول مکاتبات: Mehdidavoodi@yahoo.com</p>

## ۱- مقدمه

رژیم غذایی کارآمد یکی از مهمترین راهکارهای افزایش سطح سلامت عمومی در جامعه است و از آنجایی که نان و محصولات صنایع پخت نقش بسیار مهمی در هرم غذایی دارند، بهبود کیفیت این دسته از محصولات در دستیابی به این مهم نقش اساسی را ایفا می‌کند. به‌طور معمول در فرآیند تهیه نان، پس از سپری شدن زمان‌های تخمیر، فرآیند پخت با حرارت خشک مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌شود که این امر علاوه بر افزایش هضم‌پذیری محصول و بهبود عطر و طعم و ایجاد بافت و شکل نهایی، سبب ایجاد پوسته قهوه‌ای در طی واکنش مایلارد می‌گردد. واکنش مایلارد که یک واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی است، به سلسله رخدادهایی گفته می‌شود که با واکنش گروه آمینواسید پپتیدها یا پروتئین‌ها با گروه هیدروکسیل گلیکوزیدی قندها شروع می‌شود و با تکمیل پلیمرهای نیتروژنی یا ملانوئیدین‌ها پایان می‌یابد. در طی این واکنش ترکیباتی به نان آکریل آمید نیز تولید می‌شود. آکریل آمید ماده‌ای است که در غذاهایی با میزان کربوهیدرات بالا در طی واکنش مایلارد به‌وجود می‌آید. این ترکیبات جزء مواد سرطان‌زا برای انسان شناخته شده‌اند و سبب تخریب سیستم عصبی می‌گردند [۱]. از جمله فاکتورهای مؤثر در به‌وقوع پیوستن واکنش مایلارد درجه حرارت بالا در حدود ۱۶۵-۱۴۰ درجه سلسیوس و رطوبت کم می‌باشد. بنابراین می‌توان انتظار داشت که در محصولات پخت که در تهیه آن‌ها از حرارت مرطوب استفاده می‌گردد نظیر نان بخارپز، چنین واکنشی رخ ندهد. یکی از محصولات صنایع پخت که به‌صورت سنتی در کشورهای شرق آسیا به‌خصوص چین به مقدار فراوان مورد استفاده قرار می‌گیرد، نان بخارپز<sup>۱</sup> می‌باشد که به نام "میتتو"<sup>۲</sup> شناخته شده است. به‌طور معمول در تهیه این نوع نان از آرد گندم استفاده می‌گردد. در قسمت‌های شمالی کشور چین این نان به‌طور متناوب به‌جای برنج مورد مصرف قرار می‌گیرد. وجه مشخصه این نان فرآیند پخت متفاوت آن با سایر نان‌ها می‌باشد. در جریان فرآیند پخت این نوع نان از بخار آب استفاده می‌گردد. میتتو شبیه نان سفید عربی است اما به‌دلیل بخارپز شده سطح بیرونی برشته و قهوه‌ای رنگی ندارد و به دلیل فرآیند پخت راحت، می‌توان آن را به راحتی در منزل تهیه نمود. بنابراین می‌توان خصوصیات کمی و کیفی این محصول

را با کمک انتخاب فرآیند تخمیر مناسب و به‌کارگیری افزودنی‌های مناسب، اصلاح نمود و فرمولاسیون مطابق با ذائقه مصرف‌کننده ایرانی عرضه کرد. به‌طور معمول در تهیه نان بخارپز از دو نوع روش تخمیر یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای استفاده می‌گردد [۲]. در روش تخمیر تک مرحله‌ای کلیه مواد با هم ترکیب شده و پس از سپری شدن زمان تخمیر، فرآیند پخت با استفاده از بخار انجام می‌شود. این در حالی است که در روش تخمیر دو مرحله‌ای، بخشی از مواد اولیه به همراه کل آب موجود در فرمولاسیون، با هم ترکیب شده و زمان تخمیر اولیه سپری می‌گردد. در ادامه باقیمانده مواد اولیه به خصوص آرد گندم (تا سطح ۴۰ درصد) به خمیر مرحله اول اضافه شده و مجدداً تخمیر انجام می‌شود [۳]. همچنین بکارگیری افزودنی‌ها نیز از دیگر روش‌های بهبود کیفیت و ماندگاری نان بخارپز می‌باشد. در این بین می‌توان با استفاده از پلی‌اول‌هایی همچون گلیسرین آب آزاد موجود در سیستم‌های غذایی به صورت باند شده درآمده و بدین ترتیب با حذف نگهدارنده‌های شیمیایی مضر و با کنترل رشد میکروبی، مدت زمان ماندگاری محصول افزایش داد [۴]. در واقع پلی‌اول‌ها یا چند الکلی‌ها دارای تعداد زیادی گروه‌های هیدروکسیل آزاد در ساختمان خود بوده و توانایی جذب و نگهداری آب را در خود دارد. در همین راستا لئو و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تأثیر افزودن اینولین با درجات مختلف پلیمریزاسیون بر میزان نگهداری آب توسط نان بخارپز در طی نگهداری پرداختند و عنوان داشتند که افزودن اینولین سبب کاهش محتوای رطوبت خمیر و تسهیل مهاجرت آب آزاد به آب باند شده می‌گردد [۵]. همچنین زینگالی و همکاران (۲۰۱۶) با ارزیابی خصوصیات رئولوژیکی و ویژگی‌های کیفی نان بخارپز حاوی آرد سیب‌زمینی، عنوان داشتند که نمونه‌های نان حاوی آرد سیب‌زمینی دارای مقادیر بالاتری از فیبر رژیمی، خاکستر و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و نرمی بافت نسبت به نمونه شاهد بودند [۶]. همچنین لومبارد و همکاران (۲۰۰۰) به بررسی تأثیر تکنولوژی هاردل در نگهداری نان بخارپز پرداختند. این محققین از نمک، اسید لاکتیک، گلیسرول و بسته‌بندی مناسب بدین منظور استفاده نمودند. نتایج نشان داد که استفاده از گلیسرول سبب کاهش میزان فعالیت آبی گردید که این امر سبب افزایش ماندگاری و کاهش بیاتی این نوع نان می‌شود [۷].

1. Steamed bread  
2. Mantou



(۱۹۹۸) انجام شد. بدین منظور ۱۰ داور از بین افراد آموزش دیده انتخاب گردیدند و سپس خصوصیات حسی نان بخارپز از نظر رنگ، بافت (خمیری بودن و یا نرمی غیرعادی، تراکم و فشردگی زیاد و سفت بودن نان)، طعم (طعم تند و زننده، بوی خامی یا ترشیدگی و شیرینی)، قابلیت جویدن (خشک و سفت بودن نان، گلوله و خمیری بودن در دهان و چسبیدن به دندان‌ها) و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفت. ضریب ارزیابی صفات از صفر تا ۱۰ (بالا‌ترین امتیاز) بود [۱۲ و ۱۳].

#### ۲-۳-۷- آکريل آميد

جهت اندازه‌گیری میزان آکريل آميد نمونه مطابق روش متقی و همکاران (۱۳۹۱)، ۱۰ گرم از بهترین نمونه نان بخارپز، همگن شده توزین و به داخل ظرف ۵۰ میلی‌لیتری (لوله سانتریفیوژ درب پیچدار) ریخته شد. سپس ۲۸ میلی‌لیتر متانل ۷۵ درصد در آب به انضمام ۱ میلی‌لیتر از هرکدام از محلول‌های معرف کارز ۱ (از حل شدن ۱۵ گرم پتاسیم هگزا سیانوفرات در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب تهیه شد) و معرف کارز ۲ (از حل شدن ۳۰ گرم روی سولفات در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب تهیه شد) به منظور پاکسازی محیط به آن افزوده گردید. محتوی ظرف به مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و با سرعت ۱۰۰ دور بر دقیقه شیکر شده و سپس به مدت ۱۵ دقیقه در ۵ درجه سلسیوس با سرعت ۴۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ گردید. توسط پیت حبابدار، ۱۰ میلی‌لیتر از محلول روئی به یک لوله شیشه‌ای منتقل و داخل حمام بخار ۴۵ درجه سلسیوس و تحت جریان گاز نیتروژن تا حجم نهایی ۵ میلی‌لیتر تبخیر گردید. برای خالص‌سازی بهتر آنالیت، محلول نهایی از کارتریج SPE مطابق دستورالعمل شرکت سازنده عبور داده شد (Oasis HLB, 3ml/60mg). نیم میکرو لیتر از محلول حاصل از فرآیند SPE به دستگاه گاز کروماتوگراف BEIFEN مدل ۳۴۲۰ مجهز به آشکارساز یونش شعله‌ای تزریق گردید و در نهایت میزان آکريل آميد بر حسب ppb گزارش گردید [۱۴].

#### ۲-۳-۴- طرح آماری و روش آنالیز نتایج

نتایج بدست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Mstat-c نسخه ۱/۴۲ مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از یک طرح آماری کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل دو عامله که عامل اول نوع روش تخمیر (یک مرحله و دو

حجم استوانه مدرج را به میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر با دانه کلزا جایگزین شد. آنگاه قطعه مورد نظر در درون استوانه مدرج قرار داده شد و حجم نهایی گزارش گردید. در انتها از تقسیم حجم به وزن، حجم مخصوص محاسبه شد.

#### ۲-۳-۳- اندازه‌گیری میزان تخلخل

ارزیابی میزان تخلخل با استفاده از تکنیک پردازش تصویر انجام شد. در ابتدا یک قطعه نمونه به ابعاد ۲۵ میلی‌متر توسط یک چاقوی اره‌ای جدا گردید و از هر سه مقطع آن با استفاده از اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۶۰۰ پیکسل تصاویر تهیه و در اختیار نرم افزار Image J قرار داده شد و با محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک، میزان تخلخل نمونه‌ها برآورد گردید. در نهایت میانگین تخلخل محاسبه شده برای هر سه مقطع نمونه به عنوان عدد نهایی تخلخل گزارش شد [۱۰].

#### ۲-۳-۴- اندازه‌گیری رنگ پوسته

آنالیز رنگ پوسته نان بخارپز از طریق تعیین سه شاخص  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  صورت پذیرفت. شاخص  $L^*$  معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص  $a^*$  میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص  $b^*$  میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر می‌باشد. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها تصاویر تهیه شده از پوسته نان در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، مؤلفه‌های فوق محاسبه شدند [۱۱].

#### ۲-۳-۵- اندازه‌گیری میزان سفتی بافت

ارزیابی بافت نان در فاصله زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (TexturePro CT V1.8 Build 31) براساس روش سان و همکاران (۲۰۱۵) انجام شد. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه‌ای (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز نان، به عنوان شاخص سفتی محاسبه گردید [۱۲].

#### ۲-۳-۶- آزمون خصوصیات حسی

آزمون حسی با استفاده از روش پیشنهادی هاگلوند و همکاران

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد گندم و

#### آرد چاودار

مشخصات فیزیکوشیمیایی آرد گندم و چاودار مورد استفاده در تهیه نمونه‌های نان بخارپز در جدول ۱ آورده شده است.

**Table 1** Physicochemical properties of wheat and rye flour

Physicochemical properties (%)	Wheat flour	Rye flour
Moisture	13.6±0.1	9.7±0.1
Protein	12.3±0.0	12.0±0.0
Ash	0.64±0.04	2.49±0.21
Fat	1.25±0.10	2.10±0.08
Wet gluten	29.7±0.5	-

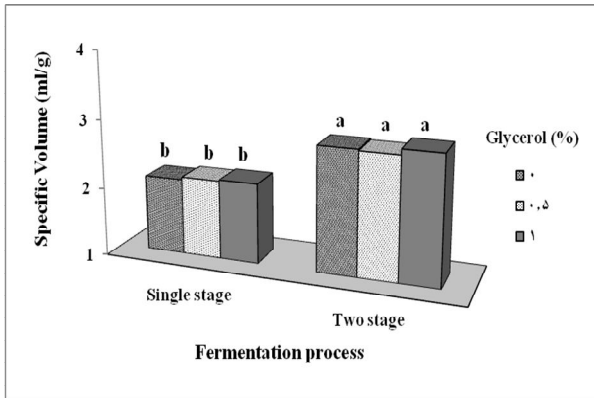
مرحله‌ای) و عامل دوم میزان گلیسرین (صفر، ۰/۵ و ۱/۰ درصد)، بود، استفاده گردید. نمونه‌ها در سه تکرار تهیه شده و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد ( $P < 0.05$ ) مورد مقایسه قرار گرفتند. در انتها برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

#### ۳-۲- خصوصیات کمی و کیفی نان بخارپز

##### ۳-۲-۱- رطوبت

تأثیر افزودن سطوح متفاوت پلی‌ال گلیسرول و نوع روش تخمیر بر میزان رطوبت نان بخارپز در شکل ۱ ملاحظه می‌گردد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش سطح پلی‌ال گلیسرول در فرمولاسیون اولیه نان بخارپز بر میزان رطوبت به طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد افزوده شد. از طرفی نان حاصل از تخمیر دو مرحله‌ای نسبت به تخمیر یک مرحله‌ای دارای رطوبت بالاتری بود، به طوری که نمونه‌های حاوی ۱/۰ درصد گلیسرول با تخمیر دو مرحله‌ای از بیشترین میزان رطوبت برخوردار بودند. در این خصوص، جفری و همکاران (۱۹۸۸) طی پژوهشی اثر پلی‌ال پلی‌استرها را در مهارکنندگی و کاهش انتقال رطوبت در مواد غذایی مورد بررسی قرار داده و اظهار نمودند که مکانیسم کاهش آهنگ انتقال رطوبت درون و بیرون مواد غذایی بر مبنای کاهش انتقال رطوبت از یک ترکیب به ترکیب دیگر در درون مواد غذایی ناهمگن می‌باشد. همچنین مکانیسم کنترل کردن انتقال آب درون ترکیبات مواد غذایی با تغییرات رطوبت میان ماده غذایی و محیط اطراف (اختلاف فشار بخار آب، گرادیان غلظت آب مایع) آن یکسان می‌باشد. بنابراین پلی‌ال پلی‌استر می‌تواند به عنوان حائلی در برابر انتقال رطوبت درون ترکیبات مواد غذایی در سیستم غذایی ناهمگن (تشکیل شده از چندین ترکیب مختلف) عمل کند [۱۵]. در این راستا کاسپر و همکاران (۲۰۰۷) عنوان

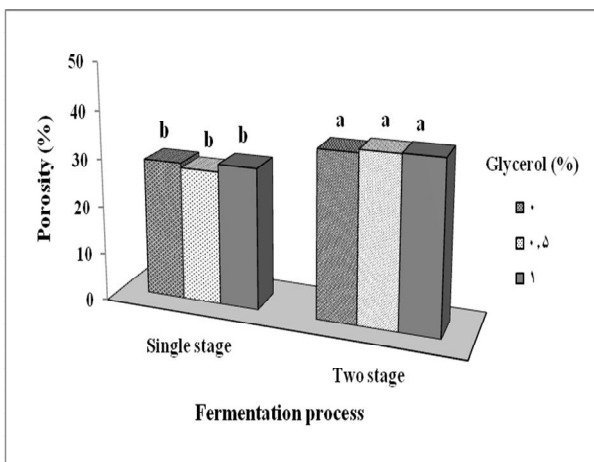
کردند که مواد جاذب الرطوبه از قبیل گلیسرول، سوربیتول و پروپیلن گلیکول به دلیل دارا بودن گروه‌های هیدروفیلیک نظیر گروه‌های هیدروکسیل و کربوکسیل تاثیر قابل ملاحظه‌ای در جذب رطوبت مواد غذایی دارند [۱۶]. همچنین گیاهی طرزی و همکاران (۱۳۹۵) و قیافه داودی و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی‌های خود بیان کردند که هموکانت‌هایی نظیر سوربیتول، گلیسرول و پروپیلن گلیکول باعث جلوگیری از کاهش میزان رطوبت در محصول نهایی می‌شوند [۱۷ و ۱۸]. از سوی دیگر نتایج نشان داد روش تخمیر دو مرحله‌ای به‌طور مؤثری در افزایش میزان رطوبت نان‌های بخارپز نقش داشت. این امر احتمالاً به دلیل تفاوت در میزان جذب و قابلیت نگهداری آب توسط اجزاء تشکیل‌دهنده نان تهیه شده از روش دو مرحله‌ای می‌باشد [۱۹]. احتمال تولید دکسترین‌های با وزن مولکولی بالا و آگزوپلی ساکاریدهای مختلف در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌تواند بر توانایی حفظ آب مؤثر باشد. این امر باعث گردیده تا محتوای رطوبتی نان‌های تولید شده با روش دو مرحله‌ای نسبت به روش تک مرحله‌ای بالاتر باشد [۲۰]. در این خصوص امر و اجو (۲۰۰۵) اثر روش «اسفنج و خمیر» و روش «مستقیم» تهیه خمیر بر خواص کیفی نان را مورد بررسی قرار داده و در نهایت عنوان کردند که رطوبت محصول نهایی در روش دو مرحله‌ای تخمیر نسبت به روش یک مرحله‌ای بیشتر می‌باشد [۹].



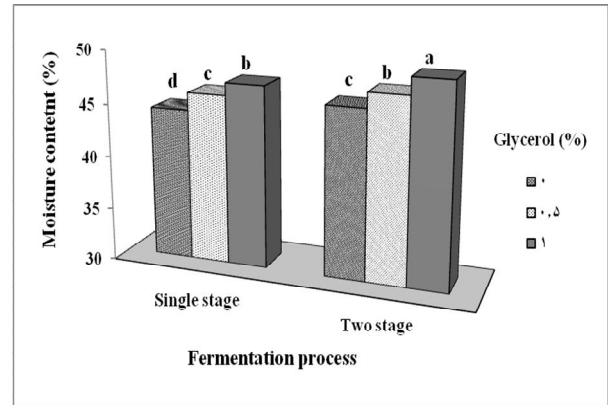
**Fig 2** Effect of polyol addition and fermentation process on specific volume of steamed bread (Means with different letters differ significantly in  $p < 0.05$ ).

### ۳-۲-۳- تخلخل

نتایج نشان داد که افزودن پلی‌ال گلیسرول در تمامی سطوح تأثیر معنی‌داری بر تخلخل نداشت (شکل ۳). این در حالی بود نان حاصل از تخمیر دو مرحله‌ای نسبت به تخمیر یک مرحله‌ای دارای تخلخل بیشتری بود، به طوری که نمونه‌های تهیه شده با تخمیر دو مرحله‌ای در تمامی سطوح گلیسرول از بیشترین میزان تخلخل برخوردار می‌باشند. در خصوص هاسنی (۱۹۸۶) بیان کرد که اختلاط بیشتر مواد در روش تخمیر دو مرحله‌ای باعث ایجاد حباب‌های کوچکتر و یکنواخت‌تر در طی تخمیر می‌شود که این امر به نوبه خود سبب افزایش تخلخل در محصول نهایی نسبت به تخمیر یک مرحله‌ای می‌گردد [۲۳]. همچنین به نظر می‌رسد که در روش تخمیر دو مرحله‌ای به علت افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در خمیر میزان گاز دی‌اکسید کربن بیشتری تولید شده که در نهایت این امر منجر به افزایش تخلخل محصول نهایی شود.



**Fig 3.** Effect of polyol addition and fermentation process on porosity of steamed bread (Means with different letters differ significantly in  $p < 0.05$ ).



**Fig 1** Effect of polyol addition and fermentation process on the moisture content of steamed bread (Means with different letters differ significantly in  $p < 0.05$ )

### ۳-۲-۲- حجم مخصوص

در شکل ۲ تأثیر افزودن سطوح متفاوت پلی‌ال گلیسرول و نوع روش تخمیر بر میزان حجم مخصوص نان بخارپز ملاحظه می‌گردد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود افزودن پلی‌ال گلیسرول در تمامی سطوح تأثیر معنی‌داری بر میزان حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی نداشت ( $P \leq 0.05$ ). این در حالی بود که نان حاصل از تخمیر دو مرحله‌ای نسبت به تخمیر یک مرحله‌ای دارای حجم مخصوص بالاتری بود، به طوری که نمونه‌های تهیه شده با تخمیر دو مرحله‌ای در تمامی سطوح گلیسرول از بیشترین میزان حجم مخصوص برخوردار بودند. در اکثر مطالعات استفاده از خمیرترش و تهیه خمیر به صورت دو مرحله‌ای به عنوان عاملی برای افزایش حجم نان گزارش گردیده است. در همین راستا امر و اجو (۲۰۰۵) در مطالعات خود گزارش کردند که روش تخمیر دو مرحله‌ای نسبت به یک مرحله‌ای باعث افزایش بیشتر حجم مخصوص محصول نهایی می‌شود [۹]. علاوه بر این پورفرزاد و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند که افزودن ترکیبات پلی‌الی همانند گلیسرول، پلی‌پروپیلن گلاکول و سوربیتول تا سطح ۵ درصد به عنوان یک ماده جاذب الرطوبه در فرمولاسیون نان بررسی تأثیر معنی‌داری بر حجم مخصوص محصول نهایی ندارد [۲۱]. ژو و همکاران (۲۰۱۵) نیز اثر افزودن گلیسرول و سوربیتول بر ویژگی‌های خمیر و نان سفید را مورد بررسی قرار داده و در نهایت عنوان کردند که افزودن این ترکیبات تا ۸ درصد تأثیر معنی‌داری بر حجم مخصوص محصول ندارد. این محققین بیان کردند اگر مقدار آن‌ها در فرمولاسیون نان سفید از ۸ درصد بیشتر شود؛ حجم مخصوص در محصول نهایی کاهش می‌یابد [۲۲].

## ۳-۲-۴- رنگ پوسته

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود با افزایش سطح پلی‌ال گلیسرول در فرمولاسیون اولیه نان بخارپز بر میزان مؤلفه  $L^*$  به طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد افزوده شد. از طرفی نمونه‌های نان حاصل از تخمیر دو مرحله‌ای نسبت به تخمیر یک مرحله‌ای از مؤلفه  $L^*$  بالاتری برخوردار بود و نمونه حاوی ۱/۰ درصد گلیسرول با تخمیر دو مرحله‌ای از بیشترین میزان مؤلفه  $L^*$  برخوردار بودند. مؤلفه  $L^*$  در واقع به معنی روشنی می‌باشد و هرچه مقدار عددی این شاخص بیشتر باشد نشان‌دهنده رنگ روشن‌تر و بهتر محصول است. در واقع می‌توان گفت که افزایش میزان مؤلفه  $L^*$  در نمونه‌های نان تولیدی بدان علت است که ترکیباتی همانند هموکتانت‌ها از طریق نگهداری بیشتر رطوبت در بافت محصول نهایی و از دست ندادن آن در طی فرآیند پخت توانسته‌اند در کاهش تغییرات سطح پوسته نان موثر باشند که این امر به نوبه خود در افزایش میزان مؤلفه  $L^*$  دخیل است [۱۸]. از سوی دیگر نان بخارپز به دلیل نوع فرآیند پخت دارای سطح برآقی می‌باشد که

این امر نیز انعکاس نور از پوسته تأثیرگذار خواهد بود. در همین راستا پورلیس و سالوادوری (۲۰۰۹) بیان نمودند تغییرات سطح بافت به احتمال زیاد مسئول روشنایی سطح محصولات صنایع پخت بوده و سطوح منظم و صاف توانایی انعکاس بیشتر روشنایی نسبت به سطح چین‌دار را دارد [۲۴]. همچنین یافته‌های کریمی و همکاران (۱۳۹۰) نیز در این زمینه گواهی بر این امر است. چراکه بیان نمودند ترکیباتی که قابلیت حفظ بیشتر رطوبت در محصول نهایی در حین فرآیند پخت را داشتند با ممانعت از چروکیدگی پوسته و تغییرات سطح آن در افزایش میزان مؤلفه  $L^*$  دخیل بودند [۲۵]. در خصوص روش تخمیر نیز با توجه به نتایج بخش رطوبت تحقیق حاضر می‌توان عنوان کرد که به دلیل حفظ بیشتر رطوبت در محصول نهایی با تخمیر دو مرحله‌ای، سطح از یکنواختی بیشتری برخوردار بوده و در نتیجه روشنایی محصول نهایی افزایش یافت. از سوی دیگر تغییراتی که در فرمولاسیون و روش تخمیر نان بخارپز اعمال گردید، تأثیری بر میزان مؤلفه‌های  $a^*$  و  $b^*$  پوسته ایجاد ننمود ( $P \leq 0.05$ ).

**Table 2** Effect of polyol addition and fermentation process on crust color values of steamed bread

Fermentation process	Glycerol (%)	Color crust color (-)		
		$L^*$	$a^*$ ns	$b^*$ ns
Single stage	0.0	70.22±0.03 <sup>c</sup>	1.02±0.01	15.03±0.07
	0.5	71.18±1.01 <sup>bc</sup>	1.07±0.02	14.75±0.25
	1.0	72.77±0.36 <sup>b</sup>	1.11±0.02	14.87±0.33
Two stage	0.0	70.90±0.17 <sup>c</sup>	0.99±0.02	15.06±0.23
	0.5	72.68±0.35 <sup>b</sup>	0.98±0.00	15.11±0.15
	1.0	74.09±0.18 <sup>a</sup>	1.01±0.01	14.88±0.032

(Means in each column with different letters differ significantly in  $p < 0.05$ )

(ns: not significantly different in  $p < 0.05$ ).

## ۳-۲-۵- سفتی بافت

در شکل ۴ تأثیر افزودن سطوح متفاوت پلی‌ال گلیسرول و نوع روش تخمیر بر میزان سفتی بافت نان بخارپز طی بازه زمانی دو ساعت و سه روز پس از پخت ملاحظه می‌گردد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش سطح پلی‌ال گلیسرول در فرمولاسیون اولیه نان بخارپز از سفتی بافت به طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد کاسته شد. از سوی دیگر نان حاصل از تخمیر دو مرحله‌ای نسبت به تخمیر یک مرحله‌ای از میزان سفتی بافت کمتری برخوردار بود به طوری که نمونه نان حاوی ۱/۰ درصد گلیسرول با تخمیر دو مرحله‌ای از کمترین میزان سفتی بافت در بین نمونه‌های تولیدی طی هر دوبازه زمانی برخوردار بودند.

به طور کلی بیاتی یا سفت شدن بافت این دسته از محصولات در طول مدت زمان نگهداری، فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی از جمله کریستالیزاسیون مجدد نشاسته ژلاتینه شده به خصوص آمیلوپکتین‌های کوتاه زنجیر، رتروگراداسیون<sup>۶</sup> آمیلوز، اتصال آمیلوز و آمیلوپکتین به یکدیگر، مهاجرت رطوبت پس از کریستالیزاسیون نشاسته، جذب رطوبت خارج شده از نشاسته توسط گلوتن و کاهش مقدار رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی، در آن دخیل هستند [۱۷ و ۲۶]. در راستای نتایج به دست آمده قیافه داودی و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند که هموکتانت‌هایی نظیر گلیسرول قادرند از طریق واکنش با نشاسته و پروتئین و همچنین

6. Retrogradation

۳-۲-۶- خصوصیات حسی

تأثیر افزودن سطوح متفاوت پلی‌ال گلیسرول و نوع روش تخمیر بر امتیاز خصوصیات حسی نان بخارپز طی ارزیابی حسی در شکل ۵ ملاحظه می‌گردد. مطابق نتایج ارزیابی حسی داوران، افزودن پلی‌ال گلیسرول به فرمولاسیون نان بخارپز و استفاده از تخمیر دو مرحله‌ای در تهیه نان، سبب افزایش مقبولیت نمونه‌های تولیدی به لحاظ بافت، طعم، قابلیت جویدن و پذیرش کلی گردید. این در حالی بود هر کدام از متغیرهای مورد بررسی (افزودنی و اصلاح فرآیند تخمیر) تأثیر معنی‌داری بر امتیاز رنگ محصول نداشتند و به‌طور کلی امتیاز رنگ تمامی تیمارها تقریباً یکسان بود. همچنین ملاحظه گردید که عدم مشاهده رنگ قهوه‌ای در پوسته این محصول، سبب کسب امتیاز پائین رنگ طی ارزیابی حسی برای تمامی نمونه‌های تولیدی گردید. هرچند استفاده از آرد چاودار به‌عنوان جایگزین آرد گندم تا حدودی رنگ روشن پوسته و مغز نان را تعدیل بخشید ولی جبران واکنش‌های قهوه‌ای شدن (مایلارد و کاراملیزاسیون) پوسته را در طی فرآیند پخت در فر نمود.

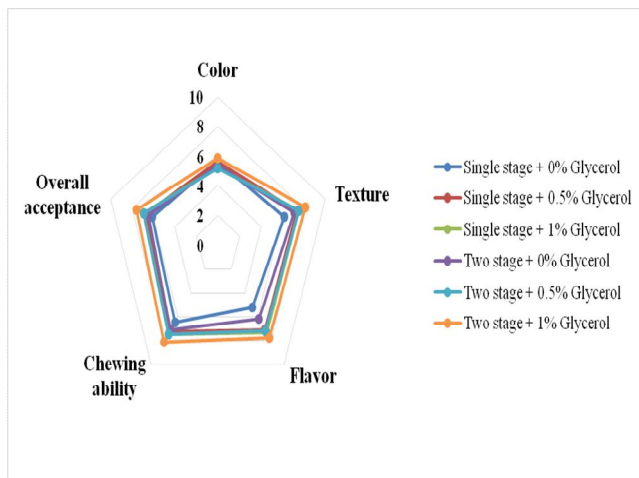


Fig 5 Effect of polyol addition and fermentation process on sensory properties of steamed bread.

در آزمون حسی جهت امتیازدهی به بافت و قابلیت جویدن یک محصول، خمیری بودن و یا نرمی غیر عادی، سفت بودن، تردی و شکنندگی، خشک و سفت بودن، گلوله و خمیری بودن در دهان و چسبیدن به دندان‌ها سبب کسر امتیاز می‌گردد. از این رو براساس نتایج بدست آمده از ارزیابی بافت نمونه‌های نان بخارپز در بخش بافت‌سنجی این انتظار وجود داشت که نمونه حاوی ۱/۰ درصد گلیسرول با تخمیر دو مرحله‌ای از

جلوگیری از کاهش میزان رطوبت محصول نهایی از بیاتی و سفت شدن نان پس از پخت و در حین مدت نگهداری جلوگیری کنند [۱۷]. در این خصوص پورفرزاد و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که افزودن ترکیبات پلی‌الی همانند پلی- پروپیلن گلیکول به عنوان یک ماده جاذب‌الرطوبه در فرمولاسیون نان بربری تأثیر معنی‌داری بر کاهش میزان سفتی محصول نهایی دارد [۲۱] که سوهندرو و همکاران (۱۹۹۵) کاهش سفتی نان در سیستم حاوی پروپیلن گلیکول را به ظرفیت حفظ آب پلی‌ال‌ها و در نتیجه ثبات سیستم آب-نشاسته نسبت دادند [۲۷]. ملان (۱۹۶۲) عنوان کرد گلیسرین در مقایسه با سویتول و پروپیلن گلیکول هیگروسکوپیکیتر بوده و بنابراین قابلیت بیشتری در جذب و نگهداری رطوبت مواد غذایی دارد [۲۸]. لذا به نظر می‌رسد تمایل قابل توجه هموکتانت‌ها به جذب آب و قابلیت بالای آن‌ها در نگهداری آب باعث می‌شود که آب کمتری در دسترس نشاسته قرار گیرد و در نتیجه نشاسته کمتری متورم، ژلاتینه و در طی زمان نگهداری مجدداً کریستاله گردد که این فرآیند در نهایت کاهش سفتی و به تأخیرآفتادن بیاتی محصول را به دنبال دارد.

امر و اجو (۲۰۰۵) نیز در خصوص روش تخمیر نتایج مشابهی را گزارش کردند و بیان کردند که خمیر تولید شده به روش دو مرحله‌ای نسبت به روش تک مرحله‌ای به دلیل همزدن بیشتر و افزایش مشارکت هوا از سلول‌های هوای کوچک‌تری برخوردار می‌باشد که این امر به تولید نان با بافتی نرم‌تر کمک می‌کند [۹].

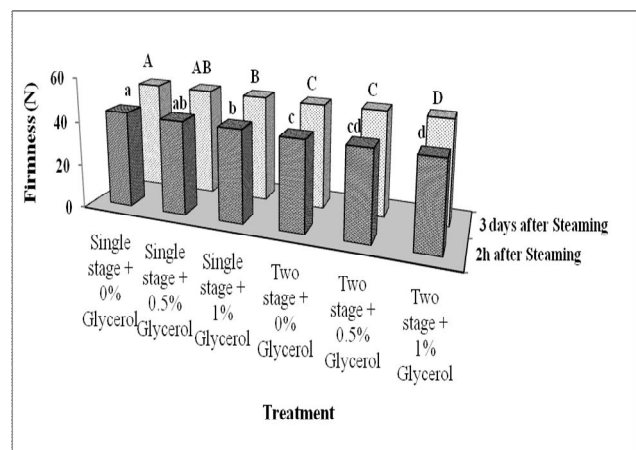


Fig 4 Effect of polyol addition and fermentation process on firmness of steamed bread during storage

(Means in storage time with different letters differ significantly in  $p < 0.05$ )



ترکیبی (گندم - چاودار) حاوی ۱/۰ درصد گلیسرول و تهیه شده با فرآیند تخمیر دو مرحله‌ای از خصوصیات کمی و کیفی مطلوبی برخوردار بود و میزان آکریل آمید در این نمونه ۵۲ پی‌پی‌بی گزارش گردید.

## ۵- منابع

- [1] Qanbarzadeh, B. 2005. Basics of Food Chemistry. Author John M. DeMan. AIJ Publications. Second Edition [in Persian].
- [2] Liu, C.H. 2015. Production technology of steamed bread (2nd Ed.). Beijing: Chemical Industry Press (In Chinese).
- [3] Zhu, F. 2016. Staling of Chinese steamed bread: Quantification and control. *Trends in Food Science & Technology*, 55: 118-127.
- [4] Smith, J.P., Daifas, D.P., El-khoury, W., and Koukoutsis, J. 2004. Shelf life and safety concerns of bakery Products. A review. *Us National library of medicine national institutes of health*.
- [5] Luo, D., Liang, X., Xu, B., Li, P., Li, X., Han, S., Liu, J., and Zhou, L. 2017. Effect of inulin with different degree of polymerization on water redistribution of steamed bread. *Journal of Cereal Science*, 76: 289-295.
- [6] Xing-li, L., Tai-hua, M., Hong-nan, S., Miao, Z., and Jing-wang, C. 2016. Influence of potato flour on dough rheological properties and quality of steamed bread. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(11): 2666-2676
- [7] Lombard, G.E., Weinert, I.A.G., Minnaar, A., and Taylor, J.R.N. 2000. Preservation of South African steamed bread using hurdle technology. *Lebensm Wiss. U. Technology*, 33: 138-143.
- [8] AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. *American Association of Cereal Chemists*, St. Paul, MN.
- [9] Amr, A., and Ajo, R. 2005. Production of two types of pocket forming flat bread by the sponge and dough method. *Cereal Chemistry*, 82(5): 499-503.
- [10] Haralick, R.M., Shanmugam, K., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45(6): 1995-2005.
- [11] Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation.

مطلوب‌ترین بافت از نگاه ارزیابان حسی برخوردار باشد زیرا این نمونه از سایر نمونه‌ها سفتی کمتری داشت. از سوی دیگر با توجه به ارتباط غیر مستقیم بافت مواد غذایی با درک طعم [۲۹]. به دلیل برهمکنش‌های متفاوت بین مواد طعم‌زا و ساختار بافت مواد غذایی، اختصاص امتیاز بالاتر طعم توسط داوران چشایی به نمونه حاوی ۱/۰ درصد گلیسرول با تخمیر دو مرحله‌ای که دارای بافت با نرمی مطلوب بود، دور از انتظار نبود.

## ۳-۲-۷- آکریل آمید

با توجه به جدول ۱، میانگین میزان آکریل آمید نمونه حاوی ۱/۰ درصد پلی‌ال گلیسرول و بکارگیری روش تخمیر دو مرحله‌ای در تهیه محصول نهایی (بهترین نمونه تولیدی با توجه به نتایج ارزیابی‌های صورت گرفته) ۵۲ پی‌پی‌بی بود. این در حالی بود که متقی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی میزان آکریل آمید در نان‌های سطح سنتی شهرستان کرمان، عنوان داشتند که میزان این ترکیب در نان‌های تافتون، بربری و سنگک در این استان به ترتیب ۱۴۱/۳۷، ۱۲۷/۰۲ و ۱۰۱/۲۱ پی‌پی‌بی گزارش گردید که به مراتب از نان بخارپز تولیدی در پژوهش حاضر بیشتر بود [۱۴]. همچنین شیخ‌الاسلامی کندلوسی و همکاران (۱۳۹۵) میزان آکریل آمید در نان‌های رایج ایران را مورد بررسی قرار داده و نتایج این محققان نیز نشان داد که میزان آکریل آمید در نان‌های تست ۱/۳۳، باگت ۲/۳۲، بربری ۱/۸۵، سنگک ۰/۰۹ و تافتون ۲/۰۸ پی‌پی‌ام بود [۳۰]. از این رو با مقایسه اعداد میانگین میزان آکریل آمید مشاهده می‌شود که نمونه حاوی ۱/۰ درصد پلی‌ال گلیسرول و بکارگیری روش تخمیر دو مرحله‌ای در تهیه محصول نهایی، از میزان آکریل آمید کمتری نسبت به سایر نمونه‌ها برخوردار می‌باشد.

## ۴- نتیجه گیری

یکی از مهمترین مراحل تولید نان و سایر مواد غذایی که منجر به ایجاد شکل قابل هضم و مصرف در محصولات می‌گردد، مرحله پخت می‌باشد که در مطالعات اخیر استفاده از حرارت‌های غیرمستقیم و فرآیند بخارپز کردن برای این منظور توصیه شد است. از این رو هدف از انجام این تحقیق بررسی امکان بومی‌سازی فرآیند تولید نان بخارپز متناسب با ذائقه مصرف کننده ایرانی بود. نتایج نشان داد که نمونه نان بخارپز

- Applied environmental Microbiology*, 69: 945-952.
- [21] Pourfarzad, A., Khodaparast, M.H.H., Karimi, M., Mortazavi, S.A., Ghiyafeh Davoodi, M., Sourki, A.H., and Jahromi, S.H.R. 2009. Effect of polyols on shelf life and quality of flat bread fortified with soy flour. *Journal of Food Process Engineering*, 34 (5): 1435-1448.
- [22] Zhou, C.F., Qian, P., Meng, J., Gao, S.M., and Lu, R.R. 2015. Effect of glycerol and sorbitol on the properties of dough and white bread. *Cereal Chemistry Journal*, 93(2): 196-200.
- [23] Hosene, R. 1986. Principles of Cereal Science and Technology. Pages 203-241. AACC International: St. Paul, MN.
- [24] Purlis, E., and Salvadori, V. 2009. Modeling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 42: 865-870.
- [25] Karimi, M., Ghiyafeh Davoodi, M., Sheikholeslami, Z., Sahraeian, B., Naghipour, F., Pourfarzad, A., Mirmajidi, A., Rostami, M., and the Nabaie, A. 2012. Investigation on the effect and optimum levels of additives on shelf life of bread. Final report of the research project, Institute of Technical and Engineering Research [in Persian].
- [26] Akbari, N., Mohammadzadeh Milani, J., and Alaedini, B. 2014. Effect of potato paste on stalling of Barbari flat bread. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 2(4): 339-350 [in Persian].
- [27] Suhendro, E.L., Waniska, R.D., Rooney, L.W., and Gomez, M.H. 1995. Effects of polyols on the processing and qualities of wheat tortillas. *Cereal Chemistry*, 72: 122-127.
- [28] Mellan, I. 1962. Polyhydric Alcohols. McGregor and Werner: Washington, DC.
- [29] Baines, Z.V., and Morris, E.R. 1988. Flavor/taste perception in thickened systems: The effect of guar gum above and below. *Food Hydrocolloids*, 1(3): 197-205.
- [30] Shaykh al-Islami Kendalusi, M., Mohammadzadeh Milani, J., and Seyed Jafar Nazari, S.S. 2016. Measurement of acrylamide content in common Iranian breads. *Journal of Food processing and production*, 6(2): 15-26 [in Persian].
- Academic Press, New York.
- [12] Sun, R., Zhang, Z., Hu, X., Xing, Q., and Zhuo, W. 2015. Effect of wheat germ flour addition on wheat flour, dough and Chinese steamed bread properties. *Journal of Cereal Science*, DOI: 10.1016/j.jcs.2015.04.011.
- [13] Haglund, A., Johansson, L., and Dahlstedt, L. 1998. Sensory evaluation of whole meal bread from ecologically and conventionally grown wheat. *Journal of Cereal Science*, 27: 199-207.
- [14] Motaghi, M.M., Honarvar, M., Seyedin ardebili S.M., and Mehrabani M. 2012. Determination of acrylamide content in traditional flat breads in kerman city by using spe-gc/fid method. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 9(36): 61-66 [in Persian].
- [15] Jeffrey, J., Kester, Chester. W., C.A., Bernhardt, Fairfield, J.J., and Elsen, A.L. 1988. Polyol polyesters as a protective moisture barrier for foods. United States Patent, 4, 600-960.
- [16] Casper, J.L., Oppenheimer, A.A., and Erickson, B. 2007. Dough compositions having a moisture barrier and related methods. United States patent no 0275128 (in American).
- [17] Ghiyafeh Davoodi, M., Sahraeian, B., Naghipour, F., Karimi, M., and Sheikholeslami, Z. 2016. Investigation on synergist effects of humectants with emulsifiers on technological, image processing and sensory properties of semi bulk bread. *Journal of Food Science and Technology*, 59(13): 75-84 [in Persian].
- [18] Ghiassi Tarzi, B., Damanafshan, P., Nadimi boushehri, S., and Bakhoda, H. 2016. Effects of Polyols (Glycerin, propylene glycol, sorbitol), invert syrup and glucose syrup on specific volume of batter and shelf life of shortened cake. *Journal of Food Science and Technology*, 53(13): 71-78 [in Persian].
- [19] Kulp, K., and Ponte, J.G. 1981. Staling of white pan bread: fundamental causes. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 15: 1-48.
- [20] Tiekling, M., Korakli, M., Ehrmann, M.A., Gänzle, M.G., and Vogel, R.F. 2003. In situ production of exopolysaccharides during sourdough fermentation by cereal and intestinal isolates of lactic acid bacteria.



## Investigating on Increasing the Shelf life of Steamed Bread Containing Rye Flour by Adding Polyol and Modifying the Fermentation

Ghiafeh Davoodi, M. <sup>1\*</sup>, Karimi, M. <sup>1</sup>, Naghipour, F. <sup>2</sup>, Sheikholeslami, Z. <sup>1</sup>

1. Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Mashhad, Iran.
2. Seed and Plant Improvement Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2021/ 01/ 30  
Accepted 2021/ 04/ 24

#### Keywords:

Steamed bread,  
Glycerol,  
Fermentation,  
Acrylamide, Shelf life.

**DOI:** 10.29252/fsct.18.06.24

\*Corresponding Author E-Mail:  
Mehdidavoodi@yahoo.com

### ABSTRACT

Improving the quality of bread and bakery products by modifying the formulation and production process is one of the most important ways to increase the level of public health in society. In this regard, steamed bread is free of harmful compounds such as acrylamides due to different baking processes, including foods. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of adding glycerol at levels of 0, 0.5 and 1% and using one-stage and two-stage fermentation methods on physicochemical and sensory properties of composite steamed bread (wheat-rye) in a completely randomized design with factorial arrangement in order to produce suitable bread taste for the Iranian consumer and improve the shelf life of the final product. Based on the results, it was found that by increasing the glycerol and using the two-stage fermentation method, the moisture content of the final product and firmness (during 2 and 72 hours after baking) increased and decreased respectively. In addition, the use of two-stage fermentation method improved the porosity and specific volume of the final product. However, glycerol had no effect on these parameters of bread. On the other hand, the amount of L\* value increased with increasing glycerol and using two-stage fermentation method, while the amount of a\* and b\* values remained constant. In the sensory evaluation section, the taste judges gave the highest score to the sample containing 11% glycerol and prepared by two-stage fermentation process. Therefore, by localizing the technical knowledge of producing steamed bread, bread with better nutritional value can be contracted in people's food basket.