



بررسی اثر ژل امولسیفایر بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک فنجانی حاوی آرد کینوای فراوری شده (برشته شده)

مریم صالحی محمودآبادی^۱، بهاره صحرائیان^{۲*}، معصومه مهربان سنگ آتش^۲

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، مؤسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی کاشمر، کاشمر، ایران.

۲- گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاددانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ‌های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۶

تاریخ داوری: ۱۴۰۴/۱۰/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۴

کلمات کلیدی:

بافت،

برشته شده،

ژل امولسیفایر،

کیک فنجانی،

کینوا.

DOI: 10.48311/fsct.2026.118158.82970

* مسئول مکاتبات:

Baharehsahraian@yahoo.com

کینوا یک شبه غله سرشار از اسیدهای آمینه ضروری و ویتامین‌های گروه ب و حاوی پروتئین و فیبر بالا است. از این رو به منظور غنی‌سازی کیک فنجانی، سطوح متفاوت آرد گندم (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد) با آرد کینوای برشته شده جایگزین شد و از ژل امولسیفایر (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) برای بهبود کمیت و کیفیت این نوع کیک استفاده و ویژگی‌های بافتی و حسی نمونه‌های تولیدی ارزیابی گردید. نتایج نشان داد در بازه زمانی ۲ ساعت و ۱ و ۲ هفته پس از پخت رطوبت نمونه شاهد (فاقد آرد کینوا و ژل امولسیفایر) به ترتیب ۱۷/۰۳، ۱۳/۱۷ و ۱۱/۳۰ درصد و رطوبت نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد کینوا و ۱ درصد ژل امولسیفایر (بیشترین سطح مصرف ژل امولسیفایر) ۱۸/۶۱، ۱۷/۶۵ و ۱۷/۰۴ درصد بود که نشان‌دهنده عملکرد مثبت آرد کینوا و ژل امولسیفایر در حفظ رطوبت در زمان ماندگاری بود. نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد کینوا و ۰/۵ درصد ژل امولسیفایر دارای بیشترین حجم مخصوص (۳/۷۴ میلی‌لیتر بر گرم) و تخلخل (۲۵/۱۱ درصد) و کمترین سختی بافت پس از ۲ هفته نگهداری (۵/۱۷ نیوتن) بود. براساس نتایج بدست آمده از ارزیابی رنگ نمونه‌های تولیدی مشخص شد حضور آرد کینوای برشته شده در فرمولاسیون کیک فنجانی سبب تیرگی (کاهش مولفه رنگی L^* و b^* و افزایش مولفه رنگی a^*) و حضور ژل امولسیفایر در سبب روشن‌تر شدن رنگ شد. در نهایت براساس یافته‌های بدست آمده از پارامترهای حسی به ویژه پذیرش کلی، نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد کینوای برشته شده و ۰/۵ درصد ژل امولسیفایر به عنوان بهترین نمونه این پژوهش معرفی می‌گردد.

۱-مقدمه

کینوا یک شبه غله با ویژگی‌های تغذیه‌ای منحصربفرد است. این دانه حاوی اسیدهای آمینه ضروری از جمله متیونین، لیزین و سیستین و ویتامین‌های گروه ب از جمله ب_۶، نیاسین، فولات و ریبوفلاوین است. میزان پروتئین کینوا در محدوده ۲۳-۱۲ درصد می‌باشد که به طور میانگین از گندم، برنج، جو، ذرت، چاودار و سورگوم بیشتر است [۱]. کینوا با داشتن فیتواستروژن در میان ترکیبات خود توانایی جلوگیری از بروز انواع سرطان‌ها، پوکی استخوان و بیماری‌های قلبی و عروقی را دارد [۲]. از خواص عملکردی کینوا می‌توان به ظرفیت نگهداری آب، حلالیت، ژلاتینه شدن و خاصیت کف‌کنندگی و امولسیون‌کنندگی اشاره نمود [۳]. گیاه کینوا در قرن ۲۱ یکی از امیدبخش‌ترین محصولات کشاورزی به دلیل ویژگی‌های تغذیه‌ای و تحمل آن در برابر کم‌آبی و شوری است. همچنین ناسا (شورای ملی تحقیقات و سازمان ملی هوانوردی و فضایی) ارزش غذایی گیاه کینوا را بخشی از سیستم کنترل شده حمایت از حیات اکولوژیکی یا CELSS (Controlled Ecological Life Support System) می‌داند [۴]. کیک یکی از فراورده‌های پرمصرف در صنعت پخت است که از آرد گندم تهیه می‌شود. کیک دارای انواع متفاوتی است و از کالری بالایی برخوردار است. میزان کالری این فراورده پخت وابسته به میزان روغن، تخم مرغ و شکر موجود در فرمولاسیون است [۵]. کیک گزینه مناسبی برای غنی‌سازی با آرد کینوا است. امام و همکاران (۲۰۲۳) به مطالعه کاربرد آرد کینوا (صفر تا ۵۰ درصد) در فرمولاسیون کیک فنجانی پرداختند. این محققان با بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی نمونه‌های تولیدی گزارش کردند حضور آرد کینوا در فرمولاسیون و افزایش سطح مصرف آن سبب افزایش پروتئین، چربی، فیبر و خاکستر نمونه‌های کیک شد. همچنین براساس یافته‌های این پژوهش مشخص شد نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد کینوا از بیشترین حجم و کمترین سفتی بافت برخوردار بود و این نمونه به عنوان بهترین نمونه با بیشترین امتیاز ویژگی‌های حسی به ویژه از لحاظ بو، مزه و بافت معرفی گردید [۶]. همزاسبی و

تاکر-کابا (۲۰۲۱) از آرد کینوا در فرمولاسیون خمیر مافین استفاده نمودند. این محققان گزارش کردند حضور آرد کینوا میزان حجم و فیبر کیک را افزایش و میزان سفتی بافت نمونه‌های تولیدی را کاهش داد. همچنین نتایج نشان داد افزودن آرد کینوا به فرمولاسیون مافین در بهبود کمیت و کیفیت نمونه‌های کیک نقش داشت و این نمونه‌ها از ماندگاری بیشتری برخوردار بودند. اما نکته قابل توجه آن است که با جایگزینی بخشی از آرد گندم با آرد کینوا به خصوص در سطوح بیش از ۳۰ درصد، میزان گلوتن فراورده تولیدی کاهش می‌یابد و شبکه گلوتنی ضعیف می‌شود [۷]. این امر آثار مخرب تکنولوژیکی به همراه دارد که به کمک امولسیفایرها می‌توان آن‌ها را جبران نمود. امولسیفایرهای مورد مصرف در تهیه انواع کیک شامل: منوگلیسرید و مشتقات آن، استئاروئیل لاکتیلات، پروپیلن گلائیگول منواستئارات، سوریتان منواستئارات، پلی‌سوربات و لستین است [۸]. اکثر امولسیفایرهایی که یک اسید چرب خطی در مولکول خود دارند قادر به ایجاد ترکیب پیچیده با آمیلوز محلول نشاسته هستند. این ویژگی اهمیت زیادی در به تاخیر انداختن بیانی نان و کیک و کاهش چسبندگی خمیر دارد [۹]. همچنین امولسیفایرها سبب ثبات فعالیت آبی کیک حین نگهداری می‌شوند که این عامل از خشکی فراورده‌های تولیدی طی نگهداری می‌کاهد [۱۰]. استفاده از روغن‌های حاوی امولسیفایر در تهیه کیک ضمن تسهیل عمل مخلوط کردن در اجزای کیک سبب افزایش میزان آب مصرفی می‌شود که امر فرایند بیانی را به تاخیر می‌اندازد. امولسیفایرها زمانی که به صورت ژل بوده و در تولید کیک استفاده می‌شوند، ژل کیک نامیده می‌شوند. به طور کلی استفاده از ژل کیک در خمیر کیک سبب افزایش توزیع یکنواخت حباب‌های هوا و در نتیجه افزایش ویسکوزیته و ایجاد بافت و حجم مناسب‌تر در کیک به خصوص آن دسته که دارای آرد ضعیف هستند، می‌شود [۱۱]. یاخایا و دیوید (۲۰۲۰) از ژل امولسیفایر برای بهبود کمیت و کیفیت کیک استفاده نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که ژل امولسیفایر حجم کیک را از طریق بهبود هوادهی تقویت نمود و سبب افزایش

تیمار شدند [۱۴]. سپس در یک آون با جابه جایی هوای داغ در دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد مرحله خشک کردن نهایی را طی کردند [۱۵ و ۱۶]. در ادامه دانه‌های برشته شده به پودر تبدیل و از مش با اندازه ذرات ۲۵۰ میکرومتر عبور داده شد. میزان رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر دانه کینوای پس از برشته شدن به ترتیب ۶/۶۵، ۱۵/۵۲، ۳/۸۹ و ۲/۸۲ درصد بود.

۳-۲- روش تهیه ژل امولسیفایر

برای تهیه ژل امولسیفایر ابتدا مواد تشکیل دهنده فرمول شامل ۶۰ قسمت منوگلیسرید، ۶ قسمت اسید استیک استر منوگلیسرید، ۷ قسمت سدیم استاروئیل ۲-لاکتیلات، ۲۰ قسمت پل آل، ۵۶ قسمت آب، ۵ قسمت داتم و ۱۰ قسمت پلی گلیسرول استر با یکدیگر مخلوط شدند و سپس تحت شرایط هم زدن مداوم، مخلوط تا دمای ۷۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد. سپس در اثر سرد کردن ژل امولسیفایر تشکیل شد [۹].

۴-۲- روش تهیه کیک فنجانی

بدین منظور برای تهیه نمونه شاهد (نمونه فاقد آرد کینوای برشته شده و ژل امولسیفایر) از ۱۰۰ قسمت آرد گندم، ۴۵ قسمت تخم مرغ، ۵۰ قسمت پودر شکر، ۵۷ قسمت روغن، ۲ قسمت بیکنینگ پودر، ۱ قسمت نمک و ۳۰ قسمت آب استفاده شد. برای تهیه نمونه‌های کیک در مرحله اول شکر و تخم مرغ با دور تند همزن آزمایشگاهی به مدت ۱ دقیقه مخلوط شدند. سپس روغن و آب به شکر و تخم مرغ افزوده شد. در ادامه آرد و بیکنینگ پودر در چند مرحله به سایر مواد افزوده شدند و هم زدن تا دستیابی به خمیر یکدست و یکنواخت انجام شد. بعد از تهیه خمیر، قالب گیری انجام و پخت در فر آزمایشگاهی در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد برای ۲۰ دقیقه انجام شد. نمونه کیک‌های آماده شده پس از بسته بندی در زیپ کیپ در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی گراد) نگهداری شدند. لازم به ذکر است در این پژوهش ۹ تیمار با سه سطح آرد کینوا (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد) و سه سطح ژل امولسیفایر (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) تهیه شد.

ویسکوزیته کیک و جلوگیری از ادغام حباب هوا شد. همچنین ثابت خمیر در نتیجه حضور ژل امولسیفایر در فرمولاسیون بهبود یافت [۱۲]. گاندی و پامانگانینگتایاس (۲۰۲۲) اثرات مفید و کلیدی امولسیفایرهای لاکتم، مونو و دی گلیسرید و پلی گلیسرول استر (سطوح صفر تا ۳ درصد) را در فرمولاسیون کیک اسفنجی بررسی و گزارش نمودند حضور امولسیفایرها در فرمولاسیون با تقویت شبکه گلوتهی برای نگهداری بیشتر و یکنواخت تر حباب‌های هوا و ضخامت بخشیدن به دیواره این حباب‌ها در افزایش پوکی و تخلخل و حجم نمونه‌های تولیدی و کاهش میزان سفتی بافت و روند بیاتی موثر بودند [۱۳]. بنابراین با توجه به نیاز جامعه به فراورده‌های جدید و غنی شده صنعت پخت و در نظر گرفتن فواید تغذیه‌ای آرد کینوا و عملکرد مثبت ژل امولسیفایر بر ویژگی‌های تکنولوژیک و ظاهری فراورده‌های نانوائی، در این تحقیق از آرد کینوا در سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد (جایگزین آرد گندم) و ژل امولسیفایر در سطوح صفر، ۰/۵ و ۱ درصد در فرمولاسیون کیک فنجانی استفاده شد.

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲- مواد

دانه کینوای سفید (رطوبت ۸/۶۰ درصد، پروتئین ۱۶/۷۸ درصد، چربی ۳/۵۳ درصد و خاکستر ۲/۶۹ درصد)، آرد گندم با درجه استخراج ۷۸ درصد (رطوبت ۹/۱۶ درصد، پروتئین ۸/۹۲ درصد، چربی ۱/۴۰ درصد، خاکستر ۰/۴۶ درصد و گلوتهن مرطوب ۲۹/۶۰ درصد)، روغن، شکر آسیاب شده، بیکنینگ پودر و نمک از مراکز معتبر فروش مواد اولیه و تجهیزات قنادی در مشهد تهیه شد. امولسیفایرهای مورد استفاده از شرکت پارس بهبود خریداری شد. مواد شیمیایی مورد استفاده از برندهای معتبر سیگما، مرک و غیره تهیه گردید.

۲-۲- روش تهیه آرد کینوای برشته شده

جهت برشته کردن دانه‌های کینوا از سامانه ترکیبی مایکروویو-هوای داغ استفاده شد. بدین منظور ابتدا دانه‌ها توسط مایکروویو با توان ۶۰۰ وات به مدت ۳ دقیقه پیش

۵-۲- رطوبت

اندازه‌گیری رطوبت به روش آون‌گذاری براساس استاندارد AACC (۲۰۰۰) به شماره ۴۴۲-۱۶ استفاده شد [۱۷]. لازم به ذکر است این آزمون در ۳ بازه زمانی ۲ ساعت و ۱ و ۲ هفته پس پخت انجام شد.

۶-۲- حجم مخصوص

حجم مخصوص از نسبت حجم (برحسب میلی‌لیتر) بر وزن (گرم) محاسبه شد و به منظور ارزیابی حجم کیک از استاندارد AACC (۲۰۰۰) به شماره ۷۲-۱۰ (روش جابجایی حجم با دانه ارزن) استفاده گردید [۱۷].

۷-۲- تخلخل

تخلخل بافت درونی نمونه‌های کیک با استفاده از تکنیک پردازش تصویر و نرم افزار Imag J انجام شد. بدین منظور با یک چاقوی اره ای برقی پوسته کیک حذف گردید و با استفاده از اسنکر از بافت درونی کیک تصویربرداری شد. تصویرهای تهیه شده از بافت درونی کیک در اختیار نرم افزار قرار گرفت و نسبت نقاط روشن به تیره (تخلخل) محاسبه گردید [۱۸].

۸-۲- سختی بافت

برای ارزیابی سختی بافت درونی کیک از دستگاه بافت‌سنج (مدل TA plus، ساخت انگلیس) استفاده گردید. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ پروب به عنوان سختی بافت کیک برحسب نیوتن گزارش شد. لازم به ذکر است پروب دستگاه دارای انتهای استوانه‌ای با قطر ۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۲/۳ سانتی‌متر بود. تنظیمات سرعت دستگاه برای عبور پروب از مرکز کیک ۶۰ میلی‌متر در دقیقه در نظر گرفته شد [۱۹].

۹-۲- رنگ پوسته (مولفه‌های رنگی $L^*a^*b^*$)

برای ارزیابی رنگ پوسته نمونه‌های کیک، تصویربرداری با دوربین دیجیتال در محفظه‌ای با رنگ سفید انجام شد. مولفه‌های رنگی (L^*, a^*, b^*)، در هاترلب با استفاده از نرم افزار پردازشگر تصویر محاسبه شد [۲۰].

۱۰-۲- ویژگی‌های حسی

برای انجام این آزمون ۱۰ داور آموزش ندیده انتخاب گردید. ارزیابی حسی براساس هدونیک پنج نقطه‌ای از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) بود. خصوصیات حسی کیک فنجانی از نظر فرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی و پایینی، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن، بو و مزه و پذیرش کلی بررسی شد [۲۱ و ۲۲].

۱۱-۲- تجزیه و تحلیل آماری

طرح آماری این پژوهش یک طرح کاملاً تصادفی بر پایه فاکتوریل دو عامله (عامل اول آرد کینوای برشته شده در سه سطح صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد و عامل دوم ژل امولسیفایر در سه سطح صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) و شامل ۹ تیمار بود. داده‌های بدست آمده از بخش آزمایشگاهی با استفاده از نرم‌افزار Mini-Tab17 تجزیه و تحلیل شدند. میانگین سه تکرار برای تمام آزمون‌ها در نظر گرفته شد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون توکی انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۱-۳- رطوبت

نتایج ارزیابی رطوبت کیک‌های فنجانی حاوی مقادیر مختلف آرد کینوای برشته شده و ژل امولسیفایر طی ۲ هفته نگهداری در جدول ۱ آورده شده است. یافته‌های بدست آمده از رطوبت نمونه‌های تولیدی نشان داد بیشترین میزان رطوبت در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد ژل امولسیفایر و فاقد آرد کینوا و بیشترین میزان رطوبت در بازه زمانی ۱ و ۲ هفته پس از پخت مربوط به نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد کینوای برشته شده و ۱ درصد ژل امولسیفایر بود. به طور کل آرد کینوا و ژل امولسیفایر در حفظ رطوبت کیک طی مدت زمان نگهداری نقش موثری داشتند. میزان رطوبت آرد گندم و آرد کینوای برشته شده به ترتیب ۹/۱۶ و ۶/۶۵ درصد بود (در بخش مواد ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد ارائه شده است) که این انتظار وجود داشت با جایگزینی آرد گندم با کینوا، میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی به دلیل پایین‌تر بودن میزان رطوبت آرد کینوا کاهش یابد که این اتفاق رخ نداد و میزان رطوبت مشابه

عامل کلیدی در حفظ رطوبت نمونه‌های نان طی فرایند پخت و پس از آن دانستند و بیان کردند گروه‌های قطبی موجود در پیوندهای پتیدی پروتئین، ظرفیت آب دوستی داشته و موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب شدند [۲۶]. قناد رضایی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند استفاده از ژل کیک (ژل امولسیفایر) در فرمولاسیون کیک فنجان سبب حفظ رطوبت نمونه‌ها طی فرایند پخت و پس از آن شد [۹]. دارا بودن گروه‌های آبدوست و آبگریز در زنجیره امولسیفایرها موجب ایجاد خصوصیات عملگرایی در آن‌ها می‌شود. این بدین معناست که ساختار مولکولی این ترکیبات به صورت همزمان تمایل به قرارگیری به سمت ترکیبات روغنی به دلیل دارا بودن سر غیرقطبی و تمایل جهت اتصال به مولکول‌های آب به دلیل دارا بودن سر قطبی دارد. از این رو افزودن این ترکیبات به ساختارهای غذایی موجب قرارگیری آن‌ها در سطح مشترک آب و روغن در ماتریکس ترکیبات حاضر می‌گردد. گروه‌های آبدوست زنجیره امولسیفایر با ایجاد اتصال با آب آزاد، ظرفیت نگهداری آب را افزایش داده و به نوبه خود اثر بازدارندگی در کاهش رطوبت طی فرایند پخت و پس از آن (مدت زمان نگهداری) نشان می‌دهد [۲۷ و ۲۸].

در تمام نمونه‌های کیک مشاهده شد. این امر نشان‌دهنده برتری ترکیبات موجود در آرد کینوا به ویژه میزان فیبر بالاتر آن در مقایسه با آرد گندم برای حفظ رطوبت بیشتر طی فرایند پخت و پس از پخت (مدت زمان نگهداری) است. در همین راستا پاتریشیا و همکاران (۲۰۱۸) بخشی از آرد برنج موجود در فرمولاسیون مافین بدون گلوتن را با آرد کینوا جایگزین کردند. این محققان گزارش کردند با وجود رطوبت مشابه آرد برنج و کینوا و انتظار مشاهده عدم تفاوت در میزان رطوبت هر دو نوع آرد مصرفی، مقدار رطوبت نمونه‌های حاوی آرد کینوا بیشتر بود. این پژوهشگران علت این امر را حضور فیبر بیشتر در آرد کینوا در مقایسه با آرد برنج دانستند [۲۳]. علوی و همکاران (۱۴۰۱) در فرمولاسیون شیرینی نخودچی از آرد کینوا استفاده نمودند و بخشی از آرد نخود را با آرد کینوا جایگزین کردند. نتایج این محققان حاکی از بیشتر بودن میزان رطوبت نمونه‌های حاوی آرد کینوا در مقایسه با نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد نخود بود [۲۴]. جواهری‌پور و همکاران (۱۴۰۰) پروتئین و فیبر بالای آرد کینوا در مقایسه با آرد گندم را دو ترکیب موثر در بیشتر بودن رطوبت نمونه‌های کیک اسفنجی حاوی آرد کینوا نسبت به سایر نمونه‌های تولیدی دانستند [۲۵]. همچنین حقایق و زاوه‌زاد (۱۳۹۸) در فرمولاسیون نان قالبی از آرد کینوای فراوری شده (جوانه‌زده) استفاده نمودند. این پژوهشگران بیشتر بودن میزان پروتئین آرد کینوا در مقایسه با آرد گندم را

Table 1: The effects of quinoa flour and gel emulsifier on the moisture of cake during 3 times

Treatments	Quinoa Flour (%)	Gel Emulsifier (%)	Moisture (%)		
			2 hours	1 week	2 weeks
1	-	-	17.03±0.32 ^{ab}	13.17±0.39 ^d	11.30±0.90 ^f
2	-	0.5	17.57±0.70 ^{ab}	15.19±0.61 ^{bcd}	14.24±0.29 ^{de}
3	-	1	19.03±0.97 ^a	16.83±1.01 ^{abc}	15.64±0.28 ^{bcd}
4	10	-	16.83±0.45 ^b	14.99±0.79 ^{bcd}	13.64±0.37 ^e
5	10	0.5	17.43±0.88 ^{ab}	16.52±0.94 ^{abc}	15.99±0.58 ^{abc}
6	10	1	18.78±0.11 ^{ab}	17.86±0.90 ^a	17.24±0.34 ^a
7	20	-	17.17±0.69 ^{ab}	14.81±0.45 ^{cd}	14.83±0.18 ^{cde}
8	20	0.5	17.93±0.68 ^{ab}	17.07±0.30 ^{ab}	16.04±0.79 ^{abc}
9	20	1	18.61±0.65 ^{ab}	17.65±0.76 ^a	17.04±0.16 ^{ab}

Different letters represent a significant difference from one another (p<0.05).

براساس نتایج ارزیابی حجم مخصوص نمونه‌های حاوی مقادیر مختلف آرد کینوای برشته شده و ژل امولسیفایر (جدول ۲) مشخص شد نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد کینوای

۲-۳- حجم مخصوص

برشته شده و ۰/۵ درصد ژل امولسیفایر از بیشترین حجم مخصوص در مقایسه با سایر نمونه‌های تولیدی برخوردار بود. همانطور که نتایج نشان داد در سطح میانی مصرف آرد کینوا (۱۰ درصد) افزایش حجم مخصوص مشاهده شد. در این راستا الگتی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش نمودند استفاده از آرد کینوا در سطوح کمتر از ۲۰ درصد در فرمولاسیون فراورده‌های نانویی سبب بهبود بافت و حجم شد. این پژوهشگران علت این امر را حضور آنزیم آلفا گلیکوزیداز در آرد کینوا دانستند [۲۹]. همچنین گزارش شده است آرد کینوا بر هوادهی خمیر کیک تاثیر مثبت دارد و از این طریق در افزایش حجم کیک موثر است [۳۰]. میراندویلا و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی تاثیر افزودن آرد کینوا و آرد مالت حاصل از آن (تا ۳۰ درصد جایگزینی در فرمولاسیون) بر کیفیت مافین‌های بدون‌گلوتن بر پایه برنج پرداختند. نتایج این محققان کاهش حجم مخصوص مافین را نشان داد که علت این امر به کاهش قوام خمیر نسبت داده شد [۳۱]. ال‌سوهامی و همکاران (۲۰۲۰) با افزودن آرد کینوا به نان تابه‌ای کاهش ارتفاع، قطر، وزن و حجم نان را مشاهده نمودند که دلیل آن کاهش محتوای گلوتن و تضعیف شبکه گلوتنی در حفظ نگهداری حباب‌های موجود در خمیر فرایند پخت گزارش شد [۳۲]. از سوی دیگر فرضیه‌های متفاوتی در زمینه افزایش حجم فراورده‌های پخت تحت تاثیر افزودن انواع امولسیفایرها و ژل امولسیفایر به فرمولاسیون اولیه

فراورده‌های نانویی به عنوان یک افزودنی مجاز وجود دارد. به طور مثال کورک و ورویز (۲۰۱۵) افزایش حجم تحت تاثیر حضور امولسیفایرها در فرمولاسیون فراورده‌های پخت را با فراهم آوردن مقدار آب زیاد به وسیله این افزودنی‌ها در ماتریکس آرد مرتبط دانستند. این محققان بیان کردند این امر سبب تسهیل برقراری پیوندهای عرضی میان پروتئین و نشاسته و تشکیل شبکه گلوتنی قوی‌تر می‌شود که طی فرایند پخت دارای ظرفیت نگهداری گاز بالاتری هستند [۳۳]. گاندی و پامانگانینگتایاس (۲۰۲۲) با افزودن امولسیفایرهای لاکتم، مونو و دی‌گلیسرید و پلی‌گلیسرول استر در غلظت‌های صفر، ۱/۵، ۲، ۲/۵ و ۳ درصد به کیک اسفنجی گزارش نمودند امولسیفایرها با کاهش کشش سطحی بین فازهای مایع و گاز، توانایی هوا برای ورود به خمیر را افزایش داده و این این حباب‌ها طی فرایند پخت منبسط می‌شوند و در افزایش حجم نقش کلیدی دارند [۱۳]. یانان و همکاران (۲۰۲۰) از امولسیفایرهای لسیتین سوپا، سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات، استرهای دی‌استیل تارتاریک و مونوگلیسرید در نان بخارپز غنی شده از سیب‌زمینی استفاده کردند. نتایج نشان داد افزودن امولسیفایر به فرمول نان استحکام خمیر و خاصیت ویسکوالاستیک آن را افزایش یافت که این امر با افزایش ظرفیت نگهداری گاز طی فرایند تخمیر و پخت منجر به افزایش حجم نان شد [۳۴].

Table 2: The effects of quinoa flour and gel emulsifier on the specific volume and porosity of cake

Treatments	Quinoa Flour (%)	Gel Emulsifier (%)	Specific volume (ml/g)	Porosity (%)
1	-	-	2.66±0.47 ^{bcd}	23.26±0.83 ^{ab}
2	-	0.5	2.85±0.11 ^{bc}	23.32±0.81 ^{ab}
3	-	1	2.41±0.29 ^{cd}	21.94±0.86 ^{bc}
4	10	-	3.22±0.35 ^{ab}	23.59±0.66 ^{ab}
5	10	0.5	3.74±0.22 ^a	25.11±0.59 ^a
6	10	1	3.09±0.16 ^{abc}	24.56±0.51 ^a
7	20	-	1.96±0.08 ^d	21.05±0.85 ^c
8	20	0.5	2.40±0.32 ^{bcd}	23.40±0.48 ^{ab}
9	20	1	3.20±0.21 ^{ab}	24.91±0.31 ^a

Different letters represent a significant difference from one another (p<0.05).

جدول ۲ نشان‌دهنده یافته‌های حاصل از ارزیابی تخلخل نمونه‌های کیک فنجانی تحت تاثیر مقادیر مختلف آرد کینوای برشته شده و ژل امولسیفایر است. نتایج نشان داد نمونه

۳-۳-تخلخل

حاوی ۱۰ درصد آرد کینوای برشته شده و ۰/۵ درصد ژل امولسیفایر و نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد کینوای برشته شده و ۱ درصد ژل امولسیفایر به طور مشترک از بیشترین حجم مخصوص نسبت به سایر نمونه‌ها برخوردار بودند. شاهسون تبریزی و همکاران (۱۴۰۳) با حضور بیش از ۲۰ درصد آرد کینوا در فرمولاسیون نان قالبی با کاهش حجم مواجه شدند این پژوهشگران علت را تضعیف شبکه گلوتهی و عدم توانایی در نگهداری گاز و پخش یکنواخت آن گزارش کردند [۳۵]. از سوی دیگر نتایج پژوهش حاضر نشان داد استفاده از ژل امولسیفایر تاثیر مثبتی بر تخلخل نمونه‌ها داشت. امولسیفایرها با کاهش کشش سطحی فاز مایع و گاز سبب پخش حباب‌های هوا در اندازه‌های کوچک و به صورت یکنواخت در تمام قسمت‌های خمیر کیک می‌شوند که در طول زمان پخت، هوا از این حباب‌ها به شکل مناسبی خارج شد و در نتیجه کیک حاصل از تخلخل مناسبی برخوردار گردید [۳۶]. دودو و همکاران (۲۰۲۰) در خصوص اثر افزودن امولسیفایر به فرمولاسیون فراورده‌های پخت به این نتیجه دست یافتند که امولسیفایرها باعث افزایش تعداد حفرات، فراکسیون سطح آن‌ها و افزایش تخلخل بافت درونی این دسته از فراورده‌ها می‌شوند که این امر منطبق با جذب آب بالا به وسیله امولسیفایرها و بهبود خصوصیات مرتبط با پایداری خمیر و افزایش ظرفیت نگهداری گاز در آن است [۳۷]. نتایج پژوهش پورفرزاد و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد امولسیفایر سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر افزایش اندازه سلول‌ها و تخلخل مغز نان داشت. این محققان گزارش کردند حصول چنین نتیجه‌ای به علت برهمکنش امولسیفایر با اجزای آرد و افزایش ظرفیت نگهداری گاز در شبکه گلوتهی بود [۳۸]. انوری‌نژاد و جواد (۲۰۱۷) با افزودن صمغ آگار و امولسیفایر مونواستئارات گلیکول به کیک اسفنجی افزایش تخلخل را گزارش کردند. این محققان بیان نمودند طی فرایند پخت سلول‌های گاز با اندازه کوچک به حباب‌های گاز با اندازه بزرگتر می‌پیوندند و حفرات مغز بزرگتر می‌شود که این امر منجر به کاهش تخلخل بافت درونی می‌گردد. اما با استفاده از انواع صمغ و

امولسیفایر می‌توان یک پوشش حفاظتی در اطراف قطره‌های کوچک امولسیون تشکیل داد و از تراکم و بهم پیوستن این قطرات جلوگیری کرد و از این طریق منجر به افزایش تخلخل شدند [۳۹].

۴-۳- سختی بافت

نتایج ارزیابی سختی بافت نمونه‌های تولیدی کیک فنجانی تحت تاثیر مقادیر مختلف آرد کینوای برشته شده و ژل امولسیفایر در جدول ۳ ارائه شده است. همانطور که یافته‌ها نشان می‌دهد با جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا تا سطح ۱۰ درصد میزان سختی بافت کیک کاهش و به عبارتی روندی نزولی در سختی بافت کیک مشاهده شد. این در حالی بود که با افزایش این جایگزینی (از ۱۰ درصد به ۲۰ درصد) میزان سختی بافت روندی صعودی به خود گرفت و نمونه‌های حاوی ۲۰ درصد آرد کینوا نسبت به نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد از این آرد بافت سخت‌تر داشتند. این امر نشان‌دهنده این است که در انتخاب سطوح مصرفی آرد کینوا باید دقت نمود و به احتمال زیاد با استفاده از سطوح بیش از ۲۰ درصد آرد کینوا در فرمولاسیون کیک، سختی بافت نمونه‌ها بیش از نمونه فاقد آرد کینوا خواهد شد. در این راستا مطالعات متعددی انجام شده است. به طور مثال کیم و همکاران (۲۰۲۱) و نسلیها و همکاران (۲۰۱۸) با مطالعه جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا در فرمولاسیون کیک به این نتیجه دست یافتند استفاده از سطوح بیش از ۱۵ درصد آرد کینوا با ایجاد اختلال در شبکه گلوتهی خمیر کیک و عدم توانایی مناسب در نگهداری حباب‌های هوای ورودی طی بهم زدن خمیر و عمل‌آوری آن سبب افزایش سختی بافت کیک در مقایسه با نمونه‌های فاقد آرد کینوا شد [۴۰ و ۴۱]. جان و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند استفاده از آرد کینوا در سطوح کمتر از ۵۰ درصد در فرمولاسیون کلوچه به نرم‌تر شدن بافت این فراورده پخت از طریق پخش‌پذیری بهتر شکر و روغن در فرمولاسیون کمک نمود [۴۲]. آدریانا و همکاران (۲۰۱۵) از مخلوط آرد برنج و کینوا در فرمولاسیون کلوچه استفاده نمودند. در این پژوهش سطوح مصرف آرد کینوا ۱۰، ۲۵ و ۴۵ درصد در نظر گرفته شد. براساس نتایج این تحقیق نمونه

استر پالمیتات اینولین در فرمولاسیون کیک استفاده نمودند. براساس نتایج این محققان مشخص شد امولسیفایرها و ژل امولسیفایرها از دو طریق در کاهش میزان سفتی بافت کیک نقش موثر داشتند. الف: با قرارگیری در فاصله مشترک دو فاز (آب و روغن) و ایجاد برهمکنش‌های مناسب با گلوتن و نشاسته سبب بهبود ویژگی‌های بافتی شدند و ب: با حفظ بیشتر رطوبت طی فرایند پخت و مدت زمان ماندگاری فرایند بیاتی (رتروگرایداسیون نشاسته) را به تاخیر انداختند و شرایط را برای حفظ تازگی و نرمی بافت کیک مهیا نمودند [۴۶]. شیخ‌الاسلامی و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند استفاده از امولسیفایرهای داتم و سدیم استئاریل ۲-لاکتیلات سبب کاهش سرعت بیاتی نان سیوس‌دار و حفظ نرمی آن طی مدت زمان نگهداری شد. علت این امر (کاهش سختی بافت) بهبود جذب آب در شبکه گلوتن-نشاسته گزارش شد. این محققان بیان نمودند امولسیفایرها توانایی کاهش کشش سطحی فاز مایع اطراف سلول‌های گازی را دارند که این امر در افزایش ورود حباب‌های هوا به خمیر کیک و نگهداری آن طی فرایند تولید خمیر کیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در نتیجه آن پخش‌پذیری حباب‌های هوا یکنواخت‌تر اتفاق می‌افتد و بافت کیک نرم‌تر می‌شود [۴۷].

حاوی ۱۰ درصد آرد کینوا و ۹۰ درصد آرد برنج از کمترین میزان سختی بافت (بیشترین میزان نرمی بافت) برخوردار بود. سطوح بالای آرد کینوا به دلیل افزایش سطح فیبر در فرمولاسیون سبب افزایش سختی بافت شد. این در حالی بود که در سطوح پایین مصرف آرد کینوا به دلیل حضور آنزیم آلفاگلوکوزیداز و پخش بهتر ترکیبات در فرمولاسیون سختی کاهش یافت [۴۳]. برخی از محققان براساس یافته‌های پژوهش خود مقادیر بالای سه ترکیب پروتئین، فیبر و روغن در آرد کینوا را عاملی بر موفقیت این شبه غله نسبت به سایر غلات از جمله گندم و برنج در بهبود ویژگی‌های بافتی فراورده‌های پخت به خصوص نان دانستند [۴۴]. از سوی دیگر همانطور که نتایج پژوهش حاضر نشان داد حضور ژل امولسیفایر در فرمولاسیون کیک فنجانی حاوی آرد کینوای برشته شده سبب بهبود بافت (کاهش سختی بافت و افزایش نرمی) شد. امولسیفایرها در فراورده‌های پخت به عنوان تقویت‌کننده ساختار خمیر عمل می‌کنند و ساختاری لایه لایه در سطح مشترک گلوتن و نشاسته تشکیل می‌دهند و موجب توسعه شبکه گلوتهنی می‌شوند. همچنین از طریق بهبود خصوصیات رئولوژیکی خمیر از جمله پایداری خمیر و گسترش‌پذیری آن در فراورده‌های پخت سبب کاهش سفتی می‌شوند [۴۵]. مارودوا و همکاران (۲۰۲۰) از امولسیفایرهای پلی‌گلیسرول مونواستئارات استر، ساکارز استرات استر و

Table 3: The effects of quinoa flour and gel emulsifier on the hardness of cake during 3 times

Treatments	Quinoa Flour (%)	Gel Emulsifier (%)	Hardness (N)		
			2 hours	1 week	2 weeks
1	-	-	2.91±0.35 ^{bc}	6.45±0.59 ^a	8.15±0.98 ^a
2	-	0.5	2.47±0.20 ^c	3.93±0.24 ^{cd}	5.04±0.20 ^{bc}
3	-	1	3.79±0.28 ^a	3.92±0.29 ^{cd}	4.57±0.50 ^c
4	10	-	2.41±0.35 ^c	4.67±0.71 ^{bc}	6.78±0.79 ^{ab}
5	10	0.5	2.21±0.19 ^c	3.30±0.61 ^d	5.17±0.38 ^{bc}
6	10	1	2.77±1.23 ^{bc}	2.84±0.35 ^d	4.76±0.49 ^c
7	20	-	2.39±0.51 ^{ab}	5.56±0.39 ^{ab}	6.01±0.87 ^{bc}
8	20	0.5	2.61±0.26 ^{bc}	4.77±0.24 ^{bc}	5.71±0.74 ^{bc}
9	20	1	2.34±0.17 ^c	3.60±0.45 ^{cd}	5.49±0.77 ^{bc}

Different letters represent a significant difference from one another ($p < 0.05$).

برشته شده و ژل امولسیفایر آورده شده است. براساس یافته‌های بدست آمده از این بخش مشخص شد حضور آرد کینوای برشته شده در فرمولاسیون کیک فنجانی سبب تیرگی رنگ (کاهش L^* و b^* و افزایش a^*) نمونه‌های تولیدی و

۳-۵- رنگ پوسته ($L^*a^*b^*$)

در جدول ۴ نتایج ارزیابی مولفه‌های رنگی پوسته نمونه‌های تولیدی کیک فنجانی تحت تاثیر مقادیر مختلف آرد کینوای

حضور ژل امولسیفایر در فرمولاسیون کیک فنجانی سبب روشن‌تر شدن رنگ (افزایش L^* و b^* و افزایش a^*) نمونه‌های تولیدی شد. در این راستا مطالعات مشابهی در زمینه افزودن آرد کینوا به فرمولاسیون مواد غذایی و مشاهده تیرگی رنگ موجود است. کاناس و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به بررسی اثر جایگزینی آرد برنج با آرد کینوا بر ویژگی‌های کیفی بیسکویت از جمله رنگ پرداختند. براساس نتایج این محققان مشخص شد با افزایش جایگزینی آرد برنج با آرد کینوا در فرمولاسیون بیسکویت روشنایی (مولفه رنگی L^*) کاهش و قرمزی (مولفه رنگی a^*) افزایش یافت که این امر نشان‌دهنده تیره شدن رنگ نمونه‌های حاوی آرد کینوا بود. این محققان گزارش کردند قندهای احیاکننده مانند گلوکز و اسیدآمین لیزین در ترکیب آرد کینوا سبب واکنش میلارد طی فرایند پخت می‌شود که این واکنش عاملی موثر بر افزایش مولفه رنگی a^* است. همچنین گزارش شده است پلی‌فنل‌های آرد کینوا نیز به طور مستقیم بر رنگ فراورده‌های پخت اثر می‌گذارد و سبب کاهش روشنایی (مولفه رنگی L^*) و زردی (مولفه رنگی b^*) و افزایش قرمزی (مولفه رنگی a^*) نمونه‌های تولیدی می‌شود [۴۸]. موواد و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند در نتیجه جایگزینی بخشی از آرد گندم با کینوا در فرمولاسیون بیسکویت رنگ فراورده تولیدی تیره‌تر شد. این پژوهشگران علت این امر را افزایش شدت واکنش قهوه‌ای شدن به دلیل پروتئین بیشتر و اسیدهای آمینه ضروری از جمله لیزین در آرد کینوا در مقایسه با آرد گندم دانستند [۴۹]. لاروسا و همکاران (۲۰۱۷) علت تیره شدن رنگ ماکارونی حاوی آرد کینوا را افزایش خاکستر، مواد معدنی و ترکیبات فنولی این آرد در مقایسه با

آرد سمولینا گزارش کردند [۵۰]. از سوی دیگر نتایج پژوهش حاضر نشان داد حضور ژل امولسیفایر سبب روشن‌تر شدن رنگ نمونه‌های کیک فنجانی حاوی آرد کینوای برشته شده گردید. امولسیفایرها با توجه به ظرفیت جذب آب بالا و افزایش جذب آب در خمیر، با رقیق‌سازی آمینواسیدها و قندها موجب افزایش پارامترهای روشنایی پوسته فراورده‌های نانویی در نتیجه کاهش شدت واکنش قهوه‌ای شدن می‌شوند [۵۱]. از طرفی امولسیفایرها دسترسی گروه‌های پروتئینی را به واحدهای قندی کمتر کرده و این عمل را از طریق پوشش‌دهی ذرات آرد با چربی انجام داده و در نهایت سبب به کاهش قهوه‌ای شدن می‌شوند. همچنین امولسیفایرها با تاثیر بر نشاسته سبب کاهش دکسترینه شدن و کاهش قندهای در دسترس واکنش قهوه‌ای شدن می‌شوند که در نتیجه آن شدت رنگ کاهش می‌یابد [۵۲]. این فرضیه مطرح است که ترکیب امولسیفایرها (سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات (SSL) و استرهای مونو و دی گلیسرید تارتاریک اسید (داتم)) باعث ایجاد ساختار همگن و یکنواخت در بافت فراورده‌های پخت می‌شود که در آن گرانول‌های نشاسته، پیوند نزدیکی با پروتئین‌های گلوته‌نی دارند و در نتیجه آن رنگ فراورده تولیدی روشن‌تر خواهد بود [۴۷]. قتاد رضایی و همکاران (۱۳۹۶) با کاربرد ژل امولسیفایر به فرمولاسیون کیک روشن‌تر شدن رنگ را گزارش کردند. این محققان بیان کردند در فراورده‌های پخت حجیم نظیر کیک بهبود فرایند هوادهی بر افزایش روشنایی فراورده نهایی مؤثر بود [۹].

Table 4: The effects of quinoa flour and gel emulsifier on the crust color values of cake during 3 times

Treatments	Quinoa Flour (%)	Gel Emulsifier (%)	Crust color values		
			L^*	a^*	b^*
1	-	-	64.54±1.11 ^{bc}	11.65±0.69 ^{bc}	40.42±1.59 ^a
2	-	0.5	71.25±0.97 ^a	7.22±0.72 ^d	38.81±1.71 ^a
3	-	1	66.71±1.20 ^b	3.59±0.84 ^e	37.58±1.74 ^{abc}
4	10	-	60.03±1.94 ^d	13.76±0.97 ^{ab}	38.47±1.47 ^{ab}
5	10	0.5	64.83±1.14 ^{bc}	9.42±0.75 ^{cd}	37.14±1.38 ^{abc}
6	10	1	62.61±1.58 ^{bcd}	7.52±0.54 ^d	33.89±1.35 ^{bcd}
7	20	-	53.67±1.73 ^e	15.07±1.38 ^a	33.65±1.96 ^{cd}
8	20	0.5	61.66±1.66 ^{cd}	10.46±0.87 ^c	30.19±1.96 ^d
9	20	1	64.04±1.28 ^{bc}	9.46±0.49 ^{cd}	29.35±1.69 ^d

Different letters represent a significant difference from one another ($p < 0.05$).

که استفاده از آرد کینوا در سطح بیش از ۱۰ درصد سبب ایجاد تلخی و کاهش امتیاز بو و مزه شد. بافت نمونه‌های حاوی سطوح پایین آرد کینوا در ارزیابی حسی نیز قابل قبول بود [۴۸]. ال‌سوهایمی و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی جایگزینی سطوح متفاوت آرد گندم (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد) با آرد کینوا در فرمولاسیون نان حجیم پرداختند و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نمونه‌های تولیدی را ارزیابی نمودند. براساس یافته‌های این پژوهشگران تنها جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا تا سطح ۱۵ درصد (نمونه حاوی ۵ درصد آرد کینوا، نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد کینوا و نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد کینوا) سبب به افزایش امتیاز پذیرش کلی در مقایسه با نمونه شاهد (نمونه فاقد آرد کینوا یا نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم) شد و نمونه حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد آرد کینوا به طور مشترک به عنوان بهترین نمونه‌های این پژوهش معرفی شد [۳۲]. از سوی دیگر براساس نتایج بدست آمده از ارزیابی حسی در پژوهش حاضر نیز مشخص شد حضور ژل امولسیفایر در فرمولاسیون کیک فنجانی حاوی آرد کینوای برشته شده اثر مثبت بر ویژگی‌های حسی داشت. در این راستا نیز مطالعات متعددی انجام و نتایج مثبتی گزارش شده است. گاندی و پامانگانگانیگتایاس (۲۰۲۲) با افزودن مخلوطی از امولسیفایر (لاکتیم، مونو و دی‌گلیسرید و پلی‌گلیسرول استر) به صورت ژل در سطوح (صفر تا ۳ درصد) در فرمولاسیون کیک اسفنجی به این نتیجه دست یافتند که با استفاده از ژل امولسیفایرها در فرمولاسیون کیک ویژگی‌های حسی و در مجموع امتیاز پذیرش کلی بهبود یافت [۱۳]. لورن و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از ژل امولسیفایر حاوی منو و دی‌گلیسرید، داتم و سدیم استئارویل ۲-لاکتیلات در نان با بهبود ویژگی‌های حسی از جمله حجم، سفتی و نرمی بافت، پوکی و تخلخل، قابلیت جویدن و رنگ مواجه شدند [۵۴]. یانان و همکاران (۲۰۲۰) از انواع امولسیفایرها در فرمولاسیون نان حجیم بخاربز استفاده نمودند. این محققان بیان کردند حضور امولسیفایرها از طریق تقویت شبکه

۶-۳- ویژگی‌های حسی

در جدول ۵ نتایج ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های تولیدی کیک فنجانی تحت تاثیر مقادیر مختلف آرد کینوای برشته شده و ژل امولسیفایر آورده شده است. همانطور که نتایج نشان داد جایگزینی آرد گندم با آرد کینوای برشته شده به خصوص در سطح ۱۰ درصد سبب بهبود ویژگی‌های حسی از جمله نرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی و پائینی، پوکی و تخلخل بافت، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن، بو و مزه و در نهایت امتیاز پذیرش کلی که میانگین امتیاز سایر ویژگی‌های حسی پس از اعمال ضرایب موثر آن‌هاست، شد. همچنین نتایج، عملکرد مثبت ژل امولسیفایر را بر بهبود ویژگی‌های حسی نشان داد و با بررسی نتایج این بخش مشخص شد در صورت جایگزینی ۱۰ درصد از آرد گندم با آرد کینوای برشته شده، سطح ۰/۵ درصد ژل امولسیفایر و در صورت جایگزینی ۲۰ درصد آرد کینوای برشته شده، سطح ۱ درصد ژل امولسیفایر بیشترین تاثیر را بر ارتقای کیفیت و بازارپسندی نمونه‌های کیک داشت. حمزه‌پور و احمدی دستجردی (۲۰۲۳) از سطوح متفاوت آرد کینوا (صفر تا ۳۰ درصد) در فرمولاسیون کیک استفاده و ویژگی‌های حسی و کیفی نمونه‌های تولیدی را بررسی نمودند. یافته‌های این محققان به وضوح نشان داد تنها حضور ۱۰ درصد آرد کینوا در فرمولاسیون کیک سبب بهبود بو و مزه، خصوصیات سطح بالایی و پائینی (به ویژه رنگ)، نرم و شکل، بافت (پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت و قابلیت جویدن) و در نهایت افزایش قابلیت پذیرش شد. با توجه به گزارش این محققان دو نمونه دیگر (نمونه‌های حاوی ۲۰ و ۳۰ درصد آرد کینوا) در ارزیابی حسی رد شدند و امتیاز قابل قبول (حداقل ۲/۵ از ۵) را کسب ننمودند [۵۳]. کاناس و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به بررسی اثر جایگزینی آرد برنج با آرد کینوا بر ویژگی‌های کیفی بیسکوئیت پرداختند. این پژوهشگران بیان کردند حضور آرد کینوا در فرمولاسیون (کمتر از ۳۰ درصد) سبب بهبود رنگ شد. این در حالی بود

نمودند حضور امولسیفایرهای مونوگلیسرید و داتم با اثر بر شبکه گلوتهی (تقویت شبکه) و پلی‌ال‌ها با افزایش جذب بیشتر آب سبب بهبود سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن، پوکی و تخلخل، حجم، ظاهر و رنگ شدند و نمونه‌های کیک حاوی ژل امولسیفایر در مقایسه با نمونه شاهد (نمونه فاقد ژل امولسیفایر) در ارزیابی حسی امتیاز پذیرش کلی بیشتری کسب نمودند [۹].

گلوتهی (اثرگذاری بر پروتئین) و کاهش شدت بیاتی (اثرگذاری بر نشاسته) سبب ارتقاء کیفیت فرآورده نهایی از جمله ظاهر، رنگ و بافت شد. این محققان بیان کردند امولسیفایرها اثری بر عطر و طعم نداشتند [۳۴]. قناد رضایی و همکاران (۱۳۹۶) از ژل امولسیفایر حاوی مونوگلیسرید، اسیداستیک استر مونوگلیسرید، سدیم استئاریل ۲- لاکتات، داتم، پلی‌گلیسرول استر، پلی‌ال و آب در فرمولاسیون کیک فنجانی استفاده نمودند. این محققان بیان

Table 5: The effects of quinoa flour and gel emulsifier on the sensory properties of cake

Treatments	Quinoa Flour (%)	Gel Emulsifier (%)	Sensory properties			
			Form & Shape	Upper surface	Lower surface	Porosity
1	-	-	4.20±0.42 ^a	3.60±0.52 ^{ab}	3.80±0.63 ^{ab}	3.20±0.42 ^{bc}
2	-	0.5	3.40±0.52 ^b	3.80±0.798 ^a	4.00±0.67 ^{ab}	3.20±0.63 ^{bc}
3	-	1	2.60±0.52 ^c	3.60±0.52 ^{ab}	3.50±0.53 ^b	2.60±0.52 ^{bc}
4	10	-	3.70±0.48 ^{ab}	3.60±0.53 ^{ab}	3.90±0.57 ^{ab}	3.00±0.67 ^{bc}
5	10	0.5	4.20±0.42 ^a	4.30±0.48 ^a	4.50±0.53 ^a	4.30±0.48 ^a
6	10	1	3.60±0.51 ^{ab}	3.50±0.70 ^{ab}	3.80±0.63 ^{ab}	3.30±0.48 ^{bc}
7	20	-	3.60±0.52 ^{ab}	2.90±0.57 ^b	3.60±0.52 ^b	3.40±0.70 ^{bc}
8	20	0.5	3.60±0.52 ^{ab}	3.60±0.52 ^{ab}	4.10±0.74 ^{ab}	3.70±0.82 ^{ab}
9	20	1	3.80±0.42 ^{ab}	3.70±0.48 ^{ab}	4.00±0.66 ^{ab}	3.80±0.78 ^{ab}

Treatments	Quinoa Flour (%)	Gel Emulsifier (%)	Sensory properties			
			Texture	chewiness	Odor & Taste	Acceptance
1	-	-	3.60±0.52 ^{abcd}	3.90±0.32 ^{ab}	3.50±0.71 ^{abc}	3.74±0.13 ^{bc}
2	-	0.5	3.40±0.51 ^{bcd}	3.10±0.57 ^{bc}	3.30±0.80 ^{bc}	3.39±0.25 ^{cd}
3	-	1	3.10±0.88 ^{cd}	2.90±0.74 ^c	2.90±0.87 ^c	2.94±0.37 ^d
4	10	-	3.50±0.53 ^{bcd}	3.80±0.42 ^{ab}	4.10±0.74 ^{ab}	3.67±0.27 ^{bc}
5	10	0.5	4.20±0.63 ^{ab}	4.50±0.53 ^a	4.40±0.52 ^a	4.33±0.40 ^a
6	10	1	3.70±0.48 ^{abcd}	3.50±0.52 ^{bc}	3.80±0.63 ^{abc}	3.59±0.39 ^{bc}
7	20	-	3.00±0.67 ^d	3.40±0.52 ^{bc}	4.40±0.84 ^{bc}	3.53±0.30 ^{bc}
8	20	0.5	4.00±0.82 ^{abc}	3.70±0.67 ^{abc}	4.30±0.82 ^{ab}	3.83±0.46 ^{abc}
9	20	1	4.50±0.70 ^a	3.70±0.66 ^{abc}	4.00±0.67 ^{ab}	3.90±0.44 ^{ab}

Different letters represent a significant difference from one another (p<0.05).

برشته شده و بیشترین میزان رطوبت در بازه زمانی ۱ و ۲ هفته پس از پخت مربوط به نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد کینوای برشته شده و ۱ درصد ژل امولسیفایر بود. نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد کینوا و ۰/۵ درصد ژل امولسیفایر دارای بیشترین حجم مخصوص و تخلخل و کمترین سختی بافت در مقایسه با سایر نمونه‌های تولیدی بود. همچنین براساس نتایج ارزیابی رنگ پوسته مشخص شد حضور آرد کینوای برشته شده و ژل امولسیفایر به ترتیب سبب تیرگی رنگ روشن‌تر شدن رنگ نمونه‌های تولیدی شد. نتایج ارزیابی حسی حاکی از آن بود که جایگزینی آرد گندم با آرد کینوای برشته شده به خصوص در سطح ۱۰ درصد سبب بهبود

۴- نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف غنی‌سازی کیک فنجانی با آرد کینوای برشته شده انجام شد. بدین منظور سطوح متفاوت آرد گندم (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد) با آرد کینوای برشته شده جایگزین شد. همچنین با توجه به اینکه آرد کینوای برشته شده فاقد پروتئین گلوتهن است و امکان کاهش کیفیت نمونه‌های تولیدی وجود داشت از ژل امولسیفایر در سطوح متفاوت صفر، ۰/۵ و ۱ درصد در فرمولاسیون کیک فنجانی حاوی آرد کینوای برشته شده، استفاده شد. نتایج نشان داد بیشترین میزان رطوبت در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد ژل امولسیفایر و فاقد آرد کینوای

حاوی ۲۰ درصد آرد کینوای برشته شده و ۱ درصد ژل امولسیفایر را به عنوان بهترین نمونه های این پژوهش برای پیشنهاد به صنعت فراورده های پخت فراسودمند معرفی نمود.

تامین مالی

نویسنده اعلام می کند که هیچ بودجه ای دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام فعالیت ها توسط نویسنده انجام شده است.

منافع رقابتی

نویسنده تایید می کند که هیچ گونه تضاد مالی یا منافع رقابتی در این مطالعه ندارد.

۵-منابع

- [1] Avila Ruiz, G. (2016). Exploring novel food proteins and processing technologies: A case study on quinoa protein and high pressure-high temperature processing. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, NL.
- [2] Javaheripour, N., Lida Shahsevani Mojarad, L., Mahdikhani, S. and Inanloo, Y. (2021). The effect of adding quinoa flour and germinated wheat flour on the physicochemical, microbial and sensory properties of sponge cake. Journal of food science and technology, 18 (119): 375-392. (In Persian).
- [3] Moazeni Esfanjani, M. (2017). Production of Functional Gluten-Free Bread Based on Rice and Quinoa Flours. Master's thesis, Food Science and Technology, Zanzan University. (In Persian).
- [4] Chaudhary, N., Walia, S. and Kumar, R. (2023). Functional composition, physiological effect and agronomy of future food quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*): A review. Journal of Food Composition and Analysis, 118: 105192.
- [5] Salehi, F., Kashaninejad, M. and Asadi, F. and Najafi, A. (2016). Improvement of quality attributes of sponge cake using infrared dried button mushroom. Journal of Food Science and Technology, 53: 1418-1423.
- [6] Emam, E. G. Y., K. Morsy, M., Abd El Salam, A. M. A., El-saadany, R. M. and El-mansy, H. A. (2023). Effect of Utilizing of Quinoa, Rice and Corn Flours on Physicochemical Properties and Sensory Characteristics of Gluten Free Cupcake. Annals of Agricultural Science, Moshtohor (ASSJM), 61(1): 119-126.
- [7] Hamzacebi, O. and Tacer-caba, Z. (2021). Date Seed, Oat Bran and Quinoa Flours as Elements of Overall Muffin Quality, Current Research in Nutrition and Food Science, 19(1): 147-157.

ویژگی های حسی از جمله فرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی و پایینی، پوکی و تخلخل بافت، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن، بو و مزه و در نهایت امتیاز پذیرش کلی که میانگین امتیاز سایر ویژگی های حسی پس از اعمال ضرایب موثر آن هاست، شد. همچنین نتایج، عملکرد مثبت ژل امولسیفایر را بر بهبود ویژگی های حسی نشان داد و با بررسی یافته های بدست آمده از این پژوهش مشخص شد در صورت جایگزینی ۱۰ درصد از آرد گندم با آرد کینوای برشته شده، سطح ۰/۵ درصد ژل امولسیفایر و در صورت جایگزینی ۲۰ درصد آرد کینوای برشته شده، سطح ۱ درصد ژل امولسیفایر بیشترین تاثیر را بر ارتقای کیفیت و بازارپسندی نمونه های کیک داشت. در نهایت می توان نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد کینوای برشته شده و ۰/۵ درصد ژل امولسیفایر و نمونه

- [8] Dasappa, I and Gandham, V. (2008). Food Engineering Aspects of Baking Sweet Goods. chapter 2. CRC Press. 31-48.
- [9] Ghanadrezade, M., Arianfar, A. and Sheikholeslami, Z. (2018). Investigation the effect of polyglycerol ester and diacetyl tartaric acid ester in the form of gel on physicochemical, rheological and sensory properties of oily cake. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 13(5): 771-783. (In Persian).
- [10] Whitehurst, R. J. (2008). Emulsifiers in food Technology. Wiley-Blackwell, 26: 120-128.
- [11] Baker, S. (2010). Maximizing the use of food emulsifiers. 30-45.
- [12] Vyakhaya. and David, J. (2022). Effect of different levels of whey protein concentrate and emulsifier gel on storage attributes of eggless sponge cake, Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 11(2): 115-119.
- [13] Gunadi, K. and Pamungkaningtyas, F.H. (2022). Effect of emulsifiers addition in sponge cake premix on the physical and sensory of sponge cake. The 6th International Conference on Eco Engineering Development, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1-6.
- [14] Izadi, Z., Mazaheri Tehrani, M. and Shahidi, F. (2021). Effect of fermentation and microwave radiation processes on physicochemical properties of wheat bran. Innovative Food Technologies, 9(1): 63-79. (In Persian).
- [15] Jeffery, R. Kurt, A. R., Charles, O., Mukti, S., Lorena, M., Pera, J. and Maria, B. O. (2015). Influence of quinoa roasting on sensory and physicochemical properties of allergen-free, gluten-

- free cakes. *International Journal of Food Science and Technology*, 50: 1873–1881.
- [16] Schlormann, W., Zetzmann, S., Wiege, B., Haase, N. U. Greiling, A., Lorkowski, S., Dawczynski, C. and Glei. (2020). Impact of different roasting conditions on sensory properties and healthrelated compounds of oat products. *Food Chemistry*, 307: 125548.
- [17] AACC. (2000). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist. Method 10-91. St Paul, MN.
- [18] Bahramian, E., Latifi, Z., Ebadi, M., Ghafari, Z. and Ebrahimi Valadani, M. (2020). Evaluation of green tea extract on physicochemical and sensory properties of Yazdi cake. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 104(17): 27-39. (In Persian).
- [19] Zolfaghari, N., Ataye Salehi, E. and Sheikholeslami, Z. (2022). Production of functional low-sugar muffin containing maltodextrin and ghavoot. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 121(18): 275-288. (In Persian).
- [20] Saricoban, C. and Yilmaz, M. T. (2010). Modelling the effects of processing factors on the changes on color parameters of cooked meatballs using response surface methodology. *World Applied Science Journal*, 9(1): 14-22.
- [21] Yassen, A. A., Shouk, A. H., and Ramadan, M. T. (2010). Corn-Wheat pan bread quality as affected by hydrocolloids, *Journal of American Science*, 6(10): 684-690.
- [22] Jalali, M., Sheikholeslami, Z., Elhamirad, A. H., Haddad Khodaparast, M. H. and Karimi, M. (2019). The effect of Balangu Shirazi (*Lallemantia Royleana*) gum on the quality if gluten-free pan bread containing pre-gelatinization simple corn flour with microweave Crapathain, *Journal of Food Science and Technology*.
- [23] Patricia, P. M. V., Jesica. R. M., Antonella, E. B., and Edgardo, L. C. (2018). Effects of Whole and Malted Quinoa Flour Addition on Gluten-Free Muffins Quality. *Journal of Food Science*, 84(1): 147-153.
- [24] Alavi, M., Mehraban Sangatash, M. and Sahraian, B. (2023). Evaluation of the effect of quinoa flour and monoglyceride emulsifier on physicochemical and sensory properties of gluten-free cookie. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 132(19): 223-235. (In Persian).
- [25] Javaheripour, N., Shahsoni Mojarad, L., Mehdikhani, Sh. and Inanloo, Y. (2022). The effect of adding quinoa flour and germinated wheat flour on the physicochemical ,microbial and sensory properties of sponge cake. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 119(18): 375-392. (In Persian).
- [26] Haghayegh, Gh., and Zavehad, N. (2019). Evaluation of replacement of potato-rice flour by germinated quinoa flour on textural properties and overall acceptability gluten-free pan bread. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 88(16): 315-325. (In Persian).
- [27] Ding, S., Peng, B., Li, Y. and Yang, J. (2019). Evaluation of specific volume, texture, thermal features, water mobility, and inhibitory effect of staling in wheat bread affected by maltitol. *Food Chemistry*, 283: 123–130.
- [28] Yazici, G. N. and Ozer, M. S. (2021). A review of egg replacement in cake production: Effects on batter and cake properties. *Trends in Food Science & Technology*.
- [29] Elgeti, D., Nordlohne, S. D., Besl, M. and Foste, M., (2014). Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of cereal science*, 59(1): 41-47.
- [30] Foste, M., Nordlohne, S. D., Elgeti, D., Linden, M. H., Heinz, V., Jekle, M. and Becker, T. (2014). Impact of quinoa bran on gluten-free dough and bread characteristics. *European Food Research and Technology*. 239(5): 767-775.
- [31] Miranda-Villa, P.P., Mufari, J.R., Bergesse, A.E., and Calandri, E.L.(2018). Effects of Whole and Malted Quinoa Flour Addition on Gluten-Free Muffins Quality. *Journal of Food Science*, 1-7.
- [32] El-sohaimy, S., Shehata, M., Mehany, T. and Zeitoun, M.A. (2019). Nutritional, Physicochemical, and Sensorial Evaluation of Flat Bread Supplemented with Quinoa Flour, *International Journal of Food Science*. 1-15.
- [33] Kurek, M. and Wyrwysz, J. (2015). The Application of dietary fiber in bread production. *Food Processin and Technology*. 6(5): 447-450.
- [34] Yanan, C., Liang, Z., Wei, L., Yu, S., Gang, Z. and Yichen, H. (2020). Dietary quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) polysaccharids ameliorate high-fat diet-induced hyperlipidema and modulate gut microbiota. *Biological Macromolecules*.
- [35] Shahsavan Tabrizi, A., Ataye Salehi, E., Aryanfar, A. and Sheikholeslami, Z. (2024). Gluten-free bread Formulation Using Grass Pea, Quinoa, and Chestnut Flour Based on Rice Flour by Response Surface Methodology. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 16(1): 27-46. (In Persian).
- [36] Pakbaten, S., Karimi, M., Elhamirad, A. and Sheikholeslami, Z. (2015). Effect of sonication and emulsifier (E471) on emulsification and improvement of cupcake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11(1): 31-40. (In Persian).
- [37] Dudu, O. E., Ma, Y., Adelekan, A., Oyedeji, A. B., Oyeyinka, S. A. and Ogungbemi, J. W. (2020). Bread-making potential of heat-moisture treated cassava flour-additive complexes. *Lwt*, 130, 109477.
- [38] Pourfarzad, A., Mohebbi, M. and Mazaheri-Tehrani, M. (2012). Interrelationship between image, dough and Barbari bread characteristics; use of image analysis to predict rheology, quality and shelf life. *International Journal of Food Science and Technology*, 47: 1354–1360.

- [39] Anvarinejad, M. and Javadi, A. (2017). The Impact of Addition of Agar Gum and Propylene Glycolmono-stearate Emulsifier on The Qualitative and Physico chemical Properties of Sponge Cake, *Specialty journal of Engineering and Applied Science*, 3(1): 20-31.
- [40] Kim, D., Oh, H. and Kim, Y.S. (2021). Effect of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) Flour Addition on Textural, Physical, and Sensory Properties of Pound cakes. *Progress in Nutrition*, 23(4): 2021178.
- [41] Nesliha, B., Seher, K. and Sebnem, T. (2018). Investigation of the effects of using quinoa flour on gluten-free cake batters and cake properties. *Journal of Food Science and Technology*, doi.org/10.1007/s13197-018-3523-1.
- [42] Jan, K. N., Pansesar, P. S. and Sukhacharn, S. (2018). Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole Indian quinoa flour, *LWT- Food Science and Technology*, 93: 573-582.
- [43] Adriana, P., Simona, M., Sevastița, M. and Anamaria, p. (2015). Effect of quinoa flour addition on quality characteristics of rice gluten-free cookies. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 21 (4), 371-378.
- [44] Milovanovic, M.M., Demin, M.A., Vucelic-Radovic, B.V., Zarković, B.M. and Stikic, R.I. (2014). Evaluation of the nutritional quality of wheat bread prepared with quinoa, buckwheat and pumpkin seed blends. *Journal of Agricultural Sciences*. 59(3): 318-328.
- [45] Atalay, M. H., Bilgiçli, N., Elgün, A. and Demir, M. K. (2013). Effects of buckwheat (*fagopyrum esculentum moench*) milling products, transglutaminase and sodium stearyl-2-lactylate on bread properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37: 1–9.
- [46] Marudova, M., Stankov, S. and Baeva, M. (2020). Staling of sponge cakes with added emulsifiers, *Progress in Agricultural Engineering Science*. 16:101-108.
- [47] Sheikholeslami, Z., Mahfouzi, M., Karimi, M. and Ghiafehdavoodi, M. (2021). Modification of dough characteristics and baking quality based on whole wheat flour by enzymes and emulsifiers supplementation. *LWT – Food Science and Technology*, 139: 110794.
- [48] Cannas, M., Pulina, S., Cante, P., Delcaro, A., Urgeghe, P., Piga, A. and Fadda, C. (2020). Effect of Substitution of Rice Flour with Quinoa Flour on the Chemical-Physical, Nutritional, Volatile and Sensory Parameters of Gluten-Free Ladyfinger Biscuits, *Food journal*, 1-16.
- [49] Moawad, E. M. M., Rizk, I. R. S., Kish, Y. F. M. and Youssif, M. R. G. (2018). Effect of substitution of wheat flour with quinoa flour on quality of pan bread and biscuit. *Arab University Journal of Agricultural Science*, 26: 2387-2400.
- [50] Lorusso, A., Verni, M., Montemurro, M., Coda, R., Gobetti, M. and Rizzello, C. G. (2017). Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features. *LWT- Food Science and Technology*, 78: 215-221.
- [51] Bilgiçli, N., Demir, M. K. and Yilmaz, C. (2014). Influence of some additives on dough and bread properties of a wheat-lupin flour blend. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 6, 167–173.
- [52] Manley, D. (2011). *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies*. Elsevier.
- [53] Hamzehpour, R. and Ahmadi Dastgerdi, A. (2023). The Effects of Quinoa and Amaranth Flour on the Qualitative Characteristics of Gluten-Free Cakes. *International Journal of Food Science*, 1-6.
- [54] Lauren, T., Chen, G., Tilley, M. and Li, y. (2022). Improvement of whole wheat dough and bread properties by emulsifier. *Grain & Oil Science and Technology*, 5(2): 59-69.



Scientific Research

Investigating the effect of emulsifier gel on the physicochemical and sensory properties of cupcake containing processed (roasted) quinoa flour

M. Salehi Mahmoud Aabadi¹, B. Sahraian^{2*}, M. Mehraban Sangatash²

1- Department of Food Science and Technology, ACECR Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran.

2- Department of Food Quality and Safety, Food Science and Technology Research Institute, ACECR Khorasan Razavi Branch, Mashhad, Iran.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2025/12/07

Review: 2026/01/04

Accepted: 2026/02/03

Keywords:

Texture,
Roasted,
Emulsifier gel,
Cupcake,
Quinoa.

DOI: 10.48311/fsct.2026.118158.82970

*Corresponding Author E-

Baharehsahraian@yahoo.com

Quinoa is a semi-grain rich in essential amino acids and B vitamins, and is high in protein and fiber. Therefore, in order to enrich cupcakes, different levels of wheat flour (0, 10, and 20%) were replaced with roasted quinoa flour, and emulsifier gel (0, 0.5, and 1%) were used to improve the quantity and quality of this type of cake, and the textural and sensory characteristics of the produced samples were evaluated. The results showed that in the time interval of 2 hours and 1 and 2 weeks after cooking, the moisture content of the control (without quinoa flour and emulsifier gel) was 17.03, 13.17 and 11.30%, respectively, and the moisture content of the sample containing 20% quinoa flour and 1% emulsifier gel (the highest consumption levels) was 18.61, 17.65 and 17.04%, indicating the positive performance of quinoa flour and emulsifier gel in maintaining moisture during shelf life. The sample containing 10% quinoa flour and 0.5% emulsifier gel had the highest specific volume (3.74 ml/g) and porosity (25.11%) and the lowest texture hardness during 2 weeks of storage (5.17 N). Based on the results obtained from the crust color evaluation of the produced samples, it was determined that the presence of roasted quinoa flour in the cupcake formulation caused darkening (decrease in the color components L* and b* and increase in the color component a*) and the presence of emulsifier gel caused the color to become lighter. Finally, based on the findings obtained from the sensory parameters, especially overall acceptance, the sample containing 10% roasted quinoa flour and 0.5% emulsifier gel is introduced as the best sample in this study.