مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال نوزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳، صفحات ۱۱۲-۱۰۳

تولید وافل رژیمی با استفاده از آرد جو دوسر و شیرین کننده مانیتول

زینب عجم [۱]، حجت کاراژیان [۲]

۱-گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تربت حیدریه، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران

۲- نویسنده مسئول: گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تربت حیدریه، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران. پست الکترونیکی: Hojjat_karazhiyan@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۲۶

چکیده

سابقه و هدف: یکی از راه‌های کاهش کالری جایگزین کردن ساکارز با شیرین کننده‌های مختلف و آرد گندم با آردهای حاوی فیبر بیشتر است. هدف از این پژوهش بررسی امکان تولید وافل رژیمی با قند مانیتول و آرد جو دوسر است.

مواد و روش‌ها: آرد جودوسر در سه سطح (۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد) و مانیتول در دو سطح (۲۰ و ۴۰ درصد) بر پایه طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل دو عامله استفاده شد. ویژگی‌های کیفی وافل شامل وزن مخصوص، رطوبت، بافت، قندکل، مؤلفه‌های رنگی و خصوصیات حسی ارزیابی شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که جایگزینی مانیتول با شکر و آردجو دوسر با آرد گندم سبب افزایش رطوبت و کاهش aw شد. با افزایش درصد آرد جو دوسر وزن مخصوص وافل‌ها افزایش یافت، اما استفاده از قند مانیتول وزن مخصوص را کاهش داد. جایگزینی ساکارز با قند مانیتول سبب افزایش نرمی وافل شد و آرد جودوسر تا سطح ۴۰٪ منجر به بهبود در بافت وافل شد. استفاده از آرد جودوسر و قند مانیتول سبب کاهش درصد قند کل نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد شد ($p<۰/۰۵$). نتایج رنگ سنجی نشان داد که افزایش آرد جودوسر سبب کاهش شاخص‌های L* و a* شد و شاخص b* را افزایش داد، اما قند مانیتول سبب افزایش شاخص‌های L* و b* شد اما بر شاخص a* اثر معنی‌داری نداشت. بررسی خصوصیات حسی نشان داد که نمونه حاوی ۲۰٪ آردجو دوسر و ۴۰٪ قند مانیتول مشابه نمونه شاهد بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این پژوهش، امکان جایگزینی ۴۰ درصد از آرد گندم با آرد جو دوسر و ۴۰ درصد قند مانیتول با شکر در تولید وافل جهت بهبود کیفیت و کاهش میزان قند توصیه می‌گردد.

واژگان کلیدی: آرد جو دوسر، بافت، قندکل، مانیتول، وافل

پیام‌های اصلی

- امروزه وافل به‌عنوان یکی از مهمترین فرآورده‌های آردی رواج و محبوبیت زیادی پیدا کرده‌است، اما میزان بالای شکر در نتیجه کالری بالا آن باعث محدودیت بین افراد با بیماری زمینه‌ای شده است.
- جایگزینی بخشی از آرد گندم با آرد جودوسر و قندمانیتول با ساکارز در تولید وافل باعث بهبود کیفیت و کالری کمتر وافل شد.

• مقدمه

وافل‌ها محصولات پخته شده‌ای هستند که اساسا از آرد و شکر و تخم مرغ تهیه می‌شوند و بافت نرم و تردی دارند. به علت سهولت و سرعت بالای تهیه، مصرف آسان و تنوع آن رواج زیادی دارد. وافل دارای انواع مختلفی است و برای تولید آن از گندم‌های ضعیف و با گلوتن کم استفاده می‌شود (۱). وافل و سایر محصولات پخت شیرین مقادیر بالایی از قند و چربی دارند (۲)، برای کاهش میزان کالری آن می‌توان بخشی از آرد را با آرد کامل غلات مختلف جایگزین کرد و یا از شیرین کننده‌های مصنوعی و جایگزین‌های چربی استفاده نمود.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.103]

جو دوسر (یولاف) *(Avena sativa* L.) منبعی غنی از پروتئین، فیبر محلول و مواد شیمیایی گیاهی فعال زیستی از جمله بتا گلوکان و ترکیبات فنولیک است (۳). سطح زیر کشت جودوسر در ایران ۵ تن دانه در هکتار می‌باشد (۴). پروتئین جو دوسر به‌دلیل محتوای بالای آن (۱۵-۲۰ گرم در ۱۰۰ گرم) و داشتن تمام اسیدهای آمینه ضروری نگاه قابل توجهی را به خود جلب کرده‌است (۵، ۴). این غله دارای مقدار زیادی فیبر رژیمی (بویژه فیبر محلول شامل بتا گلوکان) است (۶). جودوسر دارای آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بوده که می تواند سبب کاهش خطر ابتلا به سرطان و بیماری های قلبی گردد و منبع بسیار خوبی برای کربوهیدرات‌های مختلف، ویتامین‌های گروه B و موادمعدنی است (۷). اخیراً گنجاندن جودوسر در بسیاری از محصولات نانوایی مانند نان و بیسکوییت رایج شده است (۹، ۸). جایگزینی آرد گندم با جودوسر منجر به کاهش پروتئین‌های گلوتن گندم می‌شود (۹).

امروزه استفاده از پلی‌ال‌ها با منشأ طبیعی در بسیاری از کشورها مورد استقبال قرار گرفته است. جذب قندهای الکلی (پلی‌ال‌ها) در بدن ناقص بوده و به واسطه این متابولیسم ناقص و تجزیه تخمیری، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و گاز در بدن تولید می‌شود که نتیجه آن تولید انرژی کمتر است (۱۰). قندهای الکلی به علت جذب آرام، سبب افزایش سریع گلوکز خون نشده، لذا می‌توان از آنها در فرمولاسیون محصولات پخت استفاده نمود. از مهمترین شیرین کننده‌های پلی‌ال می‌توان به سوربیتول، مانیتول، زایلیتول، اریتریتول، لاکتیتول و مالتیتول اشاره کرد (۱۱، ۱۰). محققین مختلف تأثیر جایگزینی شکر بر روی محصولات پخت را با شیرین کننده‌های رژیمی مطالعه کرده‌اند (۱۳، ۱۲). مانیتول با احیاء از یک قند (مانوز) به دست می‌آید، شیرینی مانیتول ۵۵-۴۰ درصد ساکارز است (۱۴). به عنوان ماده‌ای با مزه شیرین و بافت دهنده استفاده می‌شود. تمایل به کریستال شدن قندها را کاهش می‌دهد و به همین دلیل برای افزایش ماندگاری مواد غذایی استفاده می‌شود (۱۵). فاقعی شهربابکی و همکاران (۱۶) جایگزینی ۲۵٪ مالتیتول را در تولید کیک رژیمی وPourmohammadi و همکاران (۱۷) استفاده از قندالکل‌ها را در بیسکوییت رژیمی پیشنهاد دادند.

این پژوهش با هدف جایگزینی آرد گندم با آرد جودوسر و شکر با قند مانیتول، به منظور کاهش قند، افزایش ارزش تغذیه‌ای و بهبود کیفیت وافل انجام شد.

• مواد و روش‌ها

مواد

آردگندم نول ازکارخانه رضوی و آرد جو دوسر از اداره غله استان خراسان رضوی تهیه و مشخصات آن براساس روش استاندارد تعیین شد (۱۸). سایر موارد شامل شکر سفید، روغن مایع، تخم مرغ، بکینگ پودر، پودر وانیل از فروشگاه عرضه کننده مواداولیه قنادی درسطح شهر مشهد خریداری شدند. قند مانیتول از شرکت مرک آلمان (مشخصات، رطوبت ۰/۲ درصد، خاکستر ۰/۰۱ درصد و pH معادل ۷ – ۵) خریداری شد. مانیتول به صورت پودری سفید رنگ، محلول در آب بود و از نظر خصوصیات میکروبی سالمونلا و کلی فرم منفی بود.

روش تهیه وافل

مواد خمیر وافل حاوی آرد ۱۰۰ گرم، بیکینگ پودر ۰/۱ گرم، شکر ۵۰ گرم، تخم‌مرغ ۵۰ گرم، روغن ۲۵ گرم، شیر (پگاه، مشهد) ۵۰ گرم و وانیل ۰/۰۱ گرم توزین شدند. تهیه وافل طبق روش اکرامیان و همکاران (۱۹) انجام شد. بدین منظور، ابتدا تخم‌مرغ‌ها با شکر با استفاده از یک هم‌زن برقی (Moulinex 150W 727) ساخت فرانسه تا زمانی که کرم رنگ شده و پف کنند هم‌زده شد، شیر و روغن مایع به آن اضافه و در پایان، آرد، وانیل، بیکینگ پودر با دور کند به مدت ۶ دقیقه مخلوط شدند. هنگامی که مواد آماده شد، مقداری از آن را بر روی قالب وافل پز ریخته پس از گذشت ۴ دقیقه که رنگ وافل‌ها طلایی شدند، از دستگاه خارج شدند. پس از سرد شدن، نمونه‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلنی تا زمان انجام آزمون‌ها، بسته‌بندی و در دمای محیط (۲۵ درجه سلسیوس) نگهداری شدند.

خصوصیات فیزیکوشیمیایی خمیر

وزن مخصوص خمیر وافل با استفاده از روش Ashwini و همکاران اندازه گیری شد (۱۴). pH خمیر، توسط pH متر مدل ۶۹۱ Metrohm ساخت کشور سوییس اندازه گیری شد.

خصوصیات فیزیکوشیمیایی وافل

رطوبت وافل مطابق استاندارد AACC (۱۸) تعیین گردید. اندازه‌گیری میزان فعالیت آبی با استفاده از دستگاه واتر اکتیویتی‌متر Novasina ms1-aw, Axair Ltd (ساخت کشور سوئیس)، در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و ۲ ساعت بعد از پخت نهایی انجام شد. درصد قند کل با استفاده از روش لین - آینون و مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۵۳ اندازه گیری شد. پروتئین نمونه‌های وافل با روش ۱۲-۴۶ اندازه گیری شد (۱۸).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.103]

بافت سنجی

با استفاده از دستگاه بافت سنج (مدل CNS Farnell, QTS، انگلستان) و پروب استوانه ای با قطر ۱۰ میلی‌متر استفاده شد. نیروی لازم برای سوراخ کردن وافل به‌عنوان سفتی محاسبه شد. سرعت پروب در طی آزمون ۳۰ میلی متر در دقیقه و نقطهٔ شروع N ۰/۵ بود (۱۹).

ارزیابی خصوصیات حسی

خصوصیات حسی نمونه شامل رنگ پوسته، رنگ مغز، مزه، بو، بافت (سفت بودن، خمیری بودن) و پذیرش کلی توسط ۲۰ ارزیاب (بین سن ۳۰ تا ۴۲ سال و به نسبت برابر از زن و مرد) دوره دیده به روش امتیاز دهی هدونیک ۵ نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. امتیازها بین ۱ (ضعیف) تا ۵ (خیلی خوب) در نظر گرفته می شود (۱۹).

رنگ وافل

آنالیز رنگ وافل از طریق ارزیابی۳ شاخص L*،a*،b* صورت پذیرفت. برای انجام آزمون رنگ جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی متر از وافل تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل HP Scanjet G3010، چین) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد، سپس تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد، پارامترΔEبا استفاده از معادله $\Delta E=\sqrt{(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2}$ محاسبه گردید (۱۹).

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تعیین بهترین فرمولاسیون در جایگزینی آرد گندم با آرد جودوسر در سه سطح (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰٪) و قند مانیتول در سطوح (۰، ۲۰ و ۴۰٪) جایگزین شکر با استفاده از طرح کامل تصادفی در قالب فاکتوریل دو عامله انجام شد. تمامی آزمایشات در سه تکرار صورت گرفت برای بررسی نتایج و تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش از نرم افزار spss نسخه ۲۰ آنالیز واریانس و مقایسه میانگین دانکن استفاده شد. مقایسه میانگین ها در سطح $p<0/05$ انجام شد، ومنحنی ها توسط نرم افزار Excell ۲۰۱۹ ترسیم گردید.

• یافته‌ها

در جدول ۱ خصوصیات اندازه‌گیری شده برای آرد گندم و آرد جو دوسر نشان داده شده است. نمونه آرد جو دوسر پروتئین، چربی، خاکستر و فیبر بیشتری در مقایسه با آرد گندم داشت. میزان رطوبت بین آرد جو دوسر و آرد گندم تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>0/05$).

خصوصیات فیزیکوشیمیایی وافل

با افزایش سطح جایگزینی آرد جو دوسر وزن مخصوص نمونه‌های وافل افزایش یافت (جدول ۲)، اما در تیمارهایی که مقدار آرد ثابت و مقدار مانیتول تغییر کرد، مقدار وزن مخصوص وافل‌ها کمتر شد، به طوری که بیشترین وزن مخصوص در نمونه حاوی ۶۰٪ درصد آرد جودوسر و ۲۰٪ مانیتول بود، کمترین میزان نیز در نمونه شاهد و نمونه حاوی آرد جودوسر در سطح ۲۰٪ و مانیتول در سطح ۴۰٪ بدون تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($P> 0/05$).

جدول ۱. مشخصات فیزیکوشیمیایی آرد گندم و جودوسر

نمونه‌های آرد	پروتئین	چربی	رطوبت	خاکستر	فیبر
آرد گندم	۹/۱۸ ab	۱/۷۳b	۱۲/۳a	۰/۶۸b	۱/۳۸ b
آرد جودوسر	۱۰/۲۵a	۵/۳۸a	۱۱/۹ a	۲/۱۵ a	۸/۶۷a

*اعداد میانگین سه تکرار هستند

* میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارد.

جدول۲. تأثیر غلظت‌های مختلف آردجودوسر و قندمانیتول برویژگی‌های فیزیکوشیمیایی وافل

نمونه‌های وافل	pH	وزن مخصوص (سانتیمترمکعب/گرم)	سفتی (نیوتن)	رطوبت(٪)	فعالیت آبی
شاهد	۶/۳۶±۰/۳a	۲۲۰/۱۵±۲/۱۶g	۱۸/۴۵±۲/۳۴bc	۷/۷۲±۰/۵۷c	۰/۷۱±۰/۰۳a
آردجو ۲۰٪ و مانیتول ۲۰٪	۶/۳۵±۰/۲a	۲۴۰/۲۴±۲/۳۳e	۱۵/۵۸±۲/۶۷d	۸/۰۸±۰/۴۸c	۰/۶۸۹±۰/۰۱ab
آردجو ۲۰٪ و مانیتول ۴۰٪	۶/۳۶±۰/۲a	۲۳۲/۴۵±۳/۰۸f	۱۰/۵۵±۱/۸۳e	۸/۹۱±۱/۰۶c	۰/۶۷۵±۰/۰۱b
آردجو ۴۰٪ و مانیتول ۲۰٪	۶/۳۶±۰/۲a	۲۴۵/۶۶±۲/۲۷c	۱۹/۳۷±۲/۵۴b	۱۰/۸۹±۱/۱۵b	۰/۶۴۱±۰/۰۲c
آردجو ۴۰٪ و مانیتول ۴۰٪	۶/۳۵±۰/۳ab	۲۳۹/۳۵±۲/۰۳d	۱۷/۳۱±۲/۴۲c	۱۱/۹۹±۱/۶۷a	۰/۶۲۵±۰/۰۴d
آردجو ۶۰٪ و مانیتول ۲۰٪	۶/۳۵±۰/۱a	۲۶۲/۷۶±۳/۰۵a	۲۲/۳۷±۲/۹۴a	۸/۶۸±۱/۴۷c	۰/۷۰±۰/۰۵a
آردجو ۶۰٪ و مانیتول ۴۰٪	۶/۳۵±۰/۱a	۲۵۷/۱۵±۲/۵۱b	۲۱/۰۸±۲/۷۲ab	۹/۱۵±۱/۹۷bc	۰/۶۹±۰/۰۶ab

* میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.103]

میزان رطوبت و فعالیت‌آبی وافل

تحلیل واریانس حاکی از معنی‌دار بودن اثر جایگزینی شکر با مانیتول و آرد گندم با آرد جو دوسر در فرمولاسیون وافل بر محتوای فعالیت‌آبی و میزان رطوبت محصول نهایی بود ($p< ۰/۰۵$). همان طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد با افزایش غلظت مانیتول و آرد جو دوسر میزان آب آزاد کاهش و میزان رطوبت بافت محصول افزایش یافت. بیشترین میزان آب آزاد و میزان رطوبت در نمونه حاوی ۴۰٪ درصد مانیتول و ۴۰٪ آرد جو دوسر مشاهده شد.

اگرچه لازم به ذکر است با افزایش میزان جایگزینی آرد جودوسر درسطح ۶۰٪ میزان رطوبت نسبت به سطح ۲۰ و ۴۰ درصد کاهش داشت، بطوری که بیشترین میزان رطوبت در نمونه حاوی ۴۰٪ آرد جودوسر و ۴۰٪ قند مانیتول مشاهده شد و کمترین میزان در نمونه شاهد و نمونه حاوی ۶۰٪ آرد جودوسر و ۲۰٪ مانیتول بدون تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($p>۰/۰۵$).

بررسی میزان سفتی بافت وافل

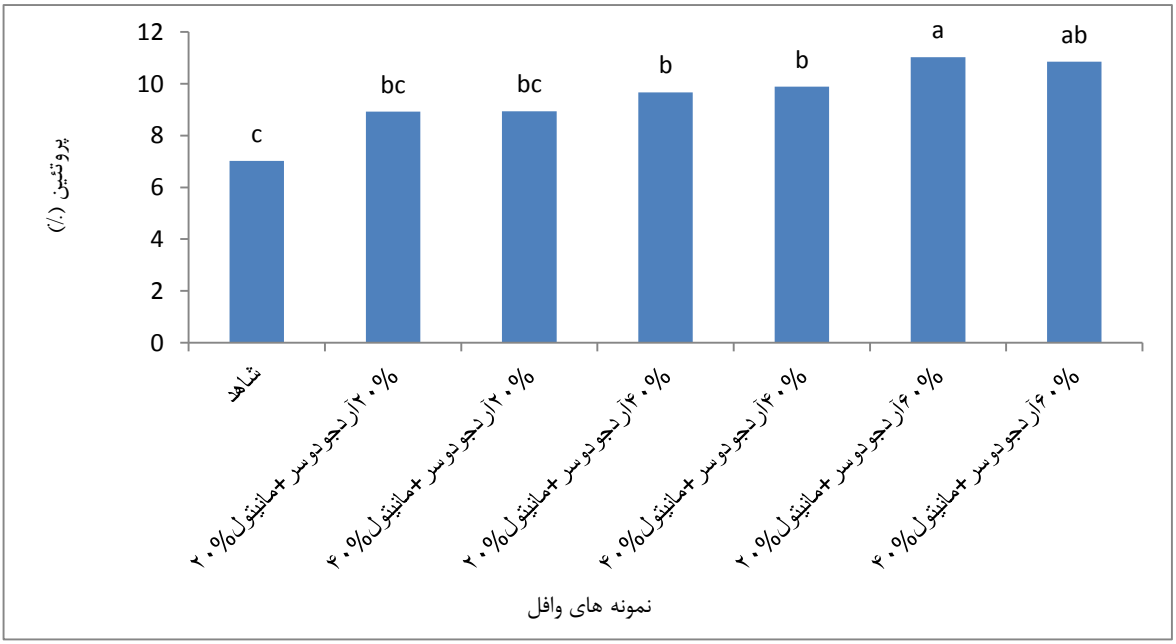
تحلیل واریانس پارامتر سختی، اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای مختلف حاوی آرد جو دوسر و مانیتول و تیمار شاهد نشان داد ($p < ۰/۰۵$). به طوری که در نمونه‌های ۲۰ و ۴۰ درصد جایگزینی آرد جو دوسر و ۲۰ و ۴۰ درصد مانیتول میزان سفتی کاهش پیدا کرد، اما جایگزینی تا سطح ۶۰٪ سبب افزایش سفتی وافل شد. بیشترین سفتی در نمونه حاوی ۶۰٪ آردجوی دوسر و ۲۰٪ مانیتول مشاهده شد و کمترین سفتی در نمونه حاوی ۲۰٪ آردجو دوسر و ۴۰٪ مانیتول بدون اختلاف معنی‌داری بدست آمد ($p> ۰/۰۵$).

میزان پروتئین وافل

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، جایگزینی مانیتول و افزایش غلظت آن تفاوت معنی‌داری بر میزان پروتئین وافل‌ها ایجاد نکرد ($p>۰/۰۵$). کمترین میزان پروتئین در نمونه شاهد و بیشترین میزان پروتئین در نمونه تهیه شده با ۶۰٪ آردجودوسر و ۲۰٪ مانیتول و ۴۰٪ مانیتول بدون تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($p>۰/۰۵$). استفاده از آرد جودوسر و افزایش میزان آن در نمونه‌های وافل سبب افزایش محتوای پروتئین در مقایسه با نمونه شاهد (۱۰۰درصد آرد گندم) گردید.

میزان قندکل وافل

تحلیل واریانس در نمودار ۲ نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری بین میزان قندکل تمامی تیمارها با تیمار شاهد وجود دارد ($p< ۰/۰۵$). همان طور که انتظار می‌رفت با افزایش درصد جایگزینی آرد جو دوسر بجای آرد گندم و قند مانیتول بجای ساکارز در فرمولاسیون وافل میزان قند کل وافل‌ها کاهش یافت ($p<۰/۰۵$)، به‌طوریکه بیشترین درصد قند از نظر کمی مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان در نمونه حاوی ۶۰٪ آرد جو دوسر و ۴۰٪ مانیتول مشاهده شد، میزان کاهش قند در این نمونه ۴۶/۸۳٪ بود. از آنجایی که آرد جو دوسر غنی از فیبر و شیرین کننده مانیتول به عنوان شیرین کننده کم کالری معرفی شده است بنابراین کاهش درصد قند کل منطقی و توجیه‌پذیر است.

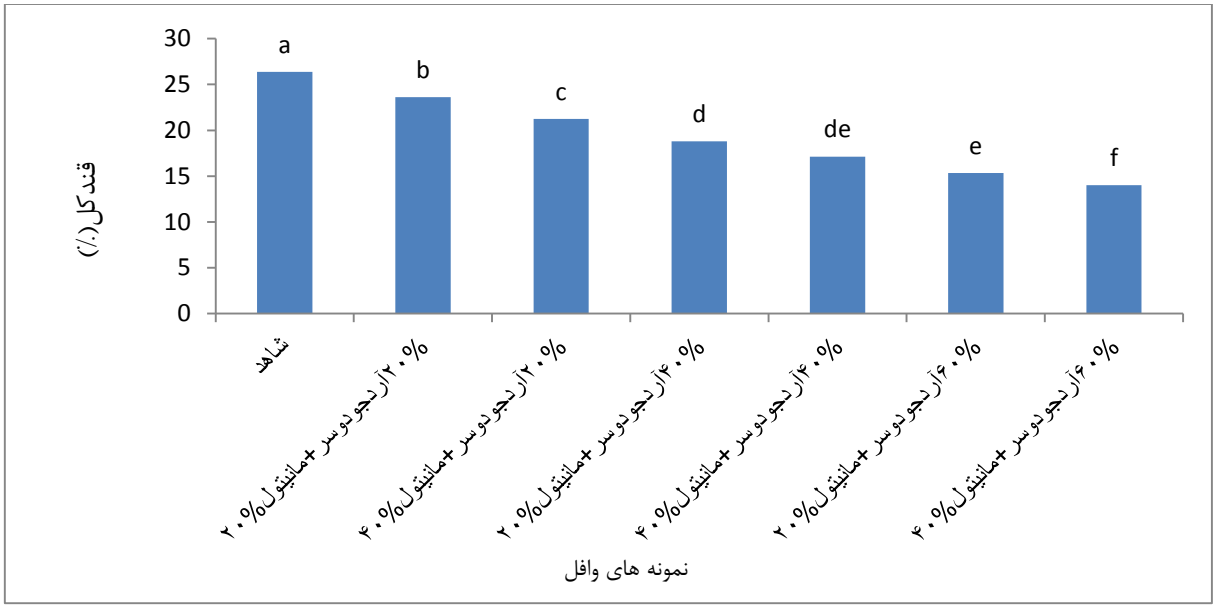


شکل ۱. میزان پروتئین وافل

*میانگین های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.103]



شکل ۲. میزان قندکل وافل

*میانگین های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارد.

مؤلفه‌های رنگی وافل (L*، a* و b*)

نتایج جدول ۳ نشان داد که جایگزینی آرد گندم با آرد جودوسر سبب کاهش روشنایی وافل شد، اما در نمونه‌هایی که میزان آرد ثابت و قند مانیتول افزایش پیدا کرد، میزان روشنایی بیشتر شد، بطوری که بیشترین روشنایی در نمونه شاهد و در نمونه حاوی ۲۰٪ آرد جودوسر و ۴۰٪ قند مانیتول بدست آمد، کمترین روشنایی نیز در نمونه حاوی ۶۰٪ آرد جودوسر و ۲۰٪ قند مانیتول مشاهده شد. جایگزینی آرد گندم با آرد جودوسر و قند مانیتول سبب افزایش شاخص b* وافل شد. جایگزینی آرد گندم با آرد جودوسر سبب افزایش شاخص a* وافل شد، بطوری که نمونه‌های حاوی ۶۰٪ آرد جو دوسر و ۲۰ و ۴۰ درصد قند مانیتول بدون تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($p>0/05$). این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از قند مانیتول تفاوت معنی‌داری بر شاخص a* نداشت، اما استفاده از آرد جو دوسر سبب افزایش این شاخص گردید. ایجاد رنگ محصولات پخت به میزان قند و پروتئین موجود در آرد خام بستگی دارد، وافل‌های حاوی آردجو دوسر رنگ تیره تر و شاخص b* بیشتر داشتند و با افزایش جایگزینی روشنایی کاهش بیشتر و شاخص b* بیشتر شد، بطوریکه بیشترین میزان b* و کمترین روشنایی در نمونه حاوی ۶۰٪ آرد جو دوسر و ۲۰٪ مانیتول و نمونه حاوی ۶۰٪ آرد جو دوسر و ۴۰٪ مانیتول بدون تفاوت معنی‌داری ($p > 0/05$) مشاهده شد. آرد جو تیره‌تر از آرد گندم کامل و در مخلوط وافل‌های گندم با آرد جو دوسر روشنی (L*) و زردی (b*) کاهش یافت اما قرمزی (a*) با افزایش میزان آرد جو دوسر در مخلوط افزایش یافت.

ارزیابی حسی نمونه‌های وافل

بررسی خصوصیات حسی وافل نشان داد که استفاده از آرد جو دوسر تا سطح ۴۰٪ تغییری در ویژگی رنگ، مزه، بافت، بو و پذیرش کلی با نمونه شاهد ایجاد نکرد، اما افزایش آرد جو دوسر تا سطح ۶۰٪ باعث کاهش تمامی خصوصیات حسی گردید. مطابق با نتایج بدست آمده از بافت سنجی، ارزیابی حسی بافت نیز نشان داد تا سطح ۴۰٪ جایگزینی با آردجودوسر بافت وافل از نظر ارزیابان قابل قبول بود. بررسی نتایج رنگ و ظاهر نشان داد که امتیاز رنگ وافل درسطح ۲۰٪ آردجو دوسر و ۲۰٪ قند مانیتول بالاترین امتیاز را داشت، اما جایگزینی تا سطح ۴۰٪ آرد جو دوسر و ۲۰٪ قند مانیتول نیز تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت. بررسی نتایج حسی آروما و مزه نشان داد افزایش غلظت مانیتول تفاوت معنی‌داری بر آروما و مزه نداشت، فقط در سطوح بالای آرد جو دوسر ۶۰٪ درصد افزایش قند مانیتول نیز سبب کاهش امتیاز آروما و مزه گردید. افزایش بیشتر آرد جو دوسر سبب کاهش پذیرش کلی وافل شد ($p<0/05$)، باتوجه به نتایج بدست آمده می توان بیان کرد تولید وافل با ۴۰٪ آرد جو دوسر و ۴۰٪ قند مانیتول از نظر خصوصیات حسی قابل پذیرش است.

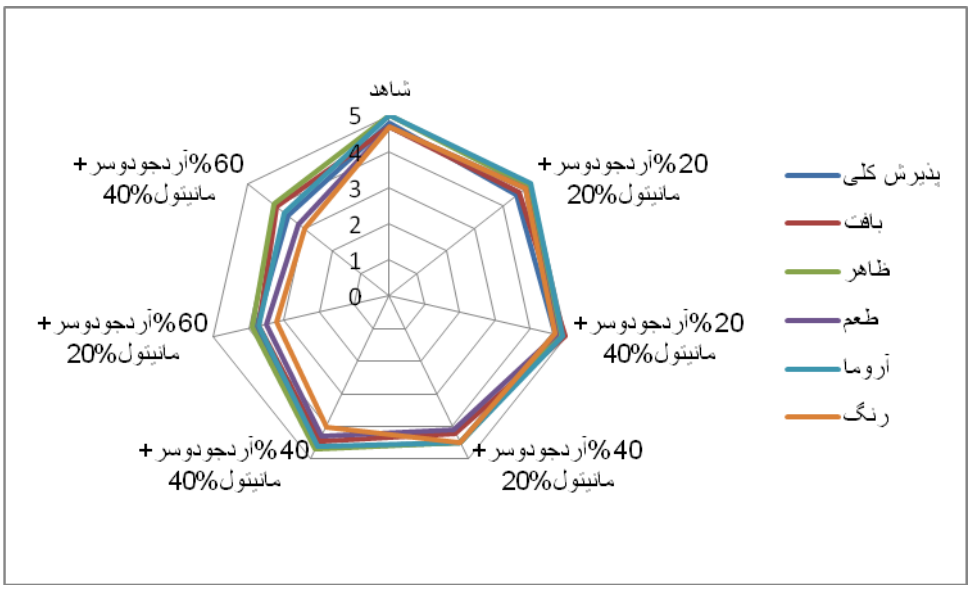
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.103]

جدول ۳. مؤلفه‌های رنگی وافل

نمونه‌های وافل	L*	a*	b*	ΔE
شاهد	۶۳/۴۶±۱/۳۲^{a}	۳/۹۱±۰/۵۶^{c}	۱۸/۶۴±۱/۰۵ ^{cd}	۶۶/۲۵±۱/۴۲^{a}
آردجو ۲۰٪ و مانیتول ۲۰٪	۶۰/۳۷±۱/۵۲^{b}	۴/۹۸±۰/۸۱^{b}	۱۹/۹۱±۱/۲۳^{c}	۶۶/۷۳±۱/۳۹ ^{a}
آردجو ۲۰٪ و مانیتول ۴۰٪	۶۲/۲۱±۱/۴۷^{ab}	۴/۱۲±۰/۷۹^{bc}	۲۰/۸۶±۰/۹۸^{c}	۶۵/۷۴±۱/۵۳^{ab}
آردجو ۴۰٪ و مانیتول ۲۰٪	۵۷/۵۹±۱/۷۲ ^{c}	۵/۲۴±۰/۶۴^{ab}	۲۲/۶۹±۱/۷۳^{b}	۶۲/۱۲±۱/۰۴^{b}
آردجو ۴۰٪ و مانیتول ۴۰٪	۵۹/۳۶±۱/۲۷^{b}	۵/۰۵±۰/۳۹^{ab}	۲۳/۱۷ ±۱/۱۲^{b}	۶۳/۹۲±۱/۱۲^{b}
آردجو ۶۰٪ و مانیتول ۲۰٪	^{d}۱/۲۸±۵۴/۵۸	۶/۱۱±۰/۹۴^{a}	۲۴/۱۹±۲/۰۳^{a}	۶۲/۰۱±۱/۰۹^{b}
آردجو ۶۰٪ و مانیتول ۴۰٪	^{c}۱/۷۹±۵۶/۷۳	۵/۸۳±۰/۷۹^{a}	۲۵/۵۷±۲/۲۰^{a}	۶۲/۴۶±۱/۰۵^{b}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارد.



نمودار ۳. نمودار تار عنکبوتی اثر آرد جودوسر و قندمانیتول خصوصیات حسی وافل

*میانگین های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح 5 درصد اختلاف معنی‌دار ندارد.

• بحث

آرد جو دوسر پروتئین، چربی، خاکستر و فیبر بیشتری در مقایسه با آرد گندم داشت. Aly و همکاران (۸) گزارش کردند تفاوت معنی‌داری بین رطوبت آرد گندم با آرد جو نبود. دیگر محققین نیز تایید کردند که میزان فیبر خام، پروتئین، چربی و خاکستر آرد جو دو سر و آرد جو کامل بیشتر از آرد گندم بود (۲۰، ۸). نتایج به‌دست آمده با نتایج پژوهش‌های دیگر مطابقت داشت (۲۲، ۲۱). این محققین بیان کردند آرد جو دوسر منبع خوبی از فیبر رژیمی و خاکستر است که برای تهیه محصولات پخت با فیبر بالا مناسب است.

pH فرآورده‌های قنادی نظیر کیک و وافل از جنبه فسادپذیری محصول دارای اهمیت است. طبق استاندارد ملی شماره ۲۵۵۳، میزان pH محصولات قنادی باید در محدوده ۶ تا ۷ باشد تا شرایط مناسبی به لحاظ فسادپذیری ایجاد نشود. همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد میزان pH بین ۶/۲۷ تا ۶/۳۹ بود. در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است جایگزینی شکر با مخلوط شیرین کننده‌ها (ایزومالت و مالتو دکسترین) بر pH نمونه‌های بیسکویت و کیک تفاوت معنی‌داری نداشتند (۲۳، ۱۸). کاهش یا افزایش میزان دانسیته به عواملی نظیر ترکیب و ساختار مولکولی، وزن مولکولی، نوع پیوندهای مولکولی و نوع ترکیب ماده غذایی بستگی دارد. کاهش وزن مخصوص با استفاده از مانیتول را می‌توان به کمتر بودن وزن مولکولی مانیتول (۱۸۲/۱۷۲ g/mol) نسبت به ساکارز (۳۴۲g/mol) نسبت داد. Abo-Zaid و همکاران (۲۱) نشان دادند که بیشترین وزن مخصوص در نمونه حاوی ۱۰۰٪ آرد جو دوسر (۳۶۰ گرم) به نمونه کیک شیفون در مقایسه با کیک شاهد (۳۴۲/۶ گرم) بود. با بیشترشدن آرد جو دوسر در نمونه‌های کیک، مولکول‌ها به‌هم چسبیده و هم‌گرا می‌شوند که منجر به افزایش وزن می‌شود. بیسکویت‌های حاوی آرد جو دوسر به دلیل محتوای بالای فیبر غذایی در جودوسر، به ویژه β-گلوکان، قابلیت جذب آب بیشتری دارند (۲۲)، درنتیجه سبب افزایش وزن بیسکویت شدند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-04]
[DOI: 10.61186/nsft.19.4.103]

عوامل مختلفی در ثبات رشد میکروبی نقش دارند که aw (میزان آب آزاد) و رطوبت در میان سایر متغیرها، رایج‌ترین عوامل مورد نیاز جهت ثبات میکروبی مواد غذایی به شمار می‌روند. کاهش میزانaw سبب کاهش میزان آب قابل دسترس میکرارگانیسم‌ها شده که در نتیجه آن رشد میکروبی به تأخیر افتاده و زمان ماندگاری محصول افزایش می‌یابد. ترکیبات جاذب الرطوبه، موادی هستند که با جذب رطوبت مواد غذایی سبب کاهش aw، حفظ آب در بافت محصول و در نتیجه کاهش رشد میکروبی و افزایش زمان ماندگاری محصول خواهند شد (۱۷). وافل حاوی ۶۰ درصد آردجو دوسر میزان رطوبت کمتری داشت که می‌تواند به‌دلیل کاهش میزان گلوتن باشد که سبب کاهش توانایی وافل در حفظ رطوبت شده است. این نتایج با پژوهش دیگر محققان مطابقت داشت. Aly و همکاران (۸) گزارش کردند که جایگزینی آرد جوکامل باعث افزایش معنی‌داری در رطوبت شد. استفاده از آرد جو دوسر منجر به افزایش احتباس رطوبت در بیسکویت ها در طول پخت شد (۲۴، ۲۳). برخی تحقیقات نشان داده است که قند الکل‌ها به دلیل داشتن گروه‌های هیدروکسیل از طریق پیوند هیدورژنی باعث افزایش جذب آب در ساختمان محصول هستند (۲۴، ۲۱).

وافل ترکیبی است که نیاز به میزان کم گلوتن (آرد ضعیف) دارد، بنابراین جایگزنی با آرد جو دوسر تا سطح ۴۰٪ تأثیر منفی بر سفتی وافل نداشت. بیشتر شدن سفتی با جایگزینی آرد جو دوسر در سطح ۶۰٪ به‌دلیل کاهش زیاد گلوتن در ساختار وافل است که توانایی حفظ و نگهداری رطوبت کاهش یافته و نرمی بافت وافل کاهش می‌یابد. به عبارتی سفتی بافت وافل تا حدود زیادی به قابلیت باند کردن آب با استفاده از ترکیبات جاذب‌الرطوبه و از دست دادن آن در طول پخت و همین‌طور به برهمکنش این قندها با نشاسته که می‌تواند بر رتروگراداسیون نشاسته موثر باشد، وابسته است. کاهش سفتی وافل تا سطح ۴۰٪ می‌تواند به‌دلیل محتوای فیبر بالاتر در آرد جو دوسر و همچنین خاصیت امولسیون کنندگی آن باشد (۱۹). کاهش سفتی محصولات پخت با استفاده از آرد جو دوسر در پژوهش‌های دیگر نیز تایید شده است (۲۶، ۲۵). حضور قند الکل‌ها به جای ساکارز، بافت نرمتری ایجاد می‌کند که دلیل ایجاد چنین بافتی افزایش ظرفیت اتصال با آب در اثر افزودن ترکیبات با گروه‌های عاملی زیاد می‌باشد و برهم کنش این قندها با نشاسته، که می‌تواند بر رتروگراداسیون اجزا نشاسته، به ویژه آمیلوپکتین در طول نگهداری وافل مؤثر باشد، قرار می‌گیرد (۲۷). موسوی کلجاهی و بابایی صدر (۲۳) بیان کردند که با افزایش غلظت مخلوط ایزومالت-مالتودکسترین در فرمولاسیون کیک، بافت نمونه‌ها به طور معنی‌داری نرمتر شده است.

تفاوت در مقادیر کمی پروتئین محصولات پخت بستگی مستقیم به مقدار ازت، مقادیر اسیدهای آمینه و نوع فرمولاسیون مصرفی دارد (۲۸). قند مانیتول فاقد پروتئین است در نتیجه همان طور که انتظار می‌رفت جایگزینی شکر با مانیتول تفاوت معنی‌داری بر میزان پروتئین نداشت. پورمحمدی و همکاران (۱۷) و ناصری منفرد (۲۹) گزارش کردند جایگزینی شکر با قند الکل در محصولات پخت کوکی و کیک تفاوت معنی‌داری در میزان پروتئین نمونه‌ها ایجاد نمی‌کند. نتایج این پژوهش با پژوهش Wang و همکاران (۲۲) و Sahin و همکاران (۳۰) نیز مطابقت دارد.

استفاده از آرد جو دوسر و قند مانیتول سبب کاهش میزان قندکل گردید. در این راستا Abo-Zaid و همکاران (۲۱) نشان دادند که استفاده از ۷۵٪ آرد جو دوسر و ۱۰۰ درصد اریتریتول در مافین سبب کاهش اندیس گلایسمیک شد، Cairano و همکاران (۳۱) نشان دادند استفاده از نشاسته مقاوم و مالتیتول در بیسکویت بدون گلوتن سبب کاهش میزان قند و در نتیجه کاهش اندیس گلایسمیک آن شد. بیسکویت‌هایی با مقدار آرد جو دوسر نسبت به بیسکویت هایی که با آرد گندم تهیه شده، دارای اندیس گلایسمیک کمتر بودند، که نشان دهنده زمان هضم طولانی‌تر بیسکوییت حاوی آردجو و در نتیجه تولید آهسته‌تر کربوهیدرات‌های ساده در شرایط آزمایشگاهی بودند (۲۲).

در تمام فرمول‌های استفاده از آردجو دوسر رنگ وافل تیره تر شد و قرمزی (مقادیرa) در نتیجه افزودن آرد جو نسبت به نمونه شاهد (۱۰۰٪ گندم کامل) افزایش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد که جایگزینی مانیتول و با افزایش غلظت آن میزان روشنایی افزایش نشان داد. قهوه‌ای شدن رنگ پوسته وافل به دلیل واکنش مایلارد (برهمکنش میان قندهای احیاکننده و گروه آمینی پروتئین‌ها) و کاراملیزاسیون ساکارز است، که ناشی از قرار گرفتن در معرض درجه حرارت‌های بالای پخت می‌باشد. از آنجایی که مانیتول فاقد گروه‌های کربونیل آزاد هستند، لذا در واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی شرکت نمی‌کند و بنابراین رنگ پوسته روشن‌تر خواهد شد. اما آرد جو دوسر مقدار پروتئین بشتری دارد بنابراین به میزان بیشتری در واکنش مایلارد شرکت کرده در نتیجه با افزایش میزان جایگزینی آرد جودوسر میزان روشنایی و شاخص*b کاهش نشان داد. Wang و همکاران (۲۱) نتایج مشابهی از کاهش روشنایی و افزایش شاخص *b با استفاده از آرد جو دوسر در بیسکویت نشان دادند. در تحقیقی دیگر نشان داده شد که استفاده از آرد جو دوسر سبب کاهش روشنی (L*) و زردی (b*) و افزایش قرمزی(a*) نمونه‌های بیسکوئیت شد (۲۰). در

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.103]

مطالعات مختلف گزارش شده است که محصولات نانوایی مکمل شده با پلی‌ال‌ها رنگ روشن‌تری نسبت به محصولات نانوایی حاوی ساکارز دارند (۲۸، ۱۷). در نتایج سایر محققین استفاده از آرد جودوسر تاسطح ۵۰ درصد جایگزین آرد گندم در بیسکوئیت مورد پذیرش مصرف کنندگان بود (۳۲، ۲۰). Roze, و همکاران (۳۳) Pourmohammadi و همکاران (۱۷) نشان دادند که جایگزینی قند الکل تا سطح ۳۰ درصد در فرمول بیسکوئیت قابل قبول بود.

نتیجه گیری

با بررسی نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که استفاده از آرد جو دوسر و قند مانیتول به‌عنوان جایگزین‌های کم کالری، طبیعی و با ارزش غذایی بالا در وافل به‌عنوان یک میان وعده پرطرفدار باعث بهبود خواص فیزیکوشیمیایی و بافتی شده‌است. بررسی نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از آرد جو دوسر و قند مانیتول سبب کاهش چشمگیر قند کل و افزایش محتوای پروتئین وافل شده‌است در نتیجه مصرف این محصولات را برای بیماران دیابتی و افرادیکه تمایل به مصرف محصولات پخت با ارزش غذایی بیشتر و کالری کمتر پیشنهاد می‌گردد.

• References

1.Tiefenbacher K. Handbook of wafer technology.In House handbook for Franz Haas Waffel- und Keksanlagen-Industrie GmbH, Leobendorf. Austria 2009; 1-33.

2.Aggarwal D, Sabikhi L, & Kumar MS. Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy–multigrain approach, NFS journal, 2016;*2*: 1-7

3. Flander L, Salmenkallio-Marttila M, Suortti, T, & Autio K. Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality. LWT-Food Science and Technology. 2007; *40*(5): 860–870. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.05.004.

4. De La Hera E, Oliete B, & Gómez M. Batter characteristics and quality of cakes made with wheat-oats flour blends. Journal of Food Quality 2013; *36*(2): 146-153.

5. Esfandi R, Willmore WG, & Tsopmo A. Peptidomic analysis of hydrolyzed oat bran proteins, and their in vitro antioxidant and metal chelating properties. Food Chemistry. 2019; *279*: 49–57. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.110

6. Lukinac J, & Jukić M. Barley in the production of cereal-based products. Plants. 2022;11(24): 3519

7. Baba SA, & Malik SA. Determination of total phenolic and flavonoid content, antimicrobial and antioxidant activity of a root extract of Arisaema jacquemontii Blume. J. Taibah Univ. Sci 2015; *9*(4): 449–454. https://doi.org/10.1016/j. jtusci.2014.11.001

8. Sergiacomo A, Bresciani A, Gallio F, Varetto P, and Marti A. "Sprouted Oats (Avena sativa L.) in Baked Goods: From the Rheological Properties of Dough to the Physical Properties of Biscuits." Food and Bioprocess Technology. 2024; 1-12.

9. Ivanišová E, ˇCech M, Hozlár P, Zaguła G, Gumul D, Grygorieva O, Makowska A,

Kowalczewski PŁ. Nutritional, Antioxidant and Sensory Characteristics of Bread Enriched with Wholemeal Flour from Slovakian Black Oat Varieties. Appl. Sci. 2023; 13, 4485.

10. Ghandehari Yazdi AM, Hojjatoleslamy J, Keramat M, Jahadi and E. Amani. The Evaluation of saccharose replacing by adding stevioside-maltodextrin mixture on the physicochemical and sensory properties of Naanberenji (an Iranian confectionary). Food science & nutrition. 2017; 5(4): 845-851.

11. Wang J, Kim YM, Rhee HS, Lee MW, Park JM. Bioethanol production from mannitol by a newly isolated bacterium, *Enterobacter* sp. JMP3. Bioresour Technol. 2013; 135:199–206

12. A.A. Kulthe, V.D. Pawar, P.M. Kotecha, U.D. Chavan, V.V. Bansode, Development of high protein and low calorie cookies, J. Food Sci. Technol. 2014; 51: 153–157.

13. Gupta E, Purwar Sh, Sundaram Sh. & Rai GK. Nutritional and therapeutic values of Stevia rebaudiana: A review. Journal of Medicinal Plants Research. 2013; 7(46): 3343-3353.

14. Sharma P, Gujral Hardeep S. Cookie making behavior of wheat- barley flour blends and effects on antioxidant properties. LWT—Food Sci. Technol. 2014; 55 (1): 301–307. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.08.019.

15.Shariati MA, Majeed MA, Mahmood MU, Khan M, Fazel and Pigorev I. Effect of sorbitol on dough rheology and quality of sugar replaced cookies. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2018; 12(1): 50-56.

16. Faghei shahrbabaki M, Shahab Lavasani A, Zand N. The optimization of dietic cake using different concentrations Farsi gum and Maltitol sweetener. JFST. 2021; 113(18): 10.52547/fsct.18.04.20

17. Pourmohammadi K, Najafi MB, Majzoobi M, Koocheki A, & Farahnak, A. Evalution Of Dough Rheology And Quality Of Sugar-Free Biscuits: Isomalt, Maltodextrin, And Stevia. Carpathian Journal of Food Science & Technology 2017;*9*(4).

18. AACC. Approved Method of the AACC. 2000. 10th ed., American Association of Cereal Chemists, INC. st., Paul, Minnesota, USA.

19. Ekramian H, Saedi Asl M, Karimi M, Sheikholeslami Z, & Pedram Nia A. Comparison the effect of fruits extract with fungal protease on waffle quality. Journal of Food Science and Technology. 2021; *58*(12): 4766-4774

20. Zaki H, & Hussien A. Chemical, rheological and sensory properties of wheat-oat flour composite cakes and biscuits. Journal of Productivity and Development. 2018;*23*(2): 287-306

21 Abo-Zaid EM. Impact of using oat flour and erythritol on characteristics and glycemic index of chiffon cakes and study the effect of erythritol on cavity-causing bacteria. New Valley Journal of Agricultural Science. 2023; *3*(7): 656-664.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.103]

22. Wang A, Zhu Y, Zou L, Zhao G, & Wu J. Development of protein-enriched biscuit based on oat-milk byproduct fortified with chickpea flour. LWT. 2023; *177*: 114594.

23. Mousavi Kalajahi SE, Babaie Sadr A. Investigating replacement of sucrose with a mixture of isomalt and maltodextrin on physicochemical, rheological and organoleptic properties of low-calorie oily cake. JFST 2020; 17(107).

24. Echeverria L, da Silva C, Danesi EDG, Porciuncula BDA, & Barros BCB. Characterization of okara and rice bran and their application as fat substitutes in chicken nugget formulations. LWT–Food Science and Technology 2022; *161*, 113383. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113383

25.Hemada HM, Nadir AS, Salem IS, and Jeba RH. Applications of Indigestible Sugars Supplement (Mannitol and Stevia dry leaves) in Food Products and their Biological Effects on Rats. Middle East Journal of Applied Sciences. 2019; 9(3): 652-668.

26. Ballesteros LF, Teixeira JA and Mussatto SI. Chemical, functional, and structural properties of spent coffee grounds and coffee silverskin. Food and Bioprocess Technol. 2014; 7: 3493-3503.

27. El Shebini Salwa M, Ahmed M, Hussein Maha IA, Moaty Nihad H, Ahmed Laila M, Hanna and Tapozada ST. "Chemical, rheological and Sensory Properties of Wheat-oat Flour Composite Snacks and its healthy beneficial effect". International Journal of Food and Nutritional Sciences. 2014; 3(6):34-43.

28. Alavi SF. Sucrose replacement with isomalt and mannitol sweeteners in sponge cake. MSc in Food Science and Technology, Islamic Azad University, Varamin Branch. 2018. [in Persian].

29. Naseri Monfared E, Movahhed S, Ahmadi Chenarbon H. Substituting Sucrose with Erythritol and Sucralose in reduced-calorie Sponge Cake. EJFPP. 2018; 11 (2): 77-94

30. Sahin AW, Coffey A, & Zannini E. Functionalisation of wheat and oat bran using single-strain fermentation and its impact on techno-functional and nutritional properties of biscuits. European Food Research and Technology. 2021; *247*(7): 1825-1837.

31. Di Cairano M, Tchuenbou-Magaia F L, Condelli N, Cela N, Ojo CC, Radecka I, ... & Galgano F. Glycaemic index of gluten-free biscuits with resistant starch and sucrose replacers: an in vivo and in vitro comparative study. Foods. 2022; *11*(20): 3253.

32. Aly, Ahmed A, Fadl E, El-Deeb, Afnan A, Abdelazeem AA, Ahmed M, Alfi H, AA, Hussain Alessa H, and Alrefaei AF. Addition of whole barley flour as a partial substitute of wheat flour to enhance the nutritional value of biscuits. Arabian Journal of Chemistry. 2021; 14(5): 103112.

33. Roze M, Crucean D, Diler G, Rannou C, Catanéo C, Jonchère C, Le-Bail A, Le-Bail P. Impact of Maltitol and Sorbitol on Technological and Sensory Attributes of Biscuits. Foods. 2021; 10, 2545.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.103]

Production of Dietary Waffles Using Oat Flour and Mannitol Sweetener

Ajam Z[1], Karazhiyan H[1]*

1- Department of Food Science and Technology, Torbat Heydarieh Branch, Islamic Azad University, Torbat Heydarieh, Iran

*2- *Corresponding author: Department of Food Science and Technology, Torbat Heydarieh Branch, Islamic Azad University, Torbat Heydarieh, Iran. Email: Hojjat_Karazhiyan@yahoo.com*

Received 14 Jun, 2024 **Accepted 17 Oct, 2024**

Background and Objectives: The aim of this study was to investigate possibility of producing low-calorie waffles with sugar alcohols (mannitol) and oat flour.

Materials & Methods: Effects of replaced oat at 0, 20, 40 and 60% levels with wheat flour and sucrose with mannitol at 20 and 40% on waffle moisture, texture, sugar content, protein, color index and sensory characteristics were assessed.

Results: Results showed that substituting mannitol and oat flour increased moisture and decreased aw. With increasing the percentage of oat flour, density of waffles increased. However, use of mannitol decreased the parameter. Results of hardness indicated that replacing sucrose with mannitol decreased softness of the waffle and oat flour improved the texture up to 40% substitution level. Use of oat flour and mannitol sugar caused a significant decrease in total sugar content of the samples. Results of color index showed that the increase of oat flour decreased the brightness and a* index and increased b* index, but mannitol sugar increased the brightness. Sensory characteristics indicated that the sample containing 20% oat flour and 40% mannitol sugar were similar to the control sample.

Conclusion: To improve quality and decrease sugar, it is recommended to replace 40% wheat flour with oat flour and 40% mannitol sugar with sucrose in production of waffles.

Keywords: Oat flour, Softness, Sugar, Mannitol, Waffles

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.103]