



بررسی کاربرد آرد کینوا و امولسیفایر منوگلیسرید بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی شیرینی بدون

گلوتن

مژگان علوی^۱، معصومه مهربان سنگ آتش^{۲*}، بهاره صحرائیان^۲

۱-دانشجوی 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، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

این تحقیق با هدف بررسی جایگزینی سطوح متفاوت آرد نخودچی (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) با آرد کینوا و افزودن امولسیفایر منوگلیسرید در سطوح صفر، ۰/۵ و ۱ درصد به فرمولاسیون شیرینی بدون گلوتن انجام شد. در این تحقیق میزان خاکستر، پروتئین، رطوبت، حجم مخصوص، سفتی بافت و ویژگی‌های حسی (فرم و شکل، سطح، بافت، قابلیت جویدن، بو و مزه و پذیرش کلی) نمونه‌های تولیدی ارزیابی شدند. نتایج نشان داد رطوبت، خاکستر و چربی آرد کینوا بیشتر و میزان پروتئین آن کمتر از آرد نخود بود. با افزایش سطح جایگزینی آرد نخودچی با آرد کینوا بر میزان رطوبت و خاکستر افزوده و از میزان پروتئین شیرینی‌های تولیدی کاسته شد. این در حالی بود که نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد کینوا و ۰/۵ درصد امولسیفایر منوگلیسرید از بیشترین حجم مخصوص (۰/۹۸ میلی‌لیتر بر گرم) و کمترین سفتی بافت (۳۱/۳۷ نیوتن) برخوردار بودند. در نتیجه حضور آرد کینوا و افزایش سطح آن در فرمولاسیون مؤلفه رنگی L^* کاهش و a^* افزایش یافت. ارزیابی حسی نشان‌دهنده برتری نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد کینوا (فاقد امولسیفایر) و نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد کینوا و ۰/۵ درصد امولسیفایر منوگلیسرید بود. لازم به ذکر است نمونه‌های حاوی ۵۰ درصد آرد کینوا در حضور ۰/۵ درصد امولسیفایر منوگلیسرید نیز کمیت و کیفیت بالایی برخوردار بودند. از این رو نمونه حاوی ۲۵ یا ۵۰ درصد آرد کینوا و ۰/۵ درصد امولسیفایر منوگلیسرید به عنوان برترین نمونه‌های شیرینی بدون گلوتن در این تحقیق معرفی می‌شوند.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۳۰

کلمات کلیدی:

کینوا،

نخود،

بدون گلوتن،

امولسیفایر،

بافت.

DOI: 10.22034/FSCT.19.132.223

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.132.17.0

* مسئول مکاتبات:

mehraban@acecr.ac.ir

۱- مقدمه

فراورده‌های بدون گلوتن با ارزش تغذیه‌ای بالا نظیر مافین، کلوچه، نان تابه‌ای، بیسکوئیت و نان استفاده شده است [۷-۱۱].

امولسیفایرها که از عوامل فعال سطحی هستند وقتی در فراورده‌های نانوائی استفاده می‌شوند به عنوان یک ماده با چند نقش عمل می‌کنند که سه عملکرد مهم آن‌ها عبارت‌اند از: کمک به مخلوط کردن و امولسیون مواد اولیه، کمک به خصوصیات شورتینگ‌ها و اتصالات مفید آرد با دیگر اجزاء در مخلوط [۱۲]. منوگلیسریدها یکی از مهم‌ترین امولسیفایرهای متداول هستند که به طور معمول به عنوان بی‌خطر (GRAS) شناخته شده‌اند. این امولسیفایر دارای خاصیت چربی‌دوستی است لذا دارای HLB پایین ۳ تا ۶ می‌باشد [۱۳]. منوگلیسریدها به عنوان امولسیون‌کننده و پایدارکننده در بسیاری از مواد غذایی مانند فراورده‌های نانوائی، روغن‌های قنادی مارگارین و خمیرهای غذایی عمل می‌کنند. افزودن این امولسیفایر به شورتینگ‌ها باعث بهبود امولسیون شدن شورتینگ در خمیر یا خمیرابه می‌شود این امولسیفایرها در فراورده‌های نانوائی علاوه بر کاهش بیاتی باعث کاهش بین سطحی فازها، بهبود توزیع مواد اولیه، افزایش هوادهمی، پایداری بیشتر کف و اصلاح کریستال‌های چربی می‌شود [۱۴]. اتصال منوگلیسرید با نشاسته به خصوص آمیلوز، بیشترین اهمیت را در افزایش عمر ماندگاری فراورده‌های نانوائی و ایجاد بافت نرم در آن‌ها دارد. همچنین از کاربردهای دیگر منوگلیسریدها می‌توان به کاهش تاول در سطح و ایجاد سطحی یکنواخت‌تر اشاره نمود [۱۳]. امولسیفایر منوگلیسرید در فراورده‌های متعدد نانوائی نظیر کیک برنجی بدون گلوتن بخارپز، کیک بدون تخم مرغ، نان بدون گلوتن و نان‌های حاوی آرد گندم استفاده شده است و گزارشات موجود حاکی از بهبود بافت و ویژگی‌های حسی نمونه‌های تولیدی است [۱۵-۱۸]. بنابراین با توجه به نیاز جامعه به فراورده‌های بدون گلوتن جدید و غنی شده و در نظر گرفتن فواید تغذیه‌ای آرد کینوا و عملکرد مثبت امولسیفایر منوگلیسرید بر ویژگی‌های تکنولوژیک و ظاهری فراورده‌های نانوائی، هدف از این پژوهش جایگزینی آرد نخود با آرد کینوا (در سطوح صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) در شیرینی بدون گلوتن و بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی فراورده تولید با استفاده از امولسیفایر منوگلیسرید (صفر، ۵۰٪ و ۱ درصد) بود.

بیماری‌های گوارشی در بین جوامع انسانی به خصوص در کشورهای در حال توسعه از اهمیت فراوانی برخوردار هستند. بیماری سلیاک یک اختلال خود ایمنی گوارشی است. بیماران مبتلا به سلیاک نمی‌توانند بخش گلیادین گندم و پرولامین‌های چاودار (سکالین)، جو (هوردئین) و جو دوسر را تحمل کنند. با مصرف گلوتن در این افراد، روده کوچک دچار التهاب شده و باعث ایجاد آسیب به مخاط روده و اشکال در جذب مواد مغذی می‌شود. تنها راه درمان آن، استفاده از یک رژیم غذایی فاقد گلوتن است [۱]. در سال‌های اخیر، علاقه زیادی به موضوع فراورده‌های نانوائی فاقد گلوتن ایجاد شده است. زیرا فراورده‌های آردی اصلی‌ترین ماده غذایی مصرفی در کل جهان بوده و بالاترین میزان مصرف را به جهت ارزان قیمت بودن، قابلیت دسترسی فراوان، مناسب بودن از لحاظ منبع کربوهیدرات و تأمین انرژی دارا هستند [۲].

نان نخودچی یا شیرینی نخودچی یکی از شیرینی‌های سنتی قزوین و از معروف‌ترین شیرینی‌های ایرانی است. این شیرینی بر پایه آرد نخود است [۳]. آرد نخود آردی فاقد گلوتن بوده و این شیرینی به دلیل دارا بودن مواد اولیه بدون گلوتن مناسب بیماران سلیاکی می‌باشد. ایجاد تنوع در ظاهر، رنگ، بو و مزه، بهبود بافت و ساختار و افزایش ارزش تغذیه‌ای این شیرینی سنتی با جایگزینی بخشی از آرد نخودچی با سایر آردهای بدون گلوتن و استفاده از افزودنی‌های مجاز فراورده‌های نانوائی نظیر امولسیفایر می‌تواند جذابیت آن را چند برابر نماید. امروزه توجه زیادی به استفاده از دانه و آرد کینوا در مواد غذایی بویژه انواع فراورده‌های نانوائی می‌شود. کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa Willd*) از دسته گیاهان دوپله‌ای و از خانواده چنوپودیاسه، گیاهی یک ساله است [۴] و ارزش بسیار بالای دانه یا بذر آن موجب مقایسه آن با شیرخشک توسط سازمان خوار و بار جهانی (FAO) شده است. کینوا منبعی غنی از پروتئین، آمینواسیدهای لیزین، متیونین، سیستئین، ترئونین و منیزیم، پتاسیم و آهن است. این شبه غله نشاسته کمتر و فیبر رژیمی بیشتری نسبت به سایر غلات (گندم، جو، ذرت و برنج) دارد و غنی از آنتی‌اکسیدان‌هاست [۶]. کینوا در مقایسه با برخی از غلات رایج (گندم و جو) سرشار از ویتامین‌های مختلف نظیر نیاسین، اسید فولیک، ویتامین‌های A، B₂ و E است [۵]. از کینوا جهت تولید

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد کینوای سفید (Titicaca) ساپونین‌زدایی شده (رطوبت ۷/۶۷ درصد، چربی ۵/۷ درصد، پروتئین ۷/۶۷ درصد و خاکستر ۲/۸۴ درصد)، آرد نخود (رطوبت ۵/۲۳ درصد، چربی ۴/۱ درصد، پروتئین ۲۴/۲۳ درصد و خاکستر ۲/۶۳ درصد)، پودر شکر و شورتینگ از یک عطاری معتبر در سطح شهر مشهد خریداری شد. امولسیفایر منوگلیسرید (E471) از شرکت پارس بهبود (مشهد-ایران) و تمام مواد شیمیایی آزمایشگاهی از شرکت‌های معتبر خریداری شد.

۲-۲- روش تهیه شیرینی

شیرینی بدون گلوتن شاهد (فاقد آرد کینوا و امولسیفایر منوگلیسرید) حاوی ۱۰۰ گرم آرد نخودچی، ۵۰ گرم شورتینگ و ۵۰ گرم پودر شکر بود. جهت تهیه تیمارها آرد نخودچی در سطوح صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد با آرد کینوا جایگزین شد. همچنین در فرمولاسیون شیرینی بدون گلوتن از امولسیفایر منوگلیسرید (E471) در سطوح صفر، ۰/۵ و ۱ درصد استفاده گردید. جهت تهیه شیرینی بدون گلوتن ابتدا پودر شکر و شورتینگ در مخزن همزن آزمایشگاهی (مدل BJJY-BM5N ساخت شرکت بیک صنعت، ایران) به مدت ۵ دقیقه تا رسیدن به مخلوطی نرم و یکنواخت مخلوط شد. در مرحله بعد آرد طی چند مرحله به مخلوط پودر شکر و شورتینگ اضافه و تا رسیدن به خمیری یکدست عمل همزدن ادامه یافت. سپس خمیر شیرینی انتقال یافته در کیسه‌های پلی‌اتیلنی به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (دمای یخچال) قرار گرفت. پس از طی شدن مدت زمان استراحت، خمیر شیرینی از یخچال خارج شد و تا رسیدن به دمای حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد در محیط قرار گرفت. در ادامه خمیر شیرینی بدون گلوتن تا رسیدن به قطر ۱ سانتی‌متر پهن و قالب‌زنی با قالب چهار پر کوچک انجام شد. در انتها نمونه‌های تهیه شده در سینی مخصوص قرار گرفتند و در فر آزمایشگاهی (مدل XFT135 ساخت ایتالیا) با دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه پخت شدند.

۲-۳- پروتئین

برای اندازه‌گیری پروتئین از روش AACC (۲۰۰۰) به شماره ۴۶-۱۲ (روش کج‌دال) استفاده شد [۱۹].

۲-۴- خاکستر

برای اندازه‌گیری خاکستر از روش AACC (۲۰۰۰) به شماره ۰۸-۰۱ (روش کوره‌گذاری) استفاده شد [۱۹].

۲-۵- رطوبت

اندازه‌گیری مقدار رطوبت با استفاده از روش AACC (۲۰۰۰) به شماره ۱۶-۴۴ (روش آون‌گذاری) انجام شد [۱۹].

۲-۶- حجم مخصوص

بدین منظور ابتدا با استفاده از یک ترازوی دیجیتال وزن هر یک از نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. سپس از روش جایگزینی حجم با دانه کلامطابق با استاندارد AACC (۲۰۰۰) به شماره ۱۰-۷۲ جهت سنجش حجم استفاده شد. در نهایت از تقسیم حجم بر وزن نمونه، حجم مخصوص بر حسب میلی‌لیتر بر گرم محاسبه گردید [۱۹].

۲-۷- بافت

ارزیابی بافت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بافت‌سنج براساس روش ناصحی و همکاران (۱۳۹۸) با اندکی تغییرات انجام شد. بدین منظور هر تیمار (یک عدد شیرینی بدون گلوتن کامل) با پروب‌صفحه‌ای بزرگتر از سطح مقطع نمونه، با سرعت ۵ میلی‌متر بر ثانیه تا ۵۰ درصد ضخامت شیرینی فشرده شد و حداکثر نیروی لازم به عنوان سفتی بافت بر حسب نیوتن در نظر گرفته خواهد شد [۲۰].

۲-۸- رنگ

ارزیابی رنگ مطابق با روش ساریکوبان و ییلمازو همکاران (۲۰۱۰) انجام گرفت. بدین منظور نمونه‌ها جهت عکس‌برداری در محفظه‌ای با زمینه‌ای به رنگ سفید قرار گرفتند و عکس‌برداری با استفاده از دوربین دیجیتال انجام گرفت. فاکتورهای مربوط به رنگ در سیستم هانتربل $(L^* a^* b^*)$ ، با انتقال تصاویر به رایانه و با استفاده از نرم افزار پردازشگر تصویر به دست آمدند. این مدل دارای فاکتور L^* (شامل طیف سیاه تا سفید با محدوده از صفر تا ۱۰۰) و دو فاکتور رنگی a^* (شامل طیف رنگی سبز تا قرمز با محدوده +۱۲۰ تا -۱۲۰) و b^* (شامل طیف رنگی آبی تا زرد با محدوده +۱۲۰ تا -۱۲۰) است. بعد از تعیین مؤلفه‌های رنگی برای مقایسه رنگ نمونه‌های تولیدی (تیمارهای متفاوت) از شاخص تغییر رنگ (ΔE) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد [۲۱].

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

L_0 ، a_0 و b_0 مؤلفه‌های رنگی نمونه شاهد هستند.

۹-۲- ویژگی‌های حسی

بدین منظور ۱۰ داور از پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی انتخاب شدند. خصوصیات حسی شیرینی‌های بدون گلوتن از نظر فرم و شکل (شکل نامتقارن، وجود هرگونه حفره یا فضای داخلی)، سطح (سوخندگی، غیرطبیعی بودن رنگ، چین و چروک، ترک خوردگی و سطح غیر عادی)، سفتی و نرمی بافت (خمیری بودن و یا نرمی غیر عادی، سفت بودن، تردی و شکنندگی)، قابلیت جویدن (خشک و سفت بودن دونات، گوله و خمیری بودن در دهان و چسبیدن به دندان‌ها) و بو، طعم و مزه (طعم تند و زننده، بوی خامی یا ترشیدگی و یا عطر طبیعی شیرینی بدون گلوتن) ارزیابی شدند. ضریب ارزیابی صفات براساس هدونیک پنج نقطه‌ای از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) و ضریب رتبه هر یک از ویژگی‌ها (فرم و شکل، سطح، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن و بو و مزه) به ترتیب ۴، ۲، ۳ و ۳ بود [۱۲ و ۲۲]. در انتها با داشتن این معلومات، امتیاز پذیرش کلی (عدد کیفیت شیرینی بدون گلوتن) با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطه ۲

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

۱۰-۲- تجزیه و تحلیل آماری

بررسی تأثیر آرد کینوا و امولسیفایر منوگلیسرید (E471) بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی شیرینی بدون گلوتن براساس یک طرح کاملاً تصادفی بر پایه فاکتوریل دو عامله انجام شد. در این تحقیق عامل اول آرد کینوا در پنج سطح صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد (جایگزین آرد نخودچی) و عامل دوم امولسیفایر منوگلیسرید در سه سطح صفر، ۰/۵ و ۱ درصد بود. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار Mini-Tab 17 و به منظور مقایسه میانگین از آزمون توکی با سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد ($P < 0.05$). کلیه آزمایشات بجز ویژگی‌های حسی با سه تکرار انجام خواهد گرفت. برای ویژگی‌های حسی ۱۰ تکرار در نظر گرفته شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- پروتئین و خاکستر

جدول ۱ نشان دهنده میزان پروتئین و خاکستر نمونه شیرینی های بدون گلوتن تولیدی است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد با افزایش جایگزینی آرد نخودچی با آرد کینوا از میزان پروتئین نمونه‌های تولیدی کاسته و بر میزان خاکستر آن‌ها به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) افزوده شد. به طوری که نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد آرد کینوا در حضور هر سه سطح امولسیفایر (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) دارای کمترین میزان پروتئین و بیشترین میزان خاکستر بودند. میزان پروتئین آرد نخودچی حدود ۲۴ درصد و آرد کینوا حدود ۱۷ درصد بود و بالطبع این انتظار وجود داشت که با افزایش آرد کینوا در فرمولاسیون میزان پروتئین شیرینی‌های بدون گلوتن کاهش یابد. پروتئین نخود در مقایسه با سایر حبوبات و غلات بسیار بالاست اما نخود از نظر اسیدهای آمینه سولفوردار از قبیل تربیتوفان، سیستین و ایزولوسین دچار کمبود است. برطرف کردن نقص پروتئین غلات و شبه غلات و از طرفی جبران کمبود اسیدهای آمینه حبوبات از طریق اختلاط غلات و حبوبات امکانپذیر است [۲۳]. روندا و همکاران (۲۰۱۱) و گولارت و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند آرد نخود پروتئین‌لایی دارد از این رو جهت تولید یا غنی‌سازیفراورده‌های پخت‌وصیه می‌شود [۵ و ۲۴]. میانگین پروتئین گزارش شده در دانه کینوا ۲۳-۱۲ درصد است. این میزان پروتئین کینوا هرچند قابل توجه است و این شبه غله به نوبه خود یک منبع پروتئینی محسوب می‌شود و میانگین پروتئین آن از میزان پروتئین غلات متداول همانند برنج، جو و یا گندم بیشتر است اما میزان آن کمتر از دانه‌های حبوبات از جمله نخود است. با این وجود به میزان بالای اسیدهای آمینه ضروری در کینوا می‌توان آن را به عنوان مکملی برای حبوبات که اغلب متیونین و سیستین کمی دارند، دانست [۲۵]. برقی و همکاران (۱۳۹۴) و عباسی منفرد و همکاران (۱۳۹۸) به ترتیب میزان خاکستر آرد نخود را ۲ و ۱/۶۸ درصد را گزارش کردند [۲۶ و ۲۷]. جانکاروا و داندار (۲۰۰۹) به مطالعه و مقایسه ترکیبات شیمیایی کینوا با چند غله رایج پرداختند. براساس مشاهدات این محققان میزان خاکستر در کینوا، گندم، ذرت، برنج و جو به ترتیب ۳/۸، ۲/۲، ۱/۷، ۳/۴ و ۲/۲ درصد بود که این محققان گزارش کردند میزان

افزایش ۱۰ درصدی مواد معدنی منجر به افزایش خاکستر نمونه‌های تولیدی شد [۱۴]. در مطالعه‌ها گلیسیاس و همکاران (۲۰۱۵) آرد کینوا در دو سطح ۲۵ و ۵۰ درصد با آرد گندم جایگزین شد. نتایج نشان داد که آرد کینوا سبب افزایش مواد معدنی نان شد. به طوری که مواد معدنی مانند کلسیم از ۰/۳۵ به ۱/۲۸ میلی‌گرم بر گرم و آهن را از ۱۷ به ۳۴ میکروگرم بر گرم افزایش یافت [۲۹]. همچنین نتایج جفری و همکاران (۲۰۱۵) افزایش میزان خاکستر نان‌های حاوی آرد کینوا را نشان داد [۳۰].

خاکستر کینوا به طور قابل ملاحظه‌ای بیش از سایر غلات بود [۲۸]. در همین راستا نتایج مواد و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد نان و بیسکوئیت بدون گلوتن حاوی ۱۰۰ درصد آرد کینوا، حاوی بالاترین درصد پروتئین و خاکستر در مقایسه با نمونه‌های حاوی ذرت و برنج بود [۱۶]. پاتریشیا و همکاران (۲۰۱۸) از آرد کامل و مالت شده کینوا (صفر تا ۳۰ درصد) در فرمولاسیون مافین بدون گلوتن بر پایه آرد برنج استفاده کردند استفاده کردند. نتایج این محققان نشان داد حضور آردهای کینوا (هر دو نوع) در فرمولاسیون مافین بدون گلوتن با

Table 1 The effect of quinoa and monoglyceride emulsifier on the amount of protein and ash of gluten-free cookie.

Treatments	Quinoa Flour (%)	Emulsifier (%)	Protein (%)	Ash (%)
1	0	0	11.69±0.23 ^a	1.16±0.03 ^c
2	0	0.5	11.65±0.05 ^a	1.14±0.01 ^e
3	0	1	11.61±0.03 ^a	1.15±0.01 ^e
4	25	0	11.15±0.02 ^{ab}	1.32±0.02 ^d
5	25	0.5	11.08±0.08 ^{ab}	1.31±0.02 ^d
6	25	1	10.98±0.08 ^{ab}	1.33±0.03 ^d
7	50	0	10.25±0.21 ^b	1.43±0.01 ^c
8	50	0.5	10.21±0.31 ^b	1.46±0.01 ^c
9	50	1	10.14±0.27 ^b	1.49±0.00 ^c
10	75	0	9.04±0.03 ^c	1.72±0.01 ^b
11	75	0.5	9.01±0.09 ^c	1.75±0.06 ^{ab}
12	75	1	9.00±0.23 ^c	1.73±0.02 ^b
13	100	0	8.17±0.12 ^d	1.82±0.01 ^a
14	100	0.5	8.07±0.13 ^d	1.76±0.00 ^{ab}
15	100	1	8.02±0.08 ^d	1.86±0.01 ^a

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

نخودچی بود و از آنجا که فرمولاسیون شیرینی بدون گلوتن تولیدی در این پژوهش فاقد آب بود بنابراین میزان رطوبت نمونه‌ها تحت تأثیر میزان رطوبت آردها (نخودچی و کینوا) و عملکرد سایر ترکیبات نظیر امولسیفایر منوگلیسرید در حفظ رطوبت ذاتی آرد طی فرایند پخت است. همانطور که نتایج نشان داد امولسیفایر منوگلیسرید و افزایش سطح آن در فرمولاسیون شیرینی بدون گلوتن سبب حفظ رطوبت آرد در شیرینی طی فرایند پخت شده است و نمونه‌های حاوی امولسیفایر در مقایسه با نمونه‌های فاقد آن از رطوبت بیشتری برخوردار بودند. تأثیر افزودن منوگلیسرید به شیرینی بدون گلوتن از دو جهت موجب بهبود حفظ رطوبت آرد در فرآورده می‌شود. از یک سو قدرت بالاتر زنجیره آبگریز در مولکول منوگلیسرید با تمایل بیشتر به قرارگیری به سمت فاز روغنی با کاهش کشش سطحی، پخش‌پذیری و اختلاط روغن را بهبود می‌بخشد. این امر با ایجاد پوششی بر روی ساختار موجب

۳-۲- رطوبت

جدول ۲ نشان‌دهنده میزان رطوبت نمونه شیرینی‌های بدون گلوتن است. نتایج این بخش نشان داد نمونه شیرینی حاوی ۱۰۰ درصد آرد کینوا و ۱ درصد امولسیفایر منوگلیسرید از بیشترین میزان رطوبت برخوردار بود. پاتریشیا و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی جایگزینی آرد برنج با آرد کینوا در فرمولاسیون مافین بدون گلوتن پرداختند. نتایج این محققان نشان داد با افزایش آرد کینوا در مافین میزان رطوبت افزایش یافت این محققان علت این امر را حضور فیبر بیشتر در آرد کینوا در مقایسه با آرد برنج دانستند. همچنین این محققان گزارش کردند میزان رطوبت اولیه آرد کینوا بیش از آرد برنج بود که این امر سبب افزایش رطوبت نمونه‌های حاوی این آرد شد [۱۴]. یافته‌های این پژوهشگران با نتایج تحقیق حاضر مشابهت داشت. زیرا رطوبت آرد کینوا بیش از رطوبت آرد

افزایش داده و به نوبه خود اثر بازدارندگی در کاهش رطوبت نشان می‌دهد [۳۱].

محصور کردن رطوبت و ممانعت از خروج آن طی فرایند پخت می‌شود. از سوی دیگر گروه‌های آبدوست زنجیره امولسیفایر با ایجاد اتصال با آب آزاد، ظرفیت نگهداری آب را

Table 2 The effect of quinoa and monoglyceride emulsifier on moisture, specific volume and firmness of gluten-free cookie.

Treatments	Quinoa Flour (%)	Emulsifier (%)	Moisture (%)	Specific volume (ml/g)	Firmness (N)
1	0	0	1.21±0.03 ^{de}	0.67±0.12 ^{bc}	45.35±0.35 ^{cde}
2	0	0.5	1.24±0.05 ^{de}	0.88±0.16 ^{ab}	41.34±1.29 ^{ef}
3	0	1	1.28±0.02 ^{bcd}	0.71±0.13 ^{bc}	40.68±1.12 ^{ef}
4	25	0	1.15±0.01 ^e	0.87±0.00 ^{ab}	44.42±1.08 ^{cde}
5	25	0.5	1.26±0.0 ^{bcde}	0.98±0.16 ^a	31.37±1.02 ^g
6	25	1	1.38±0.01 ^{abcde}	0.81±0.08 ^b	41.64±0.44 ^{ef}
7	50	0	1.22±0.02 ^{cde}	0.73±0.12 ^{bc}	44.15±0.42 ^{cde}
8	50	0.5	1.41±0.04 ^{abcde}	0.75±0.11 ^{bc}	36.66±0.54 ^{fg}
9	50	1	1.47±0.01 ^{abc}	0.67±0.04 ^{bc}	40.90±2.63 ^{ef}
10	75	0	1.24±0.03 ^{cde}	0.57±0.04 ^c	55.72±2.19 ^b
11	75	0.5	1.44±0.1 ^{abcd}	0.74±0.30 ^{bc}	48.94±2.03 ^{bcd}
12	75	1	1.53±0.04 ^{ab}	0.66±0.08 ^{bc}	48.73±2.06 ^{bcd}
13	100	0	1.29±0.01 ^{bcde}	0.44±0.04 ^d	71.35±1.61 ^a
14	100	0.5	1.47±0.05 ^{abc}	0.57±0.16 ^c	68.44±3.50 ^a
15	100	1	1.59±0.01 ^a	0.45±0.02 ^d	51.08±1.86 ^{bc}

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

۳-۳-حجم مخصوص

جدول ۲ نشان‌دهنده حجم مخصوص نمونه شیرینی‌های بدون گلوتن است. نتایج این بخش نشان داد نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد کینوا و ۰/۵ درصد امولسیفایر منوگلیسرید از بیشترین و نمونه حاوی ۱۰۰ آرد کینوا (فاقد امولسیفایر منوگلیسرید) و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد کینوا و ۱ درصد امولسیفایر منوگلیسرید از کمترین حجم مخصوص برخوردار بودند. الگتی و همکاران (۲۰۱۴) در همین راستا پاتریشیا و همکاران (۲۰۱۸) و نسلیها و همکاران (۲۰۱۸) حضور آرد کینوا به ترتیب در فرمولاسیون مافین و کیک بدون گلوتن را عاملی بر افزایش حجم دانستند [۱۴ و ۳۲]. این در حالی است که تورکاتو همکاران (۲۰۱۶) حضور تنها ۲۵ درصد آرد کینوا در فرمول نان بدون گلوتن را عاملی مثبت بر افزایش حجم دانستند و افزودن سطوح بالاتر از این آرد هیچگونه اثر قابل ملاحظه‌ای بر حجم نان ایجاد ننمود. براساس مطالعه این محققان چنانچه سطح مصرف آرد کینوا در فرآورده‌های نانوائی به درستی انتخاب شود، نه تنها ویژگی‌های بافتی و حجم فرآورده تولیدی تنزل نمی‌یابد بلکه به دلیل افزایش میزان فعالیت آلفا گلیکوزیداز در نتیجه افزودن آرد کینوا به

فرمولاسیون اولیه، حجم فرآورده نهایی افزایش می‌یابد و بافت آن نرم‌تر و یکنواخت‌تر می‌شود [۳۳]. تغییرات در شاخصه حجم به عنوان یکی از چندین پارامتر با اهمیت بالا در فرآورده‌های شناخته می‌شود. اهمیت این پارامتر علاوه بر خصوصیات ظاهری، اهمیت قابل توجهی بر بافت و ساختار فرآورده نهایی دارد. ترکیبات فعال در سطح نظیر امولسیفایرها به دلیل اثر افزایشی بر قابلیت نگهداری رطوبت ذاتی در سیستم (رطوبت آرد) یا آب فرمولاسیون و عدم فشردگی بافت بر افزایش حجم اثر مثبت دارند [۳۴] که عملکرد مثبت امولسیفایر منوگلیسرید در سطح ۰/۵ درصد بر افزایش حجم مخصوص شیرینی بدون گلوتن گواهی بر این امر است. از سوی دیگر نتایج پژوهش حاضر نشان داد حجم شیرینی‌های بدون گلوتن حاوی سطوح ۱ درصد امولسیفایر منوگلیسرید (بالاترین سطح مصرف) نسبت به نمونه‌های حاوی سطح میانی (سطح ۰/۵ درصد) دچار کاهش حجم شده است. از بعد ساختاری مواد فعال سطحی به عنوان ترکیبات آمفی‌فیل از گروه‌های هیدروفوبیک که نقش دنباله و گروه‌های هیدروفیلیک که نقش سر را در زنجیره هیدروکربنی امولسیفایر ایفا می‌کند، تشکیل شده است. وجود این طبیعت دوگانه در ساختار زنجیره‌ای این ترکیبات خصوصیات منحصر به فردی به

آن می‌دهد. هر چه زنجیره هیدروکربنی امولسیفایر بلندتر باشد تمایل به جذب در سطح مشترک بیشتر می‌شود که این امر در کاهش کشش سطحی موثر است [۳۵]. افزودن امولسیفایرها در فراورده‌های پخت بر پایه شورتینگ‌ها (نظیر نمونه شیرینی‌های بدون گلوتن تولیدی در این پژوهش) موجب تأثیرگذاری بر ویسکوزیته خمیر می‌شود. این تأثیرگذاری در نتیجه کاهش کشش سطحی شورتینگ به عنوان جزء ساختاردهنده در سیستم ماست. از این رو افزایش سطح امولسیفایر در سیستم با کاهش کشش سطحی به بیش از مقادیر بهینه موجب کاهش قوام خمیر و متعاقب آن تضعیف ساختار و کاهش در حجم نمونه‌ها در مرحله پخت می‌شود که نتایج پژوهش حاضر گواهی بر این امر است. آرمولو همکاران (۲۰۲۲) از بیوامولسیفایر و بیوسورفاکتانت تولید شده از شیر تخمیر شده بومی (پندیدام) در فرمول خمیر نان شیرمال استفاده کردند. نتایج این محققان نشان داد ویسکوزیته خمیر و سختی فراورده نهایی به طور قابل توجهی کاهش یافت که این امر در ایجاد بافت پیوسته‌تر نان و افزایش حجم نمونه‌های تولیدی در مقایسه با نمونه شاهد مؤثر بود [۳۶]. یانان و همکاران (۲۰۲۰) از امولسیفایرهای لسیتین سویا، سدیم استئارات و 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 [۳۷].

۳-۴- بافت

جدول ۲ نشان‌دهنده سفتی بافت نمونه شیرینی‌های بدون گلوتن است. نتایج این بخش نشان داد نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد کینوا و ۰/۵ درصد امولسیفایر مونوگلیسرید از کمترین و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد کینوا (فاقد امولسیفایر مونوگلیسرید) از بیشترین سفتی بافت برخوردار بودند. جان و همکاران (۲۰۱۸) از آرد کینوا در فرمولاسیون کلوچه بدون گلوتن استفاده نمودند. نتایج این محققان نشان داد کاربرد آرد کینوا در سطوح کمتر از ۵۰ درصد منجر به بهبود بافت نمونه‌های تولیدی شد. این پژوهشگران گزارش کردند حضور آرد کینوا در فرمول کلوچه بدون گلوتن پخش‌پذیری شکر و روغن در فرمولاسیون را افزایش داد و به موجب آن سفتی

بافت کاهش یافت [۳۸]. میلووانوئیکو همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند در نتیجه جایگزینی آرد گندم با کینوا میزان پروتئین، فیبر خام و مقدار روغن نسبت به نمونه شاهد (نان با ۱۰۰ درصد آرد گندم) افزایش یافت. این امر سبب شد در سطوح بیش از ۵۰ درصد جایگزینی افزایش خطی سختی مغز نان و استحکام آن مشاهده شود [۳۹]. از سوی دیگر نتایج پژوهش حاضر عملکرد مثبت امولسیفایر مونوگلیسرید بر بهبود بافت را نشان داد. ترکیبات فعال در سطح نظیر امولسیفایرها علاوه بر قابلیت در قرارگیری در فصل مشترک ۲ فاز غیرقابل انترج و بهبود خصوصیات ساختاری با ایجاد برهم‌کنش با ترکیبات حاضر در ماتریکس غذایی موجب ایجاد خصوصیات عملگرایی می‌گردد. پارامتر سفتی به عنوان اصلی‌ترین شاخص بافت به عنوان معیاری از ماتریکس ساختاری شناخته می‌شود. همانطور که در بخش‌های پیشین اشاره شد، حضور امولسیفایر مونوگلیسرید در فرمولاسیون شیرینی بدون گلوتن موجب حفظ رطوبت فراورده پس از فرآیند پخت نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد امولسیفایر مونوگلیسرید) شد. حفظ رطوبت در ساختار با کاهش فشردگی میان ذرات باعث بهبود خصوصیات بافتی و کاهش سفتی فراورده می‌شود. از سوی دیگر برهم‌کنش میان نشاسته و امولسیفایر در بهبود خصوصیات بافتی فراورده‌های پخت نقش قابل توجهی دارد [۴۰]. گرانول‌های نشاسته از جزء آمیلو پکتین و آمیلوز در ساختاری کریستالی در فرم β شکل گرفته است. در صورت اعمال حرارت مشخصی بر ساختار نشاسته، با شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی درون گرانولی، ساختار به فرم کریستالی آلفا تغییر می‌کند. ماهیت کریستالی نشاسته یکی از تعیین‌کننده‌ترین پارامترهای بافتی در فراورده‌های پخت است. سفت شدن تدریجی سیستم‌های نشاسته‌ای در اثر سرد شدن به صورت آبی و پس از فرآیند حرارتی صورت می‌پذیرد. این تغییر ماهیت در ساختار به جزء آمیلوزی نشاسته مرتبط است. در اثر حرارت ساختار آمیلوز به ساختار ماریچی (هلیکس) تغییر می‌کند. در حضور امولسیفایرها در سیستم حاوی ترکیبات نشاسته‌ای، کمپلکس نشاسته-امولسیفایر با قرارگیری زنجیره هیدروکربنی در ساختار ماریچ آمیلوز تشکیل می‌شود. کمپلکس‌های شکل گرفته با ایجاد ممانعت فضایی منجر به عدم شکل‌گیری اتصالات میان ساختاری و در نتیجه توسعه سفتی در فراورده پخت می‌گردد [۴۱].

۳-۵- رنگ و تغییرات آن

جدول ۳ نشان‌دهنده رنگ نمونه شیرینی‌های بدون گلوتن است. نتایج این بخش نشان داد با افزایش آرد کینوا و امولسیفایر منوگلیسرید میزان مؤلفه رنگی L^* و b^* نمونه‌های تولیدی کاهش و میزان مؤلفه رنگی a^* شیرینی‌های بدون گلوتن افزایش یافت. به عبارتی حضور آرد کینوا و امولسیفایر منوگلیسرید در فرمولاسیون نمونه‌های تولیدی منجر به تیره شدن رنگ گردید. نتایج این پژوهش با نتایج برخی از پژوهشگران مشابهت دارد. موواد و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی اثر جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا در بیسکوئیت تیرگی رنگ را گزارش کردند. این محققان علت تیره شدن رنگ را تفاوت رنگ آردهای مصرفی و از طرفی افزایش سطح پروتئین و اسیدهای آمینه فرمولاسیون به دلیل سطح بالاتر این ترکیبات در آرد کینوا در مقایسه با آرد گندم و شرکت نمودن آن‌ها در واکنش قهوه‌ای شدن دانستند [۱۶]. لاروسا و همکاران (۲۰۱۷) با جایگزینی آرد سمولینا با آرد کینوا تیره‌تر شدن رنگ ماکارونی را مشاهده نمودند. این محققان تفاوت در رنگدانه‌های آرد، افزایش خاکستر و حضور ترکیبات فنولی بر افزایش رنگ نمونه‌های تولیدی مؤثر دانستند [۴۲]. وانگ و

همکاران (۲۰۱۵) از مخلوط آرد کینوا و آرد گندم برای تولید بیسکوئیت، نان و نان‌بخارپز چینی استفاده نمودند. نتایج این محققان نشان داد که با افزایش درصد آرد کینوا تیرگی (کاهش مؤلفه رنگی L^*) و قرمز رنگ (مؤلفه رنگی a^*) را گزارش کردند [۴۳]. تغییر در رنگ نمونه‌های شیرینی بدون با افزایش سطح امولسیفایر منوگلیسرید در سیستم را می‌توان به تأثیرگذاری آن بر روی پروتئین‌های آرد نخود و کینوا مرتبط دانست. پروتئین‌ها به عنوان ساختارهایی آمفی‌فیل (حضور همزمان گروه‌های آبدوست و آبگریز در زنجیره) شناخته می‌شوند. امولسیفایرها از قسمت آبگریز زنجیره قابلیت ایجاد برهم‌کنش‌های هیدروفوب با بخش آبگریز زنجیره پروتئین را دارند. با گسترش برهم‌کنش‌های آبگریز در زنجیره، ساختار پروتئین دچار دناتوراسیون و تغییر ساختار کنفورماسیونی می‌شود [۴۴]. دناتوراسیون پروتئین در حضور امولسیفایرها موجب افزایش سطح ساختار و دسترس پذیری بالاتر آمینواسیدها در زنجیره پروتئین می‌گردد. از این رو در نتیجه حضور قند در فرمولاسیون، واکنش قهوه‌ای شدن مایلارد با نرخ بالاتری رخ می‌دهد که این امر باعث افزایش تیرگی نمونه‌ها می‌شود.

Table 3 The effect of quinoa and monoglyceride emulsifier on color of gluten-free cookie.

Treatments	Quinoa Flour (%)	Emulsifier (%)	L^*	a^*	b^*	$E\Delta$
1	0	0	70.25±0.14 ^a	5.84±0.43 ^h	36.55±1.31 ^a	0.00±0.00 ^h
2	0	0.5	69.62±0.25 ^a	6.22±0.23 ^h	37.05±0.27 ^a	1.30±0.74 ^h
3	0	1	65.72±0.27 ^b	7.24±0.17 ^{fg}	37.15±0.01 ^a	4.87±0.11 ^g
4	25	0	61.67±0.15 ^c	7.81±0.12 ^{ef}	33.62±0.04 ^{bc}	9.33±0.04 ^f
5	25	0.5	61.03±0.32 ^c	8.16±0.01 ^{def}	33.81±0.23 ^b	9.93±0.23 ^f
6	25	1	57.15±0.79 ^d	5.59±0.52 ^{cde}	32.63±0.04 ^{bcd}	13.98±0.78 ^e
7	50	0	56.56±1.91 ^d	9.31±0.49 ^{bcd}	31.48±0.15 ^{def}	15.02±2.03 ^e
8	50	0.5	55.81±0.31 ^d	9.35±0.11 ^{bcd}	31.61±0.23 ^{cde}	15.67±0.13 ^e
9	50	1	52.41±0.46 ^e	9.54±0.19 ^{bc}	30.89±0.33 ^{def}	19.09±0.22 ^d
10	75	0	51.45±0.46 ^{efg}	10.49±0.11 ^{ab}	30.59±0.11 ^{defg}	20.75±0.30 ^{bcd}
11	75	0.5	52.11±0.56 ^{ef}	10.10±0.55 ^{ab}	29.91±0.49 ^{efgh}	19.79±0.34 ^{cd}
12	75	1	50.70±0.49 ^{efg}	10.26±0.21 ^{ab}	29.46±0.06 ^{igh}	21.36±0.60 ^{bcd}
13	100	0	49.82±1.03 ^{efg}	10.94±0.47 ^a	28.71±0.33 ^{gh}	22.49±0.93 ^{bc}
14	100	0.5	48.66±0.23 ^g	11.15±0.60 ^a	28.26±0.42 ^h	23.28±0.95 ^b
15	100	1	48.87±0.22 ^g	11.07±0.00 ^a	28.05±0.52 ^h	28.13±0.99 ^a

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

می‌توان آرد کینوا تا سطح ۵۰ درصد را جهت تولید شیرینی معرفی نمود که البته لازم به ذکر است نمونه‌های حاوی ۲۵ درصد آرد کینوا از ویژگی‌های حسی مطلوب‌تر و کیفیت بالاتری برخوردار بود. همچنین نتایج این بخش به وضوح گویای عملکرد مثبت امولسیفایر بر ویژگی‌های کیفی شیرینی بدون گلوتن بود که اثر مثبت سطح ۰/۵ درصد از این افزودنی

۳-۶- ویژگی‌های حسی

جدول ۳ نشان‌دهنده ویژگی‌های حسی نمونه شیرینی‌های بدون گلوتن است. براساس ارزیابی حسی و نتایج بدست آمده از پارامترهای بررسی شده (فرم و شکل، سطح، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن و بو و مزه) و در نهایت پذیرش کلی

نتیجه دست یافتند که افزایش مصرف آرد کینوا در فرمول نان اثر بر حجم مخصوص نداشت. این در حالی بود که نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد کینوا از بافت نرم‌تر و ویژگی‌های حسی مطلوب‌تری برخوردار بود [۳۳]. آدریانا و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی اثر استفاده آرد کینوا در کلوچه بدون گلوتن پرداختند. در این تحقیق نسبت آرد برنج به کینوا ۹۰-۱۰، ۷۵-۲۵ و ۵۵-۴۵ بود. نتایج حاکی از آن بود با افزایش بیش از ۱۰ درصد آرد کینوا در فرمولاسیون از امتیاز ویژگی‌های حسی و در مجموع امتیاز پذیرش کلی کاسته شد. بنابراین نمونه حاوی ۹۰ درصد آرد برنج و ۱۰ درصد آرد کینوا به عنوان بهترین نمونه این پژوهش معرفی شد [۴۵].

بیشتر از سطح ۱ درصد بود. در نهایت این بخش گویای برتری نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد کینوا و ۰/۵ درصد امولسیفایر مونوگلیسرید در مقایسه با سایر نمونه‌ها بود. در این راستا نتایج مشابهی در زمینه افزودن آرد کینوا به فرمولاسیون فراورده های پخت از جمله دسته بدون گلوتن موجود است. نسلپهاو همکاران (۲۰۱۸) به بررسی اثر استفاده از آرد کینوا در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش آرد کینوا در فرمولاسیون نرمی بافت کیک افزایش یافت و نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد کینوا از بهترین ویژگی‌های حسی به خصوص به لحاظ عطر و مزه و پذیرش کلی برخوردار بود [۳۲]. تورکاتو همکاران (۲۰۱۶) با مطالعه در زمینه غنی‌سازی نان بدون گلوتن حاوی آرد کینوا به این

Table 4 The effect of quinoa and monoglyceride emulsifier on sensory properties of gluten-free cookie.

Treatments	Quinoa Flour (%)	Emulsifier (%)	Sensory properties		
			Form & Shape	Surface	Texture
1	0	0	3.60±0.52 ^{bc}	3.30±0.67 ^{bcd}	3.40±1.07 ^{ab}
2	0	0.5	4.20±0.79 ^{ab}	4.00±0.47 ^{ab}	4.30±1.05 ^a
3	0	1	3.30±0.48 ^{bcd}	3.50±0.52 ^{abcd}	3.90±1.19 ^{ab}
4	25	0	4.10±0.74 ^{ab}	3.90±0.87 ^{ab}	4.30±0.81 ^a
5	25	0.5	4.80±0.42 ^a	4.50±0.52 ^a	4.50±0.53 ^a
6	25	1	3.70±0.67 ^{bc}	3.50±0.97 ^{abcd}	3.60±0.69 ^{ab}
7	50	0	3.50±0.52 ^{bc}	3.60±0.52 ^{abc}	3.40±0.52 ^{ab}
8	50	0.5	3.90±0.93 ^{abc}	4.00±0.81 ^{ab}	3.80±0.79 ^{ab}
9	50	1	4.20±0.63 ^{ab}	3.40±0.52 ^{bcd}	3.30±0.67 ^{ab}
10	75	0	2.90±0.57 ^{cd}	2.70±0.67 ^{cd}	3.30±0.67 ^{ab}
11	75	0.5	3.60±0.84 ^{bc}	3.30±0.67 ^{bcd}	3.60±0.84 ^{ab}
12	75	1	3.60±0.84 ^{bc}	3.40±0.84 ^{bcd}	3.40±0.96 ^{ab}
13	100	0	2.40±0.51 ^d	2.50±0.53 ^d	3.10±0.66 ^b
14	100	0.5	2.90±0.57 ^{cd}	3.00±0.71 ^{bcd}	3.50±0.53 ^{ab}
15	100	1	3.60±0.84 ^{bc}	3.20±0.42 ^{bcd}	3.20±0.57 ^b

Treatments	Quinoa Flour (%)	Emulsifier (%)	Sensory properties		
			Chewiness	Odor&Taste	overall acceptance
1	0	0	3.40±0.96 ^{bcd}	4.10±0.74 ^{abc}	3.59±0.38 ^{bcd}
2	0	0.5	4.20±0.92 ^{ab}	4.30±0.82 ^a	4.16±0.39 ^{ab}
3	0	1	3.90±0.71 ^{ab}	4.00±0.82 ^{abcd}	3.69±0.55 ^{bcd}
4	25	0	4.10±0.60 ^{ab}	3.90±0.99 ^{abcde}	4.01±0.46 ^{abc}
5	25	0.5	4.60±0.52 ^a	4.20±0.83 ^{ab}	4.54±0.38 ^a
6	25	1	3.90±0.74 ^{ab}	4.00±0.82 ^{abcd}	3.76±0.49 ^{bcd}
7	50	0	3.70±0.95 ^{abc}	3.60±0.96 ^{abcde}	3.46±0.49 ^{bcd}
8	50	0.5	4.10±0.74 ^{ab}	3.40±0.96 ^{abcde}	3.77±0.61 ^{bcd}
9	50	1	3.30±0.48 ^{bcd}	3.30±0.82 ^{abcde}	3.40±0.33 ^{cde}
10	75	0	2.70±0.82 ^{cd}	3.00±0.81 ^{bcd}	2.91±0.44 ^{ef}
11	75	0.5	3.30±0.48 ^{bcd}	3.20±0.63 ^{abcde}	3.27±0.36 ^{def}
12	75	1	3.40±0.69 ^{bcd}	2.80±0.78 ^{de}	3.30±0.57 ^{def}
13	100	0	2.50±0.71 ^d	2.70±0.67 ^e	2.60±0.34 ^f
14	100	0.5	3.30±0.67 ^{bcd}	2.90±0.56 ^{cde}	3.08±0.44 ^{def}
15	100	1	3.20±0.63 ^{bcd}	2.80±0.79 ^{de}	3.20±0.53 ^{def}

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

- of Food Measurement and Characterization, 15:2264–2274.
- [2] Demir, M. K., Kutlu, G. and Yilmaz, M. T. (2017). Steady, dynamic and structural deformation (three interval thixotropy test) characteristics of gluten - free Tarhana soup prepared with different concentrations of quinoa flour. *Journal of texture studies*, 48(2): 95-102.
- [3] Montazemi, R. (2011). *the art of cooking*. Publishing Iran book, volume 2, page 779. (In Persian).
- [4] 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.
- [5] Ronda, F., Oliete, B., Gómez, M., Caballero, P. A., and Pando, V. (2011). Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. *Journal of Food Engineering*, 102(3), 272-277.
- [6] Park, S. and Morita, N. (2015). Dough and bread making properties of wheat flour substituted by 10% with germinated quinoa flour. *Food science and technology international*, 11(6): 471-476.
- [7] Sabbaghi, H., Ziaifar, A., Kashaninejad, M. (2018). Fractional conversion modeling of color changes in apple during simultaneous dry-blanching and dehydration process using intermittent infrared irradiation. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 14(2), 383-397. doi: 10.22067/iftstrj.v0i0.62293.
- [8] Jing, A., Torsten, W., Gary, C., Sushil, D., Mark, S. T., Jason, R. S. and Michael, J. G. (2018). Anti-staling of high-moisture starchy food: Effect of hydrocolloids, emulsifiers and enzymes on mechanics of steamed-rice cakes. *Food hydrocolloid*, doi: 10.1016/j.foodhyd.2018.05.028.
- [9] Nascimento, A. B., Fiates, G. M. R., dos Anjos, A., and Teixeira, E. (2013). Analysis of ingredient lists of commercially available gluten-free and gluten-containing food products using the text mining technique. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64(2): 217-222.
- [10] Turabi, E., Sumnu, G., and Sahin, S. (2010). Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in

لورنو همکاران (۲۰۲۲) از امولسیفایر منو و در گلیسرید در فرمولاسیون نان استفاده کردند. نتایج این محققان حاکی از افزایش حجم و بهبود بافت، قابلیت جویدن و رنگ نمونه‌های تولیدی بود [۴۵]. یانن و همکاران (۲۰۲۰) با کاربرد امولسیفایر منوگلیسرید در نان بخاربز بر پایه آرد سیب زمینی گزارش کردند نمونه‌های حاوی امولسیفایر از طریق تقویت شبکه شبه گلوآنی و استحکام بخشیدن به قوام خمیر نان بر ویژگی‌های تکنولوژیک و حسی از جمله فرم و شکل و بافت مؤثر بودند [۳۷]. ژانت و همکاران (۲۰۱۲) براساس نتایج مطالعه خود عملکرد مثبت امولسیفایر منوگلیسرید را بر بهبود ویژگی‌های حسی نان بدون گلوآن از جمله رنگ، سفتی و نرمی بافت و قابلیت جویدن گزارش کردند [۴۱]. جینگ و همکاران (۲۰۱۸) حضور امولسیفایر منوگلیسرید را عاملی مثبت بر ویژگی‌های حسی کیک برنجی دانستند [۸]. نکته قابل توجه آنست که این محققان بیان کردند این امولسیفایر در فرآورده‌های نانویی با حداقل میزان رطوبت عملکرد بهتری بر بافت و ویژگی‌های حسی دارد که همانطور که پیش‌تر اشاره شد فرمولاسیون نمونه‌های شیرینی بدون گلوآن تولید شده در این پژوهش فاقد آب بودند و یکی از دلایل انتخاب امولسیفایر منوگلیسرید همین امر بود.

۴- نتیجه گیری

براساس بررسی‌های انجام شده در این پژوهش می‌توان نمونه حاوی ۲۵ یا ۵۰ درصد آرد کینوا و ۰/۵ درصد امولسیفایر منوگلیسرید را به عنوان برترین شیرینی بدون گلوآن در این تحقیق معرفی کرد. زیرا این نمونه‌ها ضمن ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی مطلوب، حاوی مخلوط آرد نخودچی و کینوا هستند. یکی از اهداف این پژوهش تولید فرآورده‌ای بدون گلوآن با محتوای پروتئینی بالا و جبران نقص اسیدهای آمینه غلات و حبوبات بود که از طریق اختلاط این دو آرد تا حدود زیادی برطرف می‌گردد که البته نیاز به بررسی‌های تغذیه‌ای دقیق‌تری دارد.

۵- منابع

- [1] Aprodu, I. and Banu, I. (2021). Effect of starch and dairy proteins on the gluten free bread formulation based on quinoa. *Journal*

- rice flour. *Journal of Food Science and Technology*, 90(16): 15-25.
- [21] Saricoban, C. and Yilmaz, M. T. (2010). Modelling the effects of processing factors on the changes in colour parameters of cooked meatballs using response surface methodology. *World Applied Sciences Journal*, 9(1), 14-22.
- [22] Yaseen, 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.
- [23] Karimi Abdolmaleki, N. (2016). The effect of heat treatment of chickpea flour on the quality characteristics of gluten-free cake based on rice flour. Master thesis of Food Science and Industry, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan University.
- [24] Gularte, M. A., de la Hera, E., Gómez, M., and Rosell, C. M. (2012). Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. *LWT-Food Science and Technology*, 48(2), 209-214.
- [25] Abugoch, J. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, (58): 1-31.
- [26] Abbasi Monfared, A., Zarghar, M. and Abedini Naeini, M. (2018). Replacing of pea and Lentil seed-flour Instead of chicken meat in 55% semi-vegetarian cocktail formulation. *Journal of Research Iranian Food Science and Technology*, 8(3): 213-224.
- [27] Birghei, M., Bagheri, H. and Motamedi, A. (2014). Replacing of pea and lentil seedflour in chicken sausage and investigation of physicochemical and sensorial properties of this product, *Journal of Research Iranian Food Science and Technology*, 4(4): 315-324.
- [28] Jancurova, M. Minarovicova, L. and Dandar, A. (2009). Quinoa- a review. *Czech Journal of food Science*, (27): 71-79.
- [29] Iglesias-Puig, E., Monedero, V. and Haros, M. (2015). Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. *LWT-Food Science and Technology*. 60(1): 71-77.
- [30] Jeffery, R. Kurt, A. R., Charles, O., Mukti, S., Lorena, M., Pera, J. and Maria, B. O. 2015. Influence of quinoa roasting on different ovens. *Food Hydrocolloids*, 24(8): 755-762.
- [11] Berghofer, E. and Schoenlechner, R. (2010). Pseudocereals—an overview. Department of Food Science and Technology, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna-Austria. 1-5.
- [12] 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 of gluten-free pan bread containing pre-gelatinization simple corn flour with microeave Carpathain *Journal of Food Science and Technology*.
- [13] Nowak, V., Du, J. and Charrondière, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food chemistry*. 193: 47-54.
- [14] 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.
- [15] Khalilian Movahhed, M., Mohebbi, M., Koocheki, A. and Milani, E. (2016). The effect of different emulsifiers on the eggless cake properties containing WPC. *Journal of Food Science and Technology*, doi: 10/1007/s13197-016-2373-y.
- [16] 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.
- [17] Julian, A. L. T. Eduardo, R. S. and Jose, U. S. V. (2015). The influence of different emulsifiers on physical and textural characteristics of gluten-free cheese bread. *Journal of Texture Studies*, 46: 227-239.
- [18] James, L.E.A., (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in food and Nutrition Research*. 58:1-31.
- [19] AACC. (2000). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- [20] Nasehi, B. and Asgharipour, S. (2019). Investigating the effect of adding date palm kernel flour on gluten-free cookie based on

- antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole Indian quinoa flour, *LWT- Food Science and Technology*, 93: 573-582.
- [39] 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.
- [40] Garcia, M. C. and Franco, C. M. L. (2015). Effect of glycerol monostearate on the gelatinization behavior of maize starches with different amylose contents. *Starch-Stärke*, 67(1-2), pp.107-116 .
- [41] Jeanette, K. P., Malin, E. S. and Ann-Charlotte, E. (2012). The anti-staling effect of pre-gelatinized flour and emulsifier in gluten-free bread. *Eur Food Res Technol*, 235:265–276.
- [42] 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.
- [43] Wang, S., Opasathavorn, A. and Zhu, F. (2015). Influence of Quinoa Flour on Quality Characteristics of Cookie, Bread and Chinese Steamed Bread. *Journal of Texture Studies*, 46(4): 281-292.
- [44] Jelińska, A., Zagożdżon, A., Górecki, M., Wisniewska, A., Frelek, J. and Holyst, R. (2017). Denaturation of proteins by surfactants studied by the Taylor dispersion analysis. *PLoS One*, 12(4), p.e0175838.
- [45] 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.
- [46] 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.
- sensory and physicochemical properties of allergen-free, gluten-free cakes. *International Journal of Food Science and Technology*, 50: 1873–1881 .
- [31] Gertz, C. (2004). Optimising the baking and frying process using oil-improving agents. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(11), pp.736-745.
- [32] 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.
- [33] Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S. and Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 69: 174-181.
- [34] Ghiyafeh Davoodi, M., Sahraiyani, B., Naghipour, F., Karimi, M. and Sheikholeslami, Z. (2014). The effect of the selected emulsifiers (E471, DATEM and SYTREM) and final fermentation time on reduction of staling and improvement of physical properties of Barbari bread using composite wheat- potato flour. *Journal of Food Science and Technology*, 42(11): 81-93.
- [35] Myers, D. (2020). *Surfactant science and technology*. John Wiley & Sons.
- [36] Armelle, N. F., Augustin, M., Nadege, D. N., Richard, M. N. and Hippolyte, T. M. (2022). Improvement of the texture and dough stability of milk bread using bioemulsifiers/biosurfactants produced by lactobacilli isolate from an indigenous fermented milk (pendidam). *LWT*, 163(15): 113609 .
- [37] 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 hyperlipidemia and modulate gut microbiota. *Biological Macromolecules* .
- [38] Jan, K. N., Pansesar, P. S. and Sukhacharn, S. (2018). Optimization of



Evaluation of the effect of quinoa flour and monoglyceride emulsifier on physicochemical and sensory properties of gluten-free cookie

Alavi, M.¹, Mehraban Sangatash, M.^{2*}, Sahraiyani, B.²

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

Article History:

Received 2022/ 11/ 16
Accepted 2022/ 12/ 21

Keywords:

Quinoa,
Chickpea,
Gluten-free,
Emulsifier,
Texture.

DOI: 10.22034/FSCT.19.132.223

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.132.17.0

*Corresponding Author E-Mail:
mehraban@acecr.ac.ir

ABSTRACT

The purpose of this research is to investigate the replacement of different levels of chickpea flour (0, 25, 50, 75 and 100%) with quinoa flour and the addition of monoglyceride emulsifier at levels of 0, 0.5 and 1% to the formulation of gluten-free cookies. In this research, the amount of ash, protein, moisture, specific volume, firmness and sensory properties (form and shape, surface, texture, chewiness, odor and taste, and overall acceptance) of the samples were evaluated. The results showed that the moisture, ash and fat content of quinoa flour was higher and its protein content was lower than chickpea flour. By increasing the level of replacing chickpea with quinoa flour in the formulation of gluten-free cookies, the amount of moisture and ash was increased and the amount of protein was decreased. The sample containing 25% quinoa flour and 0.5% monoglyceride emulsifier had the highest specific volume (0.98 ml/g) and the lowest firmness (31.37 N). The presence of quinoa flour and the increase of its level in the formulation showed L* value decreased and a* value increased. The sensory evaluation showed the sample containing 25% quinoa flour (without emulsifier) and the sample containing 25% quinoa flour and 0.5% monoglyceride emulsifier had better than other samples. It should be noted that the samples containing 50% quinoa flour in the presence of 0.5% monoglyceride emulsifier were of high quality and quantity, and the overall acceptance score and physicochemical characteristics of these samples were favorable. Therefore, samples containing 25 or 50% quinoa flour and 0.5% monoglyceride emulsifier are introduced as the best samples of gluten-free cookies in this research.