مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی امکان جایگزینی ساکارز با آرد مالت آنزیمی سورگوم درکیک برنجی بدون گلوتن

بهاره صحرائیان[۱]، سید علی مرتضوی [۲*]، مهدی کریمی[۳]، فریده طباطبایی یزدی[۲]، محبت محبی[۲]

۱-دانش آموخته دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

۲- استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۳-دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰٦/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۸/۱۰

کلمات کلیدی:

شیرین‌کننده،

آرد مالت،

سیلیاک،

کیک بدون گلوتن.

DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1

* مسئول مکاتبات:

morteza@um.ac.ir

چکیده

امروز در بازار مصرف مواد غذایی، شیرین‌کننده‌های مختلفی در حال رقابت با ساکارز هستند که ضمن ایجاد شیرینی قابل قبول، خواص تکنولوژیکی و حسی فراورده تولیدی را حفظ می‌کنند. بنابراین در این پژوهش از آرد مالت آنزیمی سورگوم به عنوان جایگزین ساکارز (شکر) در کیک برنجی بدون گلوتن استفاده شد. بدین منظور رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، مؤلفه‌های رنگی پوسته، سفتی بافت و ویژگی‌های حسی ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که با افزایش جایگزینی ساکارز با آرد مالت آنزیمی سورگوم حفظ رطوبت نمونه‌های تولیدی و میزان مؤلفه رنگی a^* آن‌ها افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد با سپری شدن زمان یک هفته پس از پخت کیک، افت رطوبت در نمونه‌های حاوی آرد مالت کمتر از نمونه شاهد بود. آرد مالت آنزیمی سورگوم نیز قابلیت افزایش نرمی بافت را داشت و جهت جلوگیری از سفت شدن بافت طی مدت زمان نگهداری موفق عمل نمود. علاوه بر این نتایج حاکی از آن بود که نمونه‌ای که در آن ٤٠ درصد ساکارز با آرد مالت جایگزین شده بود دارای بیشترین میزان تخلخل، حجم مخصوص و مؤلفه رنگی L^* بود. همچنین این نمونه به لحاظ شیرینی با نمونه شاهد برابری داشت و از نظر داوران چشایی در سایر ویژگی‌ها نیز نمونه برتر بود. از این رو با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت که آرد مالت آنزیمی سورگوم قابلیت استفاده به‌عنوان یک شیرین‌کننده طبیعی بخصوص در فراورده‌های نانوایی مورد نیاز بیماران سیلیاکی دارد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247]

۱- مقدمه

امروزه در بسیاری از کشورهای دنیا به‌ویژه ایران به پدیده خشکسالی به‌عنوان یک ناهنجاری اقلیمی که پیامدهایی زیان بار و پرهزینه‌ای برجای می‌گذارد، می‌نگرند. از این رو محققان با واقف بودن به مسئله خشکسالی و بحران آب در بسیاری از مناطق به دنبال راهکارهایی جهت کاهش مصرف آب به‌خصوص در بخش کشاورزی هستند. بنابراین با درنظر گرفتن این مسئله که در سال‌های آتی با تشدید پدیده خشکسالی، بازار مصرف با کمبود شیرین‌کننده‌های طبیعی به‌دلیل نیاز بالای آب در کاشت مواد اولیه‌ی آن‌ها نظیر چغندر قند، نیشکر و غیره مواجه خواهد شد، می‌بایست از گیاهانی که نسبت به منابع محدودکننده نظیر آب، خاک و غیره مقاومند در تولید این دسته از محصولات (شیرین‌کننده‌ها) استفاده نمود. یکی از این گیاهان، سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) است. این گیاه از نظر اهمیت غذایی پنجمین غله دنیا پس از گندم، ذرت، برنج و جو محسوب می‌شود [۱] و فاقد پروتئین گلوتن بوده و در تولید فراورده‌های بدون گلوتن صنایع پخت نظیر نان، کیک، کلوچه و بیسکوئیت کاربرد زیادی دارد [۲]. سورگوم گیاه بسیار مقاومی است و در شرایطی که برای بیشتر غلات نامناسب است، قادر به تولید بذر می‌باشد و به دلیل مقاومت آن نسبت به خشکی، برای مناطقی که بارندگی منظمی ندارند، گیاه مناسبی محسوب می‌گردد [۳]. هم‌چنین لازم به ذکر است که از سورگوم شیرین جهت تولید شربت سورگوم و از سورگوم دانه‌ای جهت تولید مالت سورگوم استفاده می‌شود که هر دو فراورده ذکر شده قابلیت جایگزین شدن با ساکارز را در مواد غذایی دارند. البته استفاده از مالت سورگوم (نسبت به شربت سورگوم) به عنوان جایگزین شکر در فراورده‌های بدون گلوتن که مورد نیاز بیماران سیلیاکی و حتی دسته آلرژیک به گلوتن هستند، می‌تواند اهداف دیگری نظیر بهبود عطر و مزه، رنگ و بافت را که به لحاظ خصوصیات تکنولوژیکی و حسی ضعیف هستند و به موجب آن بازارپسندی این دسته از فراورده‌ها به شدت کاهش یافته است را تأمین نماید. علاوه بر این در همین جا باید گفت که تا به حال منبعی حاکی از کاربرد مالت سورگوم به‌عنوان جایگزین شکر (ساکاروز) در فراورده‌های غله‌ای خصوصاً دسته بدون گلوتن مشاهده نشده است، اما مطالعات چندی در زمینه انواع جایگزین‌های شکر در کیک، کلوچه، بیسکوئیت و غیره و حتی مشکلات تکنولوژیکی و حسی موجود ناشی از این جایگزینی‌ها موجود است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد. مارتینز و همکاران (۲۰۱٤) برخی از قندهای الکلی نظیر سوربیتول، مالتیتول و اریتریتول را به عنوان جایگزین ساکارز در فرمولاسیون مافین استفاده نمودند. نتایج نشان داد که استفاده از قندهای الکلی باعث افزایش دمای ژلاتیناسیون و کاهش ارتفاع فراورده‌های تولیدی شد. این در حالی بود که اریتریتول سختی بافت را افزایش و سوربیتول و مالتیتول این پارامتر را کاهش دادند [٤]. پاریت و همکاران (۲۰۱۱) از آرابینوگزیلان به‌عنوان یک منبع پری‌بیوتیک و با هدف جایگزین نمودن با بخشی از ساکارز موجود در فرمولاسیون کلوچه استفاده نمودند. این محققان مشاهده کردند، جایگزینی بیش از ۳۰ درصد سبب کاهش رطوبت، ایجاد رنگ تیره‌تر و بافت سخت‌تر نمونه‌های تولیدی شد [٥]. سیدهو و همکاران (۲۰۰۷) شربت خرما را در مقادیر ۵۰ و ۱۰۰ درصد جایگزین شکر موجود در فرمولاسیون نان نمودند. نمونه‌هایی که در آن‌ها از سیروپ خرما به‌طور کامل استفاده شده بود، کیفیت پخت، بافت، عطر و طعم بهتری مشاهده شد [٦]. گالاگر و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی جایگزینی ساکارز با اینولین در سطوح ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد در فرمولاسیون بیسکوئیت پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش میزان اینولین، مؤلفه L^* و سختی بافت کاهش یافت که این پژوهشگران نمونه تولیدی با کمترین میزان جایگزینی را به‌عنوان بهترین نمونه معرفی نمودند [۷]. آقامحمدی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تأثیر استفاده از ملاس در چهار سطح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به عنوان جایگزین شکر بر خصوصیات کیک روغنی پرداختند. با افزایش جایگزینی ملاس به جای شکر، بافت نمونه‌های تولیدی سفت‌تر و بر میزان بیاتی آن‌ها افزوده شد. در مقابل افت وزن، میزان رطوبت و فعالیت آبی روند نزولی داشت [۸]. هم‌چنین در این پژوهش رنگ کیک روغنی تیره‌تر شد. کریمی و شیخ الاسلامی (۱۳۸۹) به مطالعه افزودن عصاره و پودر مالت به نان لواش و بربری پرداختند. نتایج این پژوهشگران حاکی از کاهش میزان سفتی بافت و افزایش ماندگاری ناشی از کاهش روند بیاتی بود. البته این محققان اذعان داشتند که عصاره مالت بیش از پودر مالت در به تأخیر انداختن بیاتی نقش داشت [۹]. از این‌رو با در نظر گرفتن معضلات ناشی از

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247]

جایگزینی شکر با بسیاری از شیرین‌کننده‌ها در فراورده‌های صنایع پخت و توجه به پدیده خشکسالی و در نظر گرفتن فواید آرد مالت در این دسته از فراورده‌ها، هدف از این تحقیق استفاده تولید کیک بدون گلوتن کم ساکارز بود که در آن از مالت سورگوم آنزیمی به عنوان جایگزین ساکارز موجود در کیک برنجی بدون گلوتن و بررسی ویژگی های کیفی و کمی فراورده نهایی بود.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-مواد

آرد برنج با ۱۰/۱ درصد رطوبت، ۰/۳۲ درصد خاکستر، ۸۱ درصد نشاسته، ۷/۲۵ درصد پروتئین و صفر درصد گلوتن از بازار محلی تهیه شد. بدین منظور، آرد مورد نیاز برای انجام آزمایشات یکجا تهیه و در سردخانه نگهداری گردید. سایر مواد مورد نیاز در تولید کیک شامل شکر، روغن نباتی مایع و بیکینگ پودر از یک فروشگاه عرضه کننده مواد اولیه قنادی خریداری و تخم‌مرغ تازه نیز یک روز قبل از تولید روزانه کیک‌ها تهیه و در یخچال نگهداری شد. شربت اینورت نیز مطابق با دستورالعمل موجود در استاندارد ملی ایران به شماره ۸۰۲۵ تدوین شده در سال ۱۳۸۳ تهیه گردید. صمغ گوار با نام تجاری (MEYPROtm GUAR (E412، صمغ زانتان با نام تجاری RHODIGELTM (XANTHAN) GUM (E415) و وانیل با نام تجاری RHOVANILLA از شرکت رودیا (فرانسه) خریداری و مالت سورگوم آنزیمی از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شد.

۲-۲-روش‌ها

۲-۲-۱-تهیه خمیر و تولید کیک

خمیر کیک حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج، ۲۵ درصد پودر شکر، ۲۵ درصد اریتریول، ۲۵ درصد سوکرالوز، ۳۶ درصد روغن، ۳۶ درصد تخم‌مرغ، ۱۲ درصد شربت اینورت، ۲ درصد بیکینگ پودر، ۰/۲ درصد وانیل و آب به میزان لازم بود [۱۰]. در ابتدا به منظور تهیه خمیر کیک، روغن، پودر شکر و تخم‌مرغ با استفاده از یک همزن برقی (Electra EK-230M، ژاپن) با سرعت ۱۲۸ دور در دقیقه و در مدت زمان ۶ دقیقه مخلوط شدند تا یک کرم حاوی حباب‌های هوا ایجاد شد. سپس آب و شربت اینورت به این کرم اضافه شد و عمل همزدن به مدت ٤ دقیقه ادامه یافت. در مرحله بعد بیکینگ پودر و وانیل به آرد اضافه شد و مخلوط حاصل به صورت تدریجی به کرم افزوده شد. در ادامه صمغ گوار به میزان ۰/٦ درصد و صمغ زانتان به میزان ۰/۳ درصد به مخلوط اضافه گردید. در نهایت با استفاده از یک قیف پارچه‌ای ۵۵ گرم از خمیر تهیه شده، درون کاغذهای مخصوص کیک که درون قالب‌ها قرار گرفته بودند، ریخته شد. عمل پخت در فر آزمایشگاهی گردان با هوای داغ (ZuccihelliForni، ایتالیا) در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت زمان ۲۰ دقیقه انجام شد. پس از سرد شدن، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی به‌منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی، بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند [۱۱ و ۱۲]. لازم به ذکر است که نمونه شاهد فاقد آرد مالت سورگوم و ۲۵ درصد شکر بود و سایر نمونه‌ها (نمونه حاوی ۵ درصد آرد مالت و ۲۰ درصد شکر، نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد مالت و ۱۵ درصد شکر، نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد مالت و ۱۰ درصد شکر، نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد مالت و ۵ درصد شکر و نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد مالت و فاقد شکر) به لحاظ خصوصیات تکنولوژیکی و حسی با نمونه شاهد مقایسه شدند.

۲-۲-۲-آزمون‌های کمی و کیفی کیک روغنی بدون گلوتن

۲-۲-۲-۱-رطوبت

جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ١٦-٤٤ استفاده گردید. برای این منظور نمونه‌ها در فاصله زمانی ۲ ساعت و یک هفته پس از پخت در آون (مارک Jeto Tech، مدل OF-O2G، ساخت کشور کره جنوبی) با حرارت ۱۰۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند [۱۳].

۲-۲-۲-۲-حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا[1] مطابق با استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه‌ای به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از مرکز هندسی کیک تهیه گردید و حجم آن تعیین شد. از نسبت حجم به وزن قطعه مشخص شده، حجم مخصوص محاسبه و براساس میلی‌لیتر بر گرم محاسبه شد [۱۳].

1. Rape seed displacement

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247]

۲-۲-۲-۳-تخلخل

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از مغز کیک تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد. تصویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار Image J[1] (ساخت مؤسسه ملی بهداشت[2]، ایالات متحده آمریکا) قرار گرفت. با فعال کردن قسمت ۸ بیت[3]، تصاویر سطح خاکستری[4] ایجاد شد. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی[5]، قسمت دودویی نرم‌افزار فعال شد. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است. که محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها بر آورد می‌شود. بدیهی است که هر چقدر این نسبت بیشتر باشد بدین معناست که میزان حفرات موجود در بافت کیک (میزان تخلخل) بیشتر است. در عمل با فعال کردن قسمت Analysis نرم‌افزار، این نسبت محاسبه و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد [۱٤].

۲-۲-۲-٤-آزمون ارزیابی رنگ پوسته

آنالیز رنگ پوسته کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، 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 ابتدا برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از کیک تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویر برداری شد، سپس تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد [۱۵].

۲-۲-۲-۵-آزمون ارزیابی بافت

ارزیابی بافت کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت و یک هفته پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج QTS مدل CNS Farnell, UK ساخت کشور انگلستان و براساس روش روندا و همکاران (۲۰۱۱) انجام گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه‌ای (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ٦۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز کیک، به‌عنوان شاخص سفتی[6] محاسبه گردید. نقطه شروع[7] و نقطه هدف[8] به ترتیب ۰/۰۵ نیوتن و ۲۵ میلی‌متر بود [۱٦].

۲-۲-۲-٦-آزمون ارزیابی خصوصیات حسی

آزمون حسی با استفاده از روش پیشنهادی رجب‌زاده (۱۹۹۱) انجام شد [۱۷]. بدین منظور ۱۰ داور از بین افراد آموزش دیده مطابق با آزمون مثلثی و روش گاسولا و سینگ (۱۹۸٤) انتخاب گردیدند[۱۸] و سپس خصوصیات حسی کیک از نظر فرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی، خصوصیات سطح پائینی، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن و بو، طعم و مزه که به‌ترتیب دارای ضریب رتبه ٤، ۲، ۱، ۲، ۲، ۳ و ۳ بودند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. ضریب ارزیابی صفات براساس هدونیک ۵ نقطه‌ای از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) بود. با داشتن این معلومات، پذیرش‌کلی (عدد کیفیت کیک) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$Q = \frac{\sum (P \times G)}{\sum P}$$

رابطه ۱

Q= پذیرش‌کلی (عدد کیفیت کیک)، P= ضریب رتبه صفات و G= ضریب ارزیابی صفات.

۲-۲-۲-۷-تجزیه و تحلیل آماری

نتایج بدست آمده از اثر جایگزینی شکر با آرد مالت آنزیمی سورگوم بر ویژگی‌های کمی و کیفی کیک روغنی بدون گلوتن در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار Mstat-c نسخه ۱/٤۲ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. بدین ترتیب میانگین سه تکرار با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ($P<0.05$) مقایسه گردید و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

1. Image Processing and Analysis in Java
2. National Institutes of Health
3. Bit
4. Gray level images
5. Binary Images
6. Hardness
7. Trigger Point
8. Target Value

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247]

۳- نتایج و بحث

۳-۱-رطوبت

همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزایش میزان آرد مالت آنزیمی در فرمولاسیون ، میزان رطوبت کیک برنجی بدون گلوتن نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد آرد مالت آنزیمی سورگوم و حاوی ۲۵ درصد شکر براساس وزن آرد) در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت به‌طور معنی‌داری ($P<0.05$) افزایش یافت. این در حالی بود که میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی در بازه زمانی یک هفته پس از پخت نشان داد که دو نمونه حاوی ۲۰ و ۲۵ درصد آرد مالت سورگوم آنزیمی دارای بالاترین میزان رطوبت نسبت به سایر نمونه‌های تولیدی بودند. همچنین از نتایج بر می‌آید میزان افت رطوبت در نمونه شاهد پس از یک هفته بیش از سایر نمونه‌ها (نمونه‌های حاوی آرد مالت و تقلیل یافته به لحاظ محتوای ساکارز) بود. در راستای افزایش رطوبت نمونه‌های تولیدی حاوی آرد مالت نسبت به نمونه شاهد باید گفت آرد مالتی که در فرمولاسیون کیک برنجی بدون گلوتن استفاده شد، دارای آنزیم آلفا آمیلاز بود و این آنزیم یکی از علل افزایش میزان جذب آب خمیر و در نهایت افزایش رطوبت فراورده نهایی گردید، چرا که حضور آنزیم آلفا آمیلاز در فرمولاسیون فراورده‌های نانوایی می‌تواند سبب افزایش میزان نشاسته آسیب‌دیده در آرد گردد که این امر تأثیر مثبت بر میزان جذب آب خمیر و بالطبع حفظ رطوبت فراورده نهایی طی فرایند پخت و پس از آن دارد. از سوی دیگر با توجه به گفته رجب‌زاده (۱۳۸۹) که بیان نمود گرانول‌های نشاسته سالم در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به اندازه ۳۰ درصد وزن خود آب جذب می‌کنند در حالی که نشاسته آسیب دیده ۳۰۰ درصد و گاهی بیشتر جذب آب دارند [۱۹]، انتظار می‌رفت که نمونه‌های کیک بدون گلوتن حاوی آرد مالت که دارای آنزیم آلفا آمیلاز بودند از میزان رطوبت بیشتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار باشند و به عبارتی در حفظ رطوبت خمیر طی فرایند پخت و پس از آن موفق تر عمل نمایند. در این زمینه غیور اصلی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی اثر آنزیم آلفا آمیلاز بر خصوصیات نان اشترودل به نتایج مشابهی در زمینه افزایش رطوبت نمونه‌های تولیدی دست یافتند [۲۰]. علاوه بر این آرد مالت دارای مقداری پنتوزان می‌باشد که قدرت جذب آب بالایی دارد و به موجب آن محلولی چسبنده و ویسکوز ایجاد می‌شود که در نگهداری رطوبت فراورده نهایی در مرحله پخت و پس از آن دخیل است [۲۱]. از این‌رو به نظر می‌رسد که این ترکیب (پنتوزان موجود در آرد مالت سورگوم) نیز به نوبه خود در کنار آنزیم آلفا آمیلاز در افزایش میزان رطوبت کیک برنجی‌های بدون گلوتن نقش داشته است.

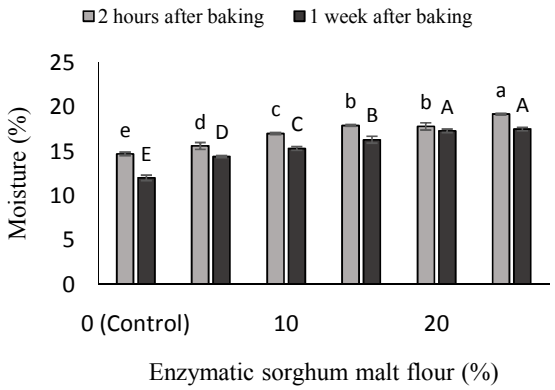

Fig 1 The effect of enzymatic sorghum malt flour on moisture of gluten-free cake. Different letters represent significant difference from one another ($p<0.05$).

۳-۲- حجم مخصوص

با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۲ مشخص گردید که با افزایش میزان آرد مالت آنزیمی تا سطح ۱۰ درصد در فرمولاسیون اولیه، میزان حجم مخصوص کیک برنجی بدون گلوتن نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد آرد مالت آنزیمی سورگوم و حاوی ۲۵ درصد شکر براساس وزن آرد) به‌طور معنی‌داری ($P<0.05$) افزایش یافت. این در حالی بود که با افزایش بیش از ۱۰ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم در فرمولاسیون کیک برنجی، میزان حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی به‌طور معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد کاهش یافت به طوری که حتی دو نمونه حاوی ۲۰ و ۲۵ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم از حجم مخصوص کمتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بودند. هم‌چنین نتایج به وضوح نشان داد که نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم و ۱۰ درصد ساکارز به لحاظ حجم مخصوص با نمونه شاهد که حاوی ۲۵ درصد ساکارز (پودر شکر) بود، برابری داشت. در زمینه بهبود حجم مخصوص دو نمونه حاوی ۵ و ۱۰ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم نسبت به نمونه شاهد که فاقد این

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247]

ترکیب (آرد مالت) بود، باید گفت که حضور آنزیم آلفا آمیلاز موجود در آرد مالت با تبدیل نشاسته آسیب‌دیده به دکسترین و ایجاد اندکی چسبندگی که برای فراورده‌های بدون گلوتن مطلوب است و تا حدودی می‌تواند عیوب خمیر از جمله قوام و ویسکوزیته مطلوب را در این فراورده‌ها اصلاح کند، قابلیت افزایش حجم هوای ورودی و نگهداری آن را طی فرآیند بهم زدن مهیا می‌سازد که این هوای ورودی طی فرآیند پخت بر اثر افزایش دما انبساط پیدا کرده و باعث افزایش حجم کیک می‌گردد. در راستای افزایش حجم در نتیجه افزودن آنزیم آلفا آمیلاز به فرمولاسیون فراورده‌های نانوایی اکتاویانی و ویبیانو (۲۰۰۷) به نتایج مشابهی دست یافتند البته این محققان طی تحقیقات خود به این نکته اشاره نمودند که محصولات خمیری تخمیری حاوی آنزیم آلفا آمیلاز در افزایش حجم بیش از دسته غیرتخمیری موفق خواهند بود زیرا دکسترین تولیدی به‌جز ایجاد بافت جهت نگهداری حباب‌های هوای می‌تواند به‌عنوان غذای مخمر مصرف شود و در افزایش تعداد حباب‌های هوا نقش داشت باشد [۲۲]. از طرفی در ارتباط با کاهش حجم مخصوص نمونه‌های حاوی بیش از ۱۰ درصد آرد مالت (نمونه حاوی ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم) به نظر می‌رسد که کاهش حجم ناشی از اختلال در فرآیند هوادهی باشد، اولین موردی که به ذهن می‌رسد، این است که افزایش بیش از اندازه آنزیم در فرمولاسیون اولیه خمیر کیک برنجی بدون گلوتن موجب کاهش بیش اندازه قوام و ویسکوزیته خمیر شده، به طوری که خمیر حاصله شکل خود را از دست می‌دهد که این امر در نگهداری حباب‌های هوای ورودی به خمیر در طی فرآیند هم‌زدن مشکل ایجاد می‌کند و بالطبع بر حجم فراورده نهایی اثر منفی می‌گذارد [۲۳]. از سوی دیگر به نظر می‌رسد افزایش بیش از حد محتوای دکسترین ناشی از حضور مقادیر بالای آرد مالت آنزیمی در خمیر کیک برنجی باعث ایجاد خمیری چسبنده شده که به راحتی قابلیت پذیرش حباب‌های هوای ورودی را در طی فرآیند به‌هم‌زدن ندارد. بنابراین با وجود یکی از این دو اختلال در خمیر کیک برنجی بدون گلوتن و کاهش تعداد سلول‌های هوای ورودی به خمیر کیک نمی‌توان انتظار داشت که حجم بهبود یابد و حتی قابل پیش‌بینی بود که با ایجاد خمیر شل و وارفته و یا خمیری چسبنده نمونه‌های تولیدی از حجم کمتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار باشند.

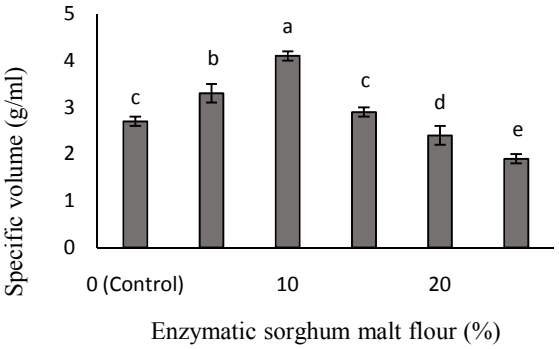

Fig 2 The effect of enzymatic sorghum malt flour on specific volume of gluten-free cake. Different letters represent significant difference from one another ($p<0.05$).

۳-۳-تخلخل

نتایج بدست آمده از ارزیابی تخلخل نمونه‌های تولیدی (شکل۳) به وضوح نشان داد که با افزایش میزان آرد مالت آنزیمی تا سطح ۱۰ درصد در فرمولاسیون اولیه، میزان تخلخل کیک برنجی بدون گلوتن روندی صعودی و پس از آن روندی نزولی در میزان تخلخل بافت مشاهده شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم دارای بیشترین میزان تخلخل بود که البته دو نمونه حاوی ۵ و ۱۵ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم نیز دارای میزان تخلخل بیشتری نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد آرد مالت آنزیمی سورگوم و حاوی ۲۵ درصد شکر براساس وزن آرد) بودند. به‌طور کل میزان تخلخل مغز بافت فراورده‌های صنایع پخت تحت تأثیر تعداد حفرات موجود در مغز بافت و هم‌چنین نحوه توزیع و پخش این حفرات است، که هرچه تعداد حفرات و سلول‌های گازی بیشتر باشد و توزیع و پخش آن‌ها یکنواخت‌تر صورت گرفته باشد، میزان تخلخل فراورده نهایی بیشتر خواهد بود. از این‌رو براساس نتایج حاصله از این تحقیق بر می‌آید که سه نمونه حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم به‌ویژه سطح ۱۰ درصد در پخش یکنواخت‌تر حباب‌های هوای ورودی به خمیر کیک موفق‌تر بوده‌اند. اما در مورد کاهش میزان تخلخل نمونه‌های حاوی ۲۰ و ۲۵ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم باید گفت که مقصودلو و همکاران (۱۳۸۹) نیز بیان نمودند که در آردهای بسیار ضعیف (آرد مورد استفاده در این تحقیق آرد برنج بود که جزء آردهای ضعیف طبقه‌بندی می‌شود) افزایش فعالیت آمیلازی مطلوب نیست زیرا

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247]

با افزایش بیش از اندازه آنزیم آلفا آمیلاز در فرمولاسیون، خمیر حاصله بیش از اندازه روان شده و شکل خود را از دست می‌دهد و فراورده تولیدی دارای خلل و فرج درشت و غیر یکنواخت می‌گردد [۲۱]. بنابراین به استناد به نتایج این محققان قابل پیش‌بینی بود که با ایجاد خلل و فرج درشت و غیر یکنواخت در کیک برنجی بدون گلوتن که ناشی از محتوای بالای آنزیم آلفا آمیلاز در سطوح ۲۰ و ۲۵ درصد آرد مالت سورگوم است، میزان تخلخل نمونه‌های تولیدی (دو نمونه حاوی ۲۰ و ۲۵ درصد آرد مالت سورگوم) کاهش یابد. هم‌چنین در ارتباط با بهبود میزان تخلخل فراورده‌های نانوایی حاوی آرد مالت (البته چنانچه سطح مصرف آرد مالت متناسب با فرمولاسیون دقیق و صحیح انتخاب شود) باید گفت که ماکینن و آرنت (۲۰۱۲) در تحقیق خود به این نکته اشاره نمودند که افزودن آرد مالت آنزیمی (آرد مالتی که دارای فعالیت آمیلولیتیکی است) به فرمولاسیون فراورده‌های خمیری آردی با ایجاد حالت چسبندگی و اندک ضخیم شدن سلول‌های گازی موجود در خمیر (ناشی از اثر آنزیم بر نشاسته و تولید دکسترین) و بالطبع محصول نهایی از پاره شدن این حفرات به طوری که دو یا چند حفره کوچک به یک حفره بزرگ تبدیل شود، جلوگیری به عمل می‌آورد و از این‌رو در افزایش تخلخل به دلیل حفظ تعداد سلول‌های گازی و حتی پخش یکنواخت‌تر آن‌ها مؤثرست [۲۳].

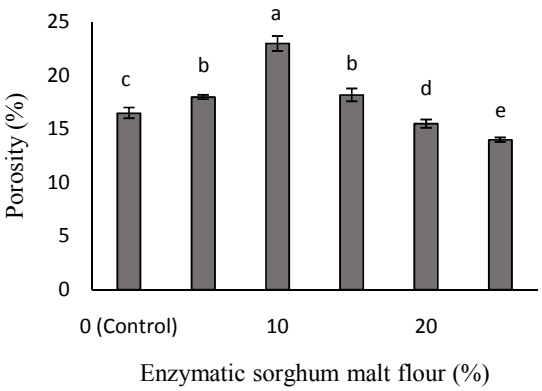

Fig 3 The effect of enzymatic sorghum malt flour on porosity of gluten-free cake. Different letters represent significant difference from one another ($p<0.05$).

۳-٤-سفتی

همان‌گونه که در شکل ٤ مشاهده می‌شود با افزایش میزان آرد مالت سورگوم آنزیمی در فرمولاسیون اولیه، میزان سفتی بافت کیک برنجی بدون گلوتن نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد آرد مالت آنزیمی سورگوم و حاوی ۲۵ درصد شکر براساس وزن آرد) در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت به‌طور معنی‌داری ($P<0.05$)کاهش یافت. این در حالی بود که میزان رطوبت نمونه‌های حاوی ۱۰ با ۱۵ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم و نمونه‌های حاوی ۲۰ و ۲۵ درصد از این ترکیب (این دو نمونه دارای کمترین میزان سفتی بافت بودند) با هم اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد نداشتند. هم‌چنین براساس نتایج این بخش مشخص گردید که نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم از کمترین و نمونه شاهد (فاقد آرد مالت آنزیمی سورگوم) از بیشترین میزان سفتی بافت در بازه زمانی یک هفته پس از پخت برخوردار بودند. علاوه بر این لازم به ذکر است که با گذشت زمان یک هفته پس از تولید، تمام نمونه‌های کیک برنجی بدون گلوتن افزایش در میزان سفتی بافت داشتند که این افزایش در میزان سفتی بافت در نمونه شاهد (فاقد آرد مالت آنزیمی سورگوم و حاوی ۲۵ درصد شکر) بسیار چشمگیرتر از سایر نمونه‌های تولیدی بود. به این افزایش میزان سفتی بافت با گذر زمان و طی مدت زمان نگهداری بیاتی می‌گویند. به‌طور کل بیات شدن یا سفت شدن بافت فراورده‌های صنایع پخت عبارت است از سفت شدن مغز آن‌هاو پدیده‌ای است که جلوگیری از آن در شرایط عادی امکان‌پذیر نیست و حتی اگر از بهترین مواد و روش‌ها برای تهیه این دسته از فراورده‌ها استفاده شود، پس از خارج شدن از تنور یا فر به تدریج سفت می‌شوند و طعم و رنگ اولیه خود را از دست می‌دهند. حال این پدیده (فرآیند بیاتی) به دو دسته تقسیم می‌شود، یکی بیاتی پوسته و دیگری بیاتی مغز (بخش درونی بافت) است. بیاتی پوسته معمولاً به علت انتقال رطوبت از مغز به پوسته صورت می‌گیرد که منجر به ایجاد بافتی چرمی شده و معمولاً در مقایسه با بیاتی مغز کمتر مورد اعتراض مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد. سفتی مغز یا بافت درونی بر حسب محل مغز متفاوت بوده و حداکثر در مرکز بافت فراورده قرار دارد و به هر حال از لحظه خروج از فر یا تنور اتفاق می‌افتد و با گذشت زمان نگهداری شدت می‌یابد [٢٤]. از این‌رو راه حل‌های مختلفی برای کاهش پدیده بیاتی و تازه نگه داشتن محصول تولیدی وجود دارد. یکی از این راهکارها برای افزایش میزان نرمی بافت محصولات نانوایی و یا کاهش سرعت بیاتی در طی مدت زمان نگهداری استفاده از

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247]

مکمل‌های آنزیمی است که آرد مالت آنزیمی به دلیل دارا بودن آنزیم‌های آمیلولتیک در این دسته جای می‌گیرند. حال باید گفت که در راستای کاهش میزان سفتی بافت در بازه زمانی بلافاصله پس از پخت و یا کند شدن فرآیند رتروگراداسیون و به تأخیر افتادن بیاتی در بازه‌ای طولانی پس از تولید با استفاده از آنزیم آمیلاز و یا مالت آنزیمی مطالعات چندی در مورد انواع مختلفی از محصولات نانوایی موجود است. ماکینن و آرنت (۲۰۱۲) در تحقیق خود از آرد مالت جو و گندم در فرمولاسیون نان استفاده نمودند و فعالیت آمیلولیتکی موجود در مالت را عاملی بر افزایش نرمی بافت نان و به تأخیر انداختن بیاتی در طی مدت زمان انبارمانی دانستند [۲۳]. آدوال و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی اثر مالت آنزیمی حاصل از غلات بدون گلوتن سورگوم، ذرت و ارزن بر روی نشاسته پرداختند. این دانشمندان در طی مطالعه خود به این نتیجه دست یافتند که آنزیم آمیلاز موجود در هر سه نوع مالت میل ترکیبی به حل شدن با نشاسته داشت که به موجب آن می‌توان تا حدودی از رتروگراداسیون نشاسته جلوگیری به عمل آورد. البته این محققین بیان کردند که آلفا آمیلاز موجود در مالت سورگوم کم‌ترین و آلفا آمیلاز موجود در مالت ذرت بیشترین سنتیک را روی نشاسته داشت [۲۵]. در همین جا ذکر این نکته ضروری است که تأثیر کمتر آمیلاز موجود در مالت سورگوم بر نشاسته نسبت به مالت‌های بدون گلوتن خود می‌تواند یک نکته مثبت تلقی شود زیرا ضمن بهره‌مندی از فواید آنزیم موجود در آرد مالت به دلیل اثر کمتر آنزیم در مالت سورگوم نسبت به سایر غلات بدون گلوتن و حتی جو و گندم می‌توان از چسبندگی بافت محصولات صنایع پخت جلوگیری به عمل آورد و در دوز بالاتری از این نوع مالت (مالت آنزیمی سورگوم) جهت استفاده از سایر فواید آن نظیر عطر، مزه و رنگ استفاده نمود.

خلیل و همکاران (۲۰۰۰) با افزودن آرد مالت آنزیمی به مخلوط آرد گندم و بدون گلوتن کاساوا نرمی بافت نان را گزارش نمودند [۲۶]. مقصودلو و همکاران (۱۳۸۹) نیز افزودن آرد مالت را به محصولات نانوایی عاملی بر جذب آب بیشتر نشاسته و افزایش تورم و ژلاتینه شدن آن دانستند و بیان کردند در طی پخت این دسته از محصولات (محصولات صنایع پخت) معمولاً نشاسته به طور کامل ژلاتینه نمی‌شود و افزودن مالت موجب ژلاتینه شدن بیشتر نشاسته می‌گردد و محصول تولیدی از آن به مدت طولانی‌تری تازه باقی می‌ماند [۲۱]. یارمند و سیدین اردبیلی (۱۳۸۶) آرد مالت جو را به آرد گندم افزودند که در نتیجه آن افزایش جذب آب و نرمی بافت نان را نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد آرد مالت) مشاهده نمودند. این محققین افزایش جذب آب را عاملی مؤثر بر افزایش رطوبت دانستند و افزایش رطوبت را پارامتری اثرگذار بر کاهش سفتی نان معرفی نمودند. البته این پژوهشگران به این نتیجه دست یافتند که افزایش جذب آب خمیر نیز باعث بهتر ژلاتینه شدن بافت محصول نهایی شد و به موجب آن بافتی نرم و مطلوب حاصل گردید [۲۷]. مارتین و همکاران (۱۹۹۱) در طی تحقیق خود قدرت تورم نشاسته را عاملی بر سفتی بافت نان دانستند و بیان کردند که پس از متورم شدن مغز نان در حین پخت، پیوندهای عرضی مابین نشاسته و پروتئین تشکیل می‌شود که در طی مدت زمان نگهداری محصول تولیدی، این پیوندها افزایش یافته و قوی‌تر می‌گردد و به موجب آن سفتی بافت نان تشدید می‌شود. این پژوهشگران نیز حضور آنزیم آمیلاز موجود در مالت را عاملی جهت ممانعت بر این رخداد دانستند و اذعان نمودند آنزیم آمیلاز با شکستن و تبدیل نشاسته به دکسترین این واکنش مخرب بافت را که ناشی از افزایش پیوندهای عرضی است را کنترل می‌نماید [۲۸].

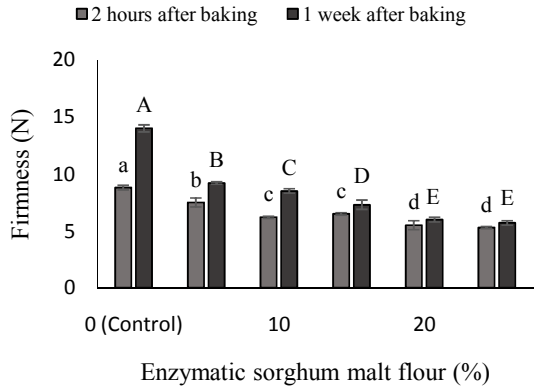

Fig 3 The effect of enzymatic sorghum malt flour on firmness of gluten-free cake.
Different letters represent significant difference from one another ($p<0.05$).

۳-۵-رنگ پوسته

نتایج بدست آمده از مؤلفه‌های رنگی پوسته کیک برنجی بدون گلوتن (جدول ۱) به وضوح نشان داد که با افزایش میزان آرد مالت آنزیمی تا سطح ۱۵ درصد در فرمولاسیون اولیه، میزان

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247]

مؤلفه رنگی L^* پوسته کیک برنجی بدون گلوتن روندی صعودی و پس از آن با افزایش آرد مالت در فرمولاسیون تا سطح ۲۵ درصد روندی نزولی در میزان مؤلفه رنگی L^* پوسته مشاهده گردید و در نهایت بالاترین میزان مؤلفه رنگی L^* پوسته مشترکاً به دو نمونه حاوی ۲۰ و ۲۵ درصد آرد مالت آنزیمی سورگورم تعلق گرفت. همچنین با بررسی نتایج مشخص شد که با افزایش سطح مصرفی آرد مالت آنزیمی سورگوم در فرمولاسیون اولیه کیک برنجی بدون گلوتن بر میزان مؤلفه رنگی a^* پوسته نمونه‌های تولیدی نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد آرد مالت آنزیمی سورگوم و حاوی ۲۵ درصد شکر) به‌طور معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد افزوده شد و براساس نتایج حاصله بیش‌ترین میزان مؤلفه رنگی a^* پوسته مشترکاً در دو نمونه حاوی ۲۰ و ۲۵ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم مشاهده گردید. علاوه بر این باید گفت که داده‌های حاصل از ارزیابی مؤلفه‌های رنگی پوسته هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد در میزان مؤلفه رنگی b^* پوسته نمونه‌های حاوی آرد مالت و نمونه شاهد نشان نداد. در اینجا به نظر می‌رسد میزان مؤلفه رنگی L^* پوسته تحت تأثیر بافت و خصوصیات سطح بالایی نمونه‌های تولیدی باشد و نمونه‌هایی که بالاترین میزان مؤلفه رنگی L^* پوسته را داشتند از بافت و خصوصیات سطح بالایی بهتری برخوردار بودند. چرا که پورلیس و سالوادوری (۲۰۰۹) بیان نمودند که تغییرات سطح پوسته، مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به سطوح چین‌دار توانایی بیشتری در افزایش میزان مؤلفه رنگی L^* پوسته دارد [۲۹]. بنابراین در نمونه‌های حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد آرد مالت آنزیمی میزان مصرف آرد مالت مناسب‌تر از سایر نمونه‌ها بوده است زیرا با انعکاس بیشتر نور در این دو نمونه (نمونه حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم) می‌توان نتیجه گرفت که امکان ایجاد سطحی صاف و هموارتر و بافتی شکیل‌تردر دو نمونه حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد آرد مالت سورگوم آنزیمی مهیا گشته است. البته این امر نیز دور از انتظار نبود زیرا همان‌گونه که قبلاً اشاره گردید مصرف سطوح بالای آنزیم آمیلاز در فرمولاسیون کیک و یا هر یک از محصولات صنایع پخت می‌تواند خمیری شل ایجاد نماید که موجب بی شکل شدن محصول نهایی گردد. از سوی دیگر محققان پژوهش پیش‌رو بر این باور بودند که شاید حفظ و نگهداری رطوبت در محصول نهایی به واسطه اضافه نمودن آرد مالت در فرمولاسیون از ایجاد سطح ناهموار در نمونه‌های حاوی سطوح بالای آرد مالت آنزیمی سورگوم جلوگیری به عمل آورد ولی ظاهراً بی شکل شدن کیک برنجی بدون گلوتن که تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر سطح و کناره‌های کیک گذاشته و ناشی از مصرف سطوح بالای آنزیم بوده از عامل نگهداری رطوبت در حین فرآیند پخت اثرگذارتر بوده است. هم‌چنین در ارتباط با افزایش میزان مؤلفه رنگی a^* پوسته با افزایش محتوای آرد مالت آنزیمی سورگوم در فرمولاسیون باید گفت که آنزیم آلفا آمیلاز موجود در مالت به دلیل توانایی در تولید قندهای ساده از جمله دکسترین سبب بهبود رنگ پوسته نان می‌شود و به احتمال زیاد افزایش مؤلفه a^* با افزایش آنزیم آمیلاز در فرمولاسیون کیک برنجی بدون گلوتن به دلیل ایجاد قندهای ساده و شرکت کردن آن‌ها در واکنش کاراملیزاسیون و مایلارد باشد. در این زمینه غیور اصلی و همکاران (۱۳۹۰) با افزودن آنزیم آلفا آمیلاز به فرمولاسیون اولیه اشترودل به نتایج مشابهی دست یافتند و حضور این آنزیم را در بهبود رنگ مؤثر دانستند [۲۰]. هم‌چنین مقصودلو و همکاران (۱۳۸۹) حضور مالت در فرمولاسیون نان را عاملی بر تغییر رنگ معرفی کردند. این محقین بیان نمودند تجزیه سریع نشاسته و تبدیل قسمت اعظم آن به کربوهیدرات‌های محلول و ایجاد دکسترین و سایر قندهای موجود که به واسطه حضور آنزیم‌های موجود در مالت ایجاد گردیده است، واکنش کاراملیزاسیون را تسریع می‌کند که به موجب آن رنگ پوسته براق (افزایش میزان مؤلفه رنگی L^*) شده و میزان قهوه‌ای شدن آن افزایش می‌یابد [۲۱].

Table1 The effect of enzymatic sorghum malt flour on crust color values of gluten-free cake.

Enzymatic sorghum malt flour (%)	Crust color		
	L*	a*	b*
0 (control)	38.73 ± 0.25^{c}	2.30 ± 0.10^{e}	21.27 ± 0.40^{a}
5	42.20 ± 0.30^{b}	2.77 ± 0.12^{d}	21.29 ± 0.64^{a}
10	45.07 ± 0.38^{a}	3.67 ± 0.15^{c}	21.30 ± 0.53^{a}
15	44.77 ± 0.21^{a}	5.57 ± 0.15^{b}	21.40 ± 0.10^{a}
20	42.40 ± 0.46^{b}	7.67 ± 0.23^{a}	21.30 ± 0.66^{a}
20	38.77 ± 0.45^{c}	7.80 ± 0.10^{a}	21.47 ± 0.78^{a}

Different letters in each column represent significant difference from one another ($p<0.05$).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247]

۳-٦-خصوصیات حسی

براساس نتایج سنجش خصوصیات حسی نمونه‌های تولیدی (جدول ۲) مشخص گردید نمونه حاوی ۱۰ درصد پودر مالت و ۱۵ درصد ساکارز (نمونه که در آن ٤٠ درصد شکر با پودر مالت آنزیمی سورگوم جایگزین شده است) دارای بیشترین امتیاز در تمام ویژگی‌های حسی در بین سایر نمونه‌ها بود به‌طوری که بالاترین امتیاز پذیرش‌کلی را کسب نمود. با توجه به نتایج بدست آمده از سایر بخش‌ها نظیر اندازه‌گیری حجم، تخلخل، سفتی بافت و مؤلفه‌های رنگی حصول چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نبود. تنها موضوعی که پژوهشگران این تحقیق احتمال مواجه شدن با آن را داشتند، عدم رضایت مصرف‌کننده از مزه به‌خصوص احساس شیرینی در حد قابل قبول برای کیک بود. چرا که با کاهش میزان ساکارز در فرمولاسیون به همان نسبت آرد مالت آنزیمی سورگوم جایگزین شد و چون محتوای قندی کاهش یافت، امکان عدم پذیرش به خصوص به لحاظ شیرینی مطرح گردید. اما خوشبختانه داوران چشایی به دو نمونه حاوی ۵ و ۱۰ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم امتیاز بالایی را به لحاظ عطر و مزه دادند به طوری که حتی این دو نمونه به‌طور معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد امتیاز بیشتری را نسبت به نمونه شاهد که فاقد آرد مالت آنزیمی سورگوم و ۲۵ درصد شکر براساس وزن آرد بود، کسب نمودند. در اینجا دو موضوع با توجه به اینکه امتیاز طعم نشأت از بو و مزه است، مطرح گردید، مورد اول اینکه این انتظار وجود داشت که در نمونه‌های حاوی مالت آنزیمی به دلیل تولید قندهای ساده و دکسترین، واکنش کاراملیزاسیون و میلارد بیشتری صورت گیرد و ضمن بهبود رنگ (اثر بر روی خصوصیات سطح بالایی)، امتیاز عطر و مزه نیز افزایش یابد که این نتیجه حاصل گردید و ارزیابان حسی افزایش عطر و بوی کیک حاوی مالت را نسبت به نمونه شاهد گزارش نمودند. از سوی دیگر امتیاز مزه و مقایسه آن با نمونه شاهد قابل توجه قرار گرفت که در این زمینه نیز داوران چشایی اذعان داشتند دو نمونه حاوی ۵ و ۱۰ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم شیرینی مشابهی نسبت به نمونه شاهد داشتند. به احتمال زیاد این امر تحت تأثیر بهبود بافت در این دو نمونه نسبت به نمونه شاهد و درک احساس بیشتری از شیرینی بوده است. در این راستا مطالعات زیادی جهت بررسی عوامل مؤثر بر رهایش طعم صورت گرفته است. اغلب محققان معتقدند که درک شدت طعم و رهایش مواد طعم‌زا بستگی به نوع بافت محصول نهایی دارد [۳۰].

Table2-The effect of enzymatic sorghum malt flour on sensory properties values of gluten-free cake.

Treatments	Sensory properties			
	Form &Shape	Upper surface	Bottom surface	Porosity
0 (Control)	3.27±0.09^{c}	2.80±0.20^{d}	3.67±0.41^{b}	3.20±0.20^{c}
5	3.60±0.00^{b}	3.73±0.12^{b}	3.87±0.04^{ab}	3.73±0.12^{b}
10	4.33±0.12^{a}	4.07±0.09^{a}	3.93±0.14^{a}	4.33±0.12^{a}
15	3.07±0.17^{c}	3.80±0.00^{b}	3.80±0.00^{ab}	3.13±0.12^{a}
20	2.40±0.20^{d}	3.13±0.18^{c}	3.67±0.31^{b}	3.60±0.00^{c}
25	2.07±0.14^{e}	2.87±0.37^{d}	3.40±0.20^{c}	2.40±0.20^{d}
Treatments	Sensory properties			
	Texture	Chewiness	Odor&Taste	overall acceptance
0 (Control)	3.00±0.00^{c}	3.07±0.12c	3.47±0.12^{c}	3.19±0.05^{d}
5	3.93±0.12^{b}	4.07±0.12b	4.40±0.20^{a}	3.91±0.02^{b}
10	4.07±0.12^{a}	4.40±0.20a	4.47±0.12^{a}	4.28±0.07^{c}
15	4.00±0.00^{a}	3.80±0.20b	3.73±0.09^{b}	3.56±0.07^{c}
20	3.07±0.09^{c}	3.20±0.09c	3.07±0.19^{c}	3.04±0.07^{a}
25	2.13±0.17^{d}	2.47±0.12d	2.23±017^{e}	2.64±0.06^{f}

Different letters in each column represent significant difference from one another ($p<0.05$).

به‌طور مثال در بافت‌هایی که انسجام، پیوستگی و سفتی مطلوبی دارند، درک میزان شدت شیرینی بهتر گزارش شده است که بلند و همکاران (۲۰۰٤) علت این رخداد را برهمکنش‌های متفاوت بین مواد طعم‌زا و ساختار بافت بیان نمودند [۳۱]. بنابراین علت برابری شیرینی دو نمونه حاوی ۵ و ۱۰ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم با نمونه شاهد، برتری بافت این دو نمونه (نمونه‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد آرد مالت آنزیمی) نسبت به نمونه شاهد با وجود محتوای کمتر مواد

قندی می‌باشد. البته بالاتر بودن امتیاز عطر و مزه دو نمونه حاوی ۵ و ۱۰ درصد آرد مالت آنزیمی با وجود شیرینی برابر نسبت به نمونه شاهدخود می‌تواند تحت تأثیر عطر و بوی مطلوب‌تر ناشی از حضور مالت در فرمولاسیون کیک برنجی بدون گلوتن باشد که به نظر می‌رسد همین فاکتور عطر و بو نسبت به مزه باعث برتری نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد مالت آنزیمی سورگومنیز در مقایسه با نمونه شاهد شده است.

٤- نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر جایگزینی ساکارز با آرد مالت آنزیمی سورگوم جهت استفاده در کیک برنجی بدون گلوتن مورد مطالعه قرار گرفت. این پژوهش با هدف تولید شیرین‌کننده‌ای طبیعی و کم نیاز به آب جهت تولید ماده اولیه آن (با توجه به کم آبی و معضلات بخش کشاورزی) و قابلیت استفاده برای بیماران سیلیاکی انجام شد. براساس نتایج این پژوهش مشخص گردید که جایگزینی ٤٠ درصد از شکر موجود در فرمولاسیون این نمونه از کیک برنجی بدون گلوتن با آرد مالت آنزیمی سورگوم (نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد مالت آنزیمی سورگوم و ۱۵ درصد ساکارز) امکان‌پذیر بود به گونه‌ای که تمام خصوصیات حسی (از جمله میزان شیرینی) و تکنولوژیکی فراورده تولیدی حفظ شد و یا بهبود یافت و قابلیت عرضه به بازار مصرف حتی برای افراد عادی مسجل گردید.

٥- منابع

[1] Martin, F.W. 1985. Sorghum. In: CRC Handbook of Tropical Food Crops: CRC Press, Inc., Ohio, USA.

[2] Lopez, A.C.B., Pereira, A.J.G., and Junqueira, R.G. 2004. Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten free white bread. Braz Arch Biol Technology, 47: 63-70.

[3] Purseglove, I. W. 1972. Tropical crops. Monocotyledons: Longman. Pp: 259-286.

[4] Martínez., C.S, Salvador, A., and Sanz, T. 2014. Comparison of different polyols as total sucrose replacers in muffins: Thermal, rheological, texture and acceptability properties. Food Hydrocolloids, 35: 1-8.

[5] Pareyt, B., Goovaerts, M., Willem, F.B., and Delcour, J. A. 2011. Arabinoxylan oligosaccharides (AXOS) as a potential sucrose replacer in sugar-snap cookies. LWT - Food Science and Technology, 44: 725-728.

[6] Sidhu, J.S., Al-saqer, J.M., Al-hooti, S., and Alothman, A. 2007. Quality of pan bread made by replacing sucrose with datesyrup produced by using pectinase/cellulase enzymes. Plant Foods for Human Nutrition,58: 1–8.

[7] Gallagher, E., O'Brien, C.M., Scannell, A.G.M., and Arendt, E.K. 2013. Evaluation of sugar replacers in short dough biscuit production. Journal of Food Engineering, 56: 261–263.

[8] Aghamohammadi, B., Ghiyasi Tarzi, B., Honarvar, M., and Delkhosh, B. 2012. The effect of molasses as a sugar replacer on physicochemical and sensory characteristics of oil cake. Journal of Food Science and Technology, 4(2): 37-45 [in Persian].

[9] Karimi, M., and Sheikholeslami, Z. 2010. The role of barley malt powder on bread quality improvement. Monthly news, analysis, research, 5(42): 32-33 [in Persian].

[10] Turabi, E., Sumnu, G., and Sahin, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cake formulated with different gums and an emulsifier blend. Food Hydrocolloids, 22: 305-312.

[11] Naghipour, F., Habibi Najafi, M.B., Karimi, M., Haddad Khodaparast, M.H., Sheikholeslami, Z., and Sahraiyan, B. 2012 a. Production of sorghum gluten free cake by guar and xanthan gum for coeliac disease. National Conference on Biotechnology, Biochemistry and Bioengineering. Yazd [in Persian].

[12] Naghipour, F., Habibi Najafi, M.B., Karimi, M., Haddad Khodaparast, M.H., Sheikholeslami, Z., and Sahraiyan, B. 2012. Application sorghum flour in free gluten cake production. National Conference of Iranian Agricultural Research Strategy. Islamic Azad University, Takestan branch [in Persian].

[13] AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

[14] Haralick, R. M., K. Shanmugam., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. IEEE Transactions of ASAE, 45(6): 1995-2005.

[15] Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247]

[16] Ronda, F.,Oliete, B., Gomez, M., Caballero, P., and Pando, V. 2011. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. Journal of Food Engineering, 112: 272-277.

[17] Rajabzadeh, N. 1991. Iranian Flat Bread Evaluation. Pp. 1-50, Iranian Cereal and Bread Research Institute, Publication no.71, Tehran, Iran.

[18] Gacula, J. R., and Singh. 1984. Statistical methods in food and consumer research. Academic press Inc. U.S.A. 360-366.

[19] Rajabzadeh, N. 2010. Bread production technology and production management, Tehran Publication.

[20] Ghayour asli, M.A., Haddad Khodaparast, M.H., and Karimi, M. 2008. Effect of Alpha amylase and Ascorbic acid on rheological properties of dough and specific volume of strudel bread. Journal of Food Science and Technology, 47-55 [in Persian].

[21] Maghsoudlo, Y., Keshiri, M., Aghajani, N., and Daraiee Garmekhani, A. 2010. Malt, production technology, applications and quality control. Mahdis Mehr Publications in collaboration with the University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan [in Persian].

[22] Octaviani, V., and Weibiao, Z. 2007. Frozen bread dough: Effect of freezing storage and dough improvers. Journal of Cereal Science, 45: 1-17.

[23] Makinen, O.E., and Arendt, E.K. 2012. Oat malt as a baking ingredient- A comparative study of the impact of oat, barley and wheat malts on bread and dough properties. Journal of Cereal Science, 56: 747-75.

[24] Kocheki, A., Mortazavi, A., Nasiri Mahalati, M., and Karimi, N. 2006. Effect of three types of emulsifiers and α- amylase enzymes on bread staling reduction. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 10(3): 233-246 [in Persian].

[25] Adewale, I.O., Agumanu, E.N., and Oith Okoronkwo, F.I. 2006. Comparative studies on α- amylase from malt maize (Zea mays), millet (Eleusine coracana) and sorghum (sorghum bicolor). Carbohydrate Polymers, 66: 71-74.

[26] Khalil, A.H., Mamsour, H., and Dawoud, M. 2000. Influence of malt on rheological and baking properties if wheat cassava composite flours. Lebensm Wiss Technology, 33(3): 159-164.

[27] Yarmand, M.S., and Seyedin Ardebili, S.M. 2005. Effect of gluten and barley malt on staling and quality of bread. Journal of Iran Agricultural Sciences, 36(3): 591-602.

[28] Martin, M.L., Zeleznak, K.J., and Hseney, R.C. 1991. A mechanism of bread firming, role of starch hydrolyzing enzymes. Cereal Chemistry, 68: 503-511.

[29] Purlis, E., and Salvadori, V. 2009. Modeling the browning of bread during baking. Food Research International, 42: 865-870.

[30] Koliandris, A., Lee, A., Ferry, A., Hill, S., and Mitchell, J. 2008. Relationship between structure of hydrocolloid gels and solutions and flavor release. Food Hydrocolloids, 22: 623–630.

[31] Boland, B., Buhr, K., Giannouli, P., and van Ruth, S.M. 2004. Influence of gelatin, starch, pectin and artificial saliva on the release of 11 flavor compounds from model gel systems. Food Chemistry, 86: 401–411.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigation on Replacing Sucrose by Enzymatic Sorghum Malt Flour in Gluten-Free Rice Cake

Sahraiyan, B.[1], Mortazavi, S. A. [2*], Karimi, M. [3], Tabatabaee Yazdi, F.[2], Mohebbi, M. [2]

1. Ph.D, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2. Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3. Associate professor of Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2015/ 09/ 01
Accepted 2015/ 11/ 01

Keywords:

Sweetener,
Malt flour,
Celiac,
Gluten-free cake.

DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1

*Corresponding Author E-Mail:
morteza@um.ac.ir

ABSTRACT

Today various sweeteners are competing with sucrose in food market. They are creating acceptable sweetness and preserving technological and sensory properties of the product. In this study enzymatic sorghum malt use as sucrose replacer in gluten-free rice cake production. For this purpose, moisture, specific volume, porosity, crust color values, firmness and sensory properties were evaluated. The results showed that with increasing substitution of sucrose by enzymatic sorghum malt, moisture content and a* increased. However, falling the moisture content in sample containing malt flour were lower than control during the storage (1week) was with the lapse of time a week after bake a cake, malt flour contains less moisture loss in samples from the control samples. The results also showed enzymatic sorghum malt increased the softness of texture and able to prevent hardening of the texture during storage. In addition, the results indicated that the sample that 40% sucrose had been replaced with malt flour had the highest porosity, specific volume and L* value. Also this sample was equal in sweetness to control and the judges taste the sample was superior in other features. Thus, according to the results we can say that an enzymatic sorghum malt can be used as a natural sweetener, especially in celiac disease is needed products.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.20.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247]