مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هجدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صفحات ۶۳-۵۵

بررسی تأثیر جایگزینی آرد سوخاری و کنجاله سویا با آرد تف (*Eragrostis tef*) بر ویژگی‌های فیزیکی -شیمیایی و حسی همبرگر معمولی (۳۰ درصد گوشت)

زهره حسنی[۱]، سید هدایت حسینی[۲]، سعیده شجاعی علی‌آبادی[۳]، مریم مصلحی شاد[۴]

۱_ کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علـوم پزشـکی شـهید بهشتی، تهران، ایران

۳- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران، پست الکترونیکی: s_shojaee@sbmu.ac.ir

۴- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد صفادشت، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، پست الکترونیکی: mmoslehishad@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: امروزه توجه به غذاهای آماده مصرف بخصوص همبرگرهای معمولی افزایش یافته است. جهت تولید همبرگرهای معمولی معمولاً از آرد سوخاری و کنجاله سویا به عنوان پرکننده استفاده می‌شود. استفاده از آرد سوخاری و کنجاله سویا در همبرگر معمولی انتخاب مصرف‌کنندگان مبتلا به آلرژی را با محدودیت مواجه می‌نماید. این مطالعه در راستای تولید محصول همبرگر معمولی با جایگزین کردن آرد سوخاری و کنجاله سویا می‌باشد که قابلیت استفاده برای افراد مبتلا به سلیاک و حساس به پروتئین سویا را دارد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه مخلوط آرد سوخاری و کنجاله سویا به ترتیب ۵۰ و ۱۰۰ درصد با آرد تف به همین میزان در همبرگر کم‌گوشت جایگزین شد و ویژگی‌های فیزیکی -شیمیایی و حسی با نمونه کنترل مقایسه شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج نمونه کنترل بالاترین راندمان پخت (۹۲/۴۵٪) و کمترین میزان قابلیت نگهداری رطوبت (۶۸/۸۷٪) و نمونه TF100% (۳۱/۱۰٪) کمترین قابلیت جذب روغن را در میان نمونه‌ها داشتند ($p< ۰/۰۵$). نمونه‌های حاوی آرد تف در ارزیابی حسی، امتیاز بالاتری در ویژگی‌های بو و رنگ دریافت کردند اما بین نمونه‌ها از نظر بافت، مزه و پذیرش کلی تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد ($p> ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصله از این مطالعه، جایگزینی آرد سوخاری و کنجاله سویا با آرد تف در همبرگر کم‌گوشت می‌تواند از نظر کاهش جذب چربی و بهبود قابلیت نگهداری رطوبت، ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای مناسب باشد و همچنین منجربه تولید محصولی قابل استفاده برای افراد مبتلا به بیماری سلیاک می‌گردد.

واژگان کلیدی: همبرگر کم‌گوشت، آرد تف، فاقد گلوتن، ویژگی‌های حسی

• مقدمه

امروزه، با افزایش جمعیت شهری و تغییر در سبک زندگی، محصولات غذایی آماده مصرف توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. در این میان همبرگرها از محبوب‌ترین غذاهای آماده هستند که نقش مهمی را در تغذیه و تنوع غذایی مصرفی مردم ایفا می‌کنند (۲، ۱).

تولید همبرگرهای معمولی با میزان حداقل گوشت به دلایل اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد که اغلب کاهش میزان گوشت آن در فرمولاسیون با پرکننده‌های گیاهی و ترکیبات مجاز و نسبتاً ارزان قیمت تأمین می‌گردد. این پرکننده‌ها اغلب ویژگی‌های مطلوب تغذیه‌ای پروتئین‌های گوشت را نداشته و در برخی اسیدهای آمینه ضروری مانند لیزین دچار کمبود می‌باشند (۲).

در صنعت برای تولید همبرگرهای معمولی معمولاً از آرد سوخاری و حداکثر ۱۲٪ کنجاله سویا به عنوان پرکننده می‌توان

استفاده نمود (۲). این ترکیبات می‌توانند باعث کاهش قیمت و بهبود ویژگی‌های حسی و رئولوژیک فرآورده همبرگر معمولی شوند اما هضم غذاهای که در آن از دانه‌های حاوی گلوتن استفاده شده است می‌تواند باعث ایجاد بیماری سلیاک، که یک بیماری خود ایمنی، در افرادی که از نظر ژنتیکی مستعد هستند شود. تنها درمان قابل قبول برای بیماری سلیاک، حذف گلوتن از رژیم غذایی افراد دارای این مشکل در طول دوره زندگی آنها می‌باشد. بنابراین تولید فرآورده‌های گوشتی بدون گلوتن می‌توانند با جایگزینی کامل آرد گندم و آرد سوخاری موجود در فرمولاسیون آنها با انواع دانه‌های فاقد گلوتن صورت گیرد (۳).

بنابر موارد ذکر شده استفاده از ترکیباتی در فرمولاسیون همبرگرهای معمولی که علاوه بر ایفای نقش خود به‌عنوان پرکننده، پروفایل مناسبی از آمینواسیدهای ضروری و ریز مغذی‌ها داشته باشند و حاوی مقادیر بالایی فیبر خوراکی و فاقد پروتئین گلوتن نیز باشند، می‌تواند علاوه‌بر بهبود ویژگی‌های حسی و رئولوژیک همبرگر معمولی، این فرآورده معمولی را به محصولی با خواص تغذیه‌ای بالا و ارتقادهنده سلامت مصرف‌کننده تبدیل نماید که برای افراد حساس به پروتئین گلوتن و پروتئین سویا نیز مشکلی ایجاد نمی‌نمایند.

در راستای تولید محصول همبرگر معمولی با ویژگی‌های تغذیه‌ای، حسی و رئولوژیک مناسب که برای افراد دارای بیماری سلیاک و افراد حساس به پروتئین سویا نیز قابل استفاده باشد تحقیقات فراوانی برای جایگزینی آرد گندم یا آرد سوخاری سویا که در این فرآورده‌ها استفاده می‌شوند صورت گرفته است و افزودن ترکیباتی مانند آرد آمارانت، باکویت، کینوآ و سورگوم مورد مطالعه قرار گرفته است (۵-۳). تف جزو غلات فاقد گلوتن و غنی از فیبر، آمینو اسیدهای ضروری و مواد معدنی بوده و دارای خواص تکنولوژیک بالاست که باعث می‌شود بتوان از این ماده در تولید غذاهای گوناگون استفاده نمود (۶). دانه تف با نام علمی *Eragrostis* tef از غلات قدیمی مناطق گرمسیری است و مبدأ آن کوهستان‌های شمالی اتیوپی می‌باشد (۷). آرد تف به دلیل کوچک بودن اندازه دانه‌ها، یک آرد کامل بوده و به دلیل آمیخته شدن با سبوس غنی از فیبر است (۹، ۸). این آرد همچنین منبع ترکیبات زیست فعال مانند پلی‌فنول ها می‌باشد و دارای خاصیت آنتی اکسیدانی بالایی است (۱۳-۱۰). فرولیک اسید و رزمارینیک اسید بیشترین پلی‌فنول‌های تف هستند و آمینواسیدهای آن متعادل بوده و گلوتامین و لوسین عمده اسید آمینه‌های ضروری پروتئین تف هستند (۸). همچنین تف دارای مقدار بالایی از لیزین است که موجب شده این آمینو اسید در تف مانند غلات دیگر فاکتور محدود کننده نباش (۱۴، ۸). تف دارای آهن، کلسیم و مس بیشتری نسبت به غلات رایج دیگر می‌باشد (۹). تف برای تولید غذاها و نوشیدنی‌های سنتی مانند Injera،kitta، tella استفاده می‌شود. همچنین تحقیقات جهت استفاده از تف در فرآورده‌های غذایی مانند پاستا، نان، کوکی به منظور بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای (۱۵، ۱۴) و در سوسیس به عنوان جایگزین چربی (۱۱) و به عنوان منبع نشاسته برای تولید فیلم‌های بسته بندی (۱۶) صورت گرفته است. در نتیجه ترکیب شیمیایی بی‌همتا و کامل بودن آرد تف فواید متنوعی برای سلامتی دارد. تمامی این موارد در کنار هم می‌تواند تف را به یک گزینه مناسب برای استفاده در غذاهای فراسودمند در راستای ارتقا سلامتی و جلوگیری از بیماری‌ها تبدیل نماید.

هدف از این پژوهش افزودن مقادیر متفاوت از آرد بدون گلوتن و دارای ارزش غذایی بالای تف به‌عنوان جایگزین آرد سوخاری و کنجاله سویا در همبرگر معمولی و تولید همبرگر فراسودمند و ارتقا دهنده سلامتی که قابلیت استفاده برای افرادی که دارای بیماری سلیاک هستند را نیز دارد، می‌باشد و سپس به مقایسه ویژگی‌های فیزیکی -شیمیایی، حسی و بافتی آن‌ها پرداخته شده است.

• مواد و روش‌ها

مشخصات مواد اولیه

گوشت سردست گوساله تازه با چربی نسبتاً پایین از فروشگاه محلی که زیر نظر اداره نظارت دامپزشکی تهران است خریداری شد. آرد تف از شرکت هانی فود تهران، آرد سوخاری از شرکت گلها تهران و کنجاله سویا از شرکت وینچی ایران تهیه شدند.

آماده سازی مواد اولیه

گوشت گوساله توسط چرخ‌گوشت خانگی، به اندازه ۵-۳ میلی‌متر چرخ شد تا مخلوطی همگن به دست آید. این مخلوط همگن را به بخش‌های مختلف تقسیم نموده و در پوشش‌های پلاستیکی بسته بندی شد. بسته‌های گوشت تا زمان تهیه تیمارها در فریزر با دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شدند. کنجاله سویا و پودر سوخاری توسط آسیاب پودر و از الک با شماره N.۲۵ و اندازه مش ۰/۵۹ میلی‌متر عبور داده شدند و هر کدام در پوشش‌های پلاستیکی جداگانه بسته‌بندی شده و تا زمان تهیه تیمارها در یخچال با دمای ۲±۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند. برای تهیه همبرگرها و سرخ کردن نمونه‌ها از روغن سرخ کردنی با برند بهار استفاده شد. پیاز و ادویه‌ها شامل: فلفل سیاه، نمک، آویشن، پودر سیر از بازار محلی تهیه شد.

تولید نمونه‌های همبرگر

جهت تولید نمونه‌های همبرگر ابتدا بسته‌های‌گوشت منجمد گوساله به منظور رفع انجماد به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲±۴ درجه سلسیوس قرار داده شدند، به‌طوری‌که دما در پایان مرحله رفع انجماد صفر درجه ساسیوس بود. سپس برای تهیه هر یک از فرمولاسیون‌ها، اجزاء تشکیل‌دهنده آن فرمول مطابق با جدول ۱ آماده شدند. درمرحله اول به منظور هیدراته شدن آرد، آب (۲۷gr) و آرد با یکدیگر مخلوط شدند. گوشت رفع انجماد شده (۳۰gr) با پیاز رنده‌شده آبگیری شده (۱۴gr)، نمک (۱gr) و ادویه (مجموعاً ۲gr) کاملاً مخلوط شدند، سپس مخلوط آب و آرد همراه با روغن (۷gr) به گوشت اضافه شدند و به مدت ۵ دقیقه با دست کاملاً ورز داده شدند. سپس خمیر حاصل وارد دستگاه قالب‌زن شده و به فرم همبرگرهایی با قطر متوسط ۱۰ سانتی‌متر و ضخامت ۱ سانتی‌متر در آمدند. نمونه‌های همبرگر کم‌گوشت مطابق با قرمولاسیون آورده شده در جدول ۱ تهیه شدند. نمونه‌های مربوط به هر آزمون در همان روز تهیه شدند.

جدول ۱. مقادیر ترکیبات (g/100g) بکار رفته در فرمولاسیون همبرگرها

اجزاء تشکیل دهنده	تیمارها		
	C	TF50%	TF100%
گوشت	۳۰	۳۰	۳۰
آب	۲۷	۲۷	۲۷
پیاز رنده شده آب‌گیری شده	۱۴	۱۴	۱۴
مخلوط آرد سوخاری و کنجاله سویا	۲۰	۱۰	۰
آرد تف	۰	۱۰	۲۰
روغن	۷	۷	۷
نمک	۱	۱	۱
آویشن	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
فلفل سیاه	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
پودر سیر	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
جوز هندی	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵

C: نمونه همبرگر کنترل و فاقد آرد تف،

TF50%: تیمار همبرگر با جایگزینی ۵۰ درصد از مخلوط کنجاله سویا و آرد سوخاری با آرد تف،

TF100%: تیمار همبرگر با جایگزینی کامل کنجاله سویا و آرد سوخاری با آرد تف.

روش پخت نمونه‌ها

جهت انجام آزمون‌هایی که نیازمند به عملیات سرخ کردن بودند عملیات سرخ‌کردن بر روی هیتر و در ماهی‌تابه با میزان اندک روغن در دمای ثابت ۱۵۰ درجه سلسیوس و به مدت ۸ دقیقه صورت پذیرفت به‌طوری که دمای مرکز نمونه‌ها به ۷۲ درجه سلسیوس رسید.

اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی و pH نمونه‌های آرد و نمونه‌های همبرگر

رطوبت، پروتئین (کلدال)، چربی (سوکسله) و خاکستر مواد اولیه و نمونه‌های همبرگر خام مطابق با روش آمده در مجموعه استاندارد AOAC (2005) انجام پذیرفت (۱۷). pH نمونه‌های همبرگر خام با استفاده از دستگاه pH متر (827pH Lab Metrohm, Swiss made) اندازه‌گیری شد (۱۸).

اندازه‌گیری ویژگی‌های پخت نمونه‌های همبرگر

جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های پخت ابتدا همبرگرها طبق روش توضیح داده شده سرخ شدند؛ سپس برای تعیین راندمان پخت و قابلیت نگهداری رطوبت مطابق با روش Selani و همکاران (۲۰۱۶) و با استفاده از رابطه زیر به‌دست آمدند. جذب روغن مطابق با روش Modi و همکاران (۲۰۰۴) و Shahiri (۲۰۱۴) از طریق اندازه‌گیری محتوی چربی نمونه‌ها قبل و بعد از سرخ‌کردن اندازه‌گیری شد (۲۰,۱۹).

$$\text{راندمان٪} = \left(\frac{\text{وزن نمونه سرخ‌شده}}{\text{وزن خام نمونه}}\right) \times 100$$

$$\text{قابلیت نگهداری رطوبت ٪} = \left(\frac{\text{رطوبت نمونه سرخ‌شده} \times \text{وزن نمونه سرخ‌شده}}{\text{رطوبت نمونه خام} \times \text{وزن نمونه خام}}\right) \times 100$$

$$\text{جذب چربی ٪} = \left(\frac{\text{چربی نمونه سرخ‌شده} \times \text{وزن نمونه سرخ‌شده}}{\text{چربی نمونه خام} \times \text{وزن نمونه خام}}\right) \times 100$$

ارزیابی حسی نمونه‌های همبرگر سرخ شده

ارزیابی حسی با استفاده از روش مقیاس هدونیک و مطابق با روش Zamuz و همکاران (۲۰۱۸) انجام گرفت. به این منظور از فرم ارزیابی هدونیک ۵ نقطه‌ای که شماره ۱ نمایانگر کم‌ترین امتیاز و شماره ۵ نمایانگر بیشترین امتیاز بود، برای بررسی ویژگی‌های حسی از جمله مزه، بو، رنگ، بافت و پذیرش‌کلی استفاده شد. امتیاز هر یک از ویژگی‌ها به صورت زیر انجام پذیرفت:۵: عالی،۴: خیلی‌خوب،۳: خوب، ۲: متوسط،۱: بد. ارزیابی‌توسط ۳۰ ارزیاب آموزش ندیده خانم و آقا با رنج سنی ۱۸ تا ۵۰ که همگی از دانشجویان و کارمندان دانشکده تغذیه و صنایع غذایی شهید بهشتی صورت گرفت. نمونه‌ها در مقیاس‌های مشابه با شماره‌های سه رقمی تصادفی در اختیار ارزیاب‌ها قرار داده شد و از آن‌ها خواسته شد براساس میزان تمایل از ۱ تا ۵ برای بررسی مزه، بو، رنگ، بافت و پذیرش‌کلی‌امتیاز دهند (۲۱).

تجزیه و تحلیل آماری

تمام آزمون‌ها با سه بار تکرار انجام شد و داده‌ها با کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ تجزیه و تحلیل شدند. نتایج به صورت میانگین و انحراف معیار ارائه شدند. به منظور مقایسه نتایج به دست آمده از آزمون‌های فیزیکی –شیمیایی بعد از بررسی‌نرمال بودن داده‌ها، ازآنالیز واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) استفاده گردید؛ همچنین جهت مشاهده معنی‌دار بودن اختلاف میان داده‌ها، از آزمون‌دانکن Duncan's Multiple Range Tests) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده‌گردید.

• یافته‌ها

نتایج ترکیبات شیمیایی و pH نمونه‌های آرد

ترکیبات شیمیایی و pH نمونه‌های آرد استفاده شده در فرمولاسیون همبرگرها در جدول ۲ آورده شده است.

نتایج ترکیبات شیمیایی و pH نمونه‌های همبرگر

جدول ۳ ترکیبات شیمیایی و pH نمونه‌های همبرگر خام را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است میان رطوبت و چربی نمونه‌های همبرگر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (۰/۰۵ <p). نمونه کنترل بالاترین میزان پروتئین و خاکستر را در میان تمامی نمونه داشت؛ اما میزان کربوهیدارت آن به طور معنی‌داری پایین‌تر از تیمارهای حاوی آرد تف بود (۰/۰۵ >p). همچنین تیمار TF100% پایین‌ترین میزان pH را در میان نمونه‌ها داشت.

نتایج ویژگی‌های پخت نمونه‌های همبرگر

شکل ۲ نتایج حاصل از ویژگی‌های پخت از قبیل راندمان پخت، قابلیت نگهداری رطوبت و جذب روغن را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج نمونه کنترل دارای بالاترین راندمان پخت (۹۲/۴۵) و کمترین میزان قابلیت نگهداری رطوبت (۶۸/۸۷٪) بود (p<۰/۰۵). در نمونه‌های TF50% (۷۶/۵۲٪) و TF100%(۷۶/۳۶٪) قابلیت نگهداری رطوبت بالاتری مشاهده شد اما از نظر آماری میان نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (p> ۰/۰۵) نمونه TF100% با درصد جذب ۳۱/۱۰٪ کمترین میزان قابلیت جذب روغن را نسبت به نمونه‌های دیگر داشتند (p< ۰/۰۵).

شکل ۱. مقایسه ویژگی‌های پخت نمونه‌های همبرگر

مقادیر با حروف متفاوت برای هر ویژگی بر اساس آزمون دانکن در سطح (۰/۰۵) با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند.

نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های همبرگر سرخ‌شده

جدول ۳ نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های همبرگر سرخ‌شده را نشان می‌دهد. بر اساس یافته‌ها میان نمونه‌های همبرگر از نظر مزه، بافت و پذیرش کلی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (p>۰/۰۵). بیشترین امتیاز پارامتر بو در میان نمونه‌ها مربوط به TF50% و TF100% بود.

جدول ۲. ترکیبات شیمیایی و pH نمونه‌های آرد

نمونه	رطوبت	پروتئین	چربی	خاکستر	کربوهیدرات	pH
آرد تف	۹/۰۵ ± ۰/۰۱ a	۹/۴۶ ± ۰/۳۳ b	۵/۶۶ ± ۰/۰۷ b	۲/۴۰ ± ۰/۰۰ b	۷۵/۹۹ ± ۰/۰۰ a	۶/۳۳ ± ۰/۸ b
آرد کنجاله سویا	۶/۸۵ ± ۰/۰۹ b	۴۶/۴۶ ± ۱/۱۵ a	۶/۸۸ ± ۰/۴۷ a	۵/۸۶ ± ۰/۰۲ a	۳۹/۸۱ ± ۰/۰۰ b	۶/۵ ± ۰/۰۰ a
آرد سوخاری	۴/۳۳ ± ۰/۰۴ c	۱۱/۱۳ ± ۰/۳۵ b	۵/۴۲ ± ۰/۸۶ b	۱/۰۲ ± ۰/۰۱ c	۷۷/۰۳ ± ۱/۴۷ a	۴/۹ ±۰/۰۲ c

جدول ۳. ترکیبات شیمیایی و pH نمونه‌های همبرگر

تیمارها	رطوبت	پروتئین	چربی	خاکستر	کربوهیدرات	pH
C	۶۲/۳۸ ± ۰/۱۹ a	۱۴/۷۳ ± ۰/۱۹ a	۱۰/۲۶ ± ۰/۱۱ a	۲/۰۶ ± ۰/۱۵ a	۱۰/۵۴ ± ۰/۳۹ c	۵/۹۱ ± ۰/۰۳a
TF50%	۶۲/۴۳ ± ۰/۷۱a	۱۳/۳۷ ± ۰/۱۳ b	۱۰/۲۵ ± ۰/۱۵a	۱/۹۵ ± ۰/۱۰ ab	۱۱/۹۸ ± ۰/۷۴ b	۵/۷۸ ± ۰/۰۸a
TF100%	۶۲/۴۳ ± ۰/۱۶ a	۱۱/۹۳ ± ۰/۳۲ c	۱۰/۱۲ ± ۰/۱۸a	۱/۷۶ ± ۰/۱۰ b	۱۳/۷۵ ± ۰/۶۴ a	۵/۵۱ ± ۰/۰۱b

مقادیر با حروف متفاوت در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح (۰/۰۵) با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند.

جدول ۴. نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های همبرگر سرخ‌شده

تیمارها	مزه	بو	رنگ	بافت	پذیرش کلی
C	۳/۳۰ ± ۱/۱۱[a]	۳/۳۰ ± ۰/۹۵[b]	۳/۲ ± ۰/۹۶[b]	۳/۶۳ ± ۰/۹۲[a]	۳/۶۳ ± ۰/۸۸[a]
TF50%	۳/۵۶ ± ۰/۹۷[a]	۴/۰۳ ± ۰/۹۲[a]	۴/۱۶ ± ۰/۸۷[a]	۳/۴۶ ± ۰/۸۹[a]	۳/۹۰ ± ۰/۸۸[a]
TF100%	۳/۷۳ ± ۱/۱۲[a]	۳/۹ ± ۱/۲۴[a]	۳/۵ ± ۱/۱۶[b]	۳/۶۶ ± ۰/۹۵[a]	۳/۵۶ ± ۱/۰۰[a]

مقادیر با حروف متفاوت در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح (۰/۰۵) با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند.

• بحث

ترکیبات شیمیایی و pH نمونه‌های همبرگر خام

بر اساس جدول ۲ آرد کنجاله سویا بالاترین میزان پروتئین (۴۶/۴۶٪) و چربی (۶/۸۸٪) و کمترین میزان کربوهیدارت (۳۹/۸۱٪) را در میان نمونه‌های آرد داشت ($p > ۰/۰۵$). میزان پروتئین، چربی و کربوهیدرات در نمونه‌های آرد تف و آرد سوخاری بر اساس آزمون دانکن در سطح ($p<۰/۰۵$) با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند. در میان نمونه‌های آرد بالاترین میزان pH مربوط به نمونه کنجاله سویا (۶/۵) بود ($p<۰/۰۵$). نتایج این مطالعه با نتایج Bahmanyar و همکاران (۲۰۲۰) در رابطه با ترکیبات شیمیایی آرد سوخاری و پودر پروتئین سویا (۴) و همچنین نتایج مربوط به آرد تف دارای pH برابر با ۶/۳۳ و به ترتیب ۹/۴۶٪ و ۲/۴۰٪، پروتئین و خاکستر با نتایج منتشرشده توسط Baye و همکاران (۲۰۱۴) و Forsido و همکاران (۲۰۱۳) در رابطه با pH، میزان پروتئین و خاکستر تف مطابقت داشت و نتایج مربوط به میزان چربی آرد تف (۵٪) با گزارش‌های Fan Zhu (۲۰۱۸) در رابطه با ترکیب شیمیایی آرد تف مطابقت داشت (۱۲، ۹، ۸).

ترکیبات شیمیایی و pH نمونه‌های همبرگر خام

پروتئین و خاکستر: به دلیل پایین‌تر بودن قابل‌توجه درصد پروتئین موجود در آرد تف در مقایسه با کنجاله سویا، میزان پروتئین نمونه‌ها با افزایش میزان آرد تف و کاهش پروتئین سویا، کاهش می‌یابد و دلیل آن پایین‌تر بودن درصد پروتئین موجود در آرد تف در مقایسه با کنجاله سویا است. بنابراین به دلیل پایین‌تر بودن قابل‌توجه درصد پروتئین موجود در آرد تف در مقایسه با آرد پروتئین بافت‌دار شده سویا، میزان پروتئین نمونه‌ها با افزایش میزان آرد تف و کاهش پروتئین سویا، کاهش می‌یابد. از سوی دیگر آرد سوخاری و آرد پروتئین بافت‌دار شده سویا دچار کمبود در آمینواسیدهای ضروری لیزین و آمینواسیدهای گوگرددار متیونین و سیستئین هستند (۲۱، ۴)، اما تف از نظر این آمینواسیدها غنی است؛ بنابراین جایگزین با آرد تف در این مطالعه اگرچه سبب کاهش میزان پروتئین نمونه‌های همبرگر حاوی تف نسبت به نمونه کنترل‌شده است اما موجب بهبود کیفیت پروتئین آن‌ها گردیده است. همچنین نمونه کنترل به دلیل دارا بود بالاترین میزان کنجاله سویا که خاکستر بالایی دارد، درصد خاکستر بالاتری نسبت به سایر نمونه‌های همبرگر داشت. بلخکانلو (۲۰۱۶) در مقاله خود اشاره نمود که جایگزینی آرد سوخاری و کنجاله سویا با آرد آمارانت در همبرگر سبب کاهش پروتئین و خاکستر در نمونه حاوی آرد آمارانت شد و دلیل آن را کمتر بود پروتئین و خاکستر آرد آمارانت نسبت به کنجاله سویا دانست (۲).

کربوهیدرات، چربی و رطوبت: بالاترین میزان کربوهیدرات مربوط به نمونه TF100% بود، این نتیجه با توجه به بالاتر بودن درصد کربوهیدرات آرد تف نسبت به کنجاله سویا و جایگزین شدن کامل کنجاله سویا با آرد تف در تیمار TF100% قابل توجیه است. میزان چربی و رطوبت نمونه‌ها ازنظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند ($p>۰/۰۵$). Do Prado (۲۰۱۹) گزارش نمود که میزان کربوهیدارت در نمونه‌های کنترل همبرگر حاوی ایزوله پروتئین سویا در مقایسه با تیمارهای حاوی آرد سورگوم، به‌طور معنی‌دار کمتر بود ($p<۰/۰۵$) (۵).

pH: جایگزینی آرد سوخاری و پروتئین سویا با آرد تف سبب کاهش pH نمونه TF100% نسبت به نمونه کنترل و TF50% گردید و این موضوع را می‌توان به پایین‌تر بودن pH آرد تف نسبت به پروتئین سویا و جایگزینی کامل آرد تف با آرد سویا در تیمار TF100% نسبت داد. در همین رابطه بهمنیار (۲۰۲۰) در گزارش خود بیان نمود که pH نمونه حاوی آرد باکویت به‌طور معنی‌داری بالاتر از نمونه کنترل و نمونه حاوی آرد آمارانت بود و دلیل آن را بالاتر بودن pH آرد باکویت دانستند (۴).

همچنین قابل‌ذکر است که مقادیر به‌دست‌آمده برای پروتئین، چربی، خاکستر در نمونه کنترل و تیمارهای حاوی آرد تف مطابق با مقادیر قابل‌قبول ذکرشده در استاندارد مربوط با همبرگر کم‌گوشت برای این فاکتورها بوده است. اما در رابطه با رطوبت، مقادیر به‌دست‌آمده برای تمام نمونه‌ها اندکی بالاتر از مقدار رطوبت ذکرشده در استاندارد بوده است. همچنین نمونه‌های حاوی آرد تف دارای مقادیر کربوهیدرات بالاتر از مقدار ذکرشده در استاندارد بودند اما میزان کربوهیدرات نمونه

کنترل با مقدار کربوهیدرات ذکرشده در استاندارد ازنظر آماری تفاوت معنی‌دار نداشت (p> ۰/۰۵)(۲۲).

ویژگی‌های پخت

قابلیت نگهداری رطوبت: بر اساس شکل ۱. نمونه‌های TF50% و TF100% دارای قابلیت نگهداری رطوبت بالاتری نسبت به نمونه کنترل بودند اما ازنظر آماری میان قابلیت نگهداری رطوبت تیمارهای TF50% و TF100% تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (p>۰/۰۵). قابلیت نگهداری رطوبت ممکن است به دلیل جذب آب و تورم نشاسته و فیبر موجود در محصول باشند؛ از طرف دیگر ممکن است به دلیل واکنش فیبرهای موجود با شبکه پروتئین نیز مربوط باشند (۲۲). بنابراین افزایش میزان فیبر و کربوهیدرات که درصد بالای آن را نشاسته تشکیل می‌دهد (۲۳) در تیمارهای TF50% و TF100% سبب بالاتر بودن قابلیت نگهداری رطوبت آن‌ها نسبت به نمونه کنترل شد. Shokry (۲۰۱۶) در گزارش‌های خود به نتایجی مشابه دست یافتند. آن‌ها بیان نمودند که قابلیت نگهداری رطوبت همبرگرهای سرخ‌شده که با آرد کینوآ تیمار شده بودند نسبت به نمونه کنترل بالاتر بود و دلیل آن را به بالاتر بودن نشاسته در تیمارهای حاوی آرد کینوآ نسبت دادند (۲۴).

جذب روغن: جذب روغن مستقیماً متأثر از ترکیبات استفاده‌شده در فرمولاسیون همبرگرها است برای مثال بالا رفتن میزان آرد سویا موجود در فرمولاسیون سبب افزایش جذب روغن نمونه‌ها شده و دلیل آن ظرفیت بالای جذب روغن آرد سویا است (۲۴). درواقع جذب روغن نمونه هنگام سرخ کردن وابسته به ویژگی هیدروفوبیک سطح نمونه است و افزایش میزان سویای نمونه سبب افزایش خاصیت هیدروفوبیک سطح می‌گردد و درنهایت جذب روغن نمونه هنگام سرخ کردن افزایش می‌یابد (۲۵). وقتی پروتئین سویا در معرض حرارت قرار می‌گیرد، پیوندهای ویژه درون و بین ملکولی (هیدروژنی، الکتروستاتیک و هیدروفوب) بین واحدهای تشکیل‌دهنده آن ایجاد می‌شوند، همچنین، گلایسین که در ساختار آن فراوان است، دچار تغییر در ساختار درجه‌دو می‌شود و هیدروفوبیسیتی سطحی آن افزایش می‌یابد جذب روغن در نمونه کنترل به‌طور معنی‌داری از سایر نمونه‌ها بالاتر بود (p <۰/۰۵). احتمالاً دلیل بالاتر بودن روغن در نمونه به بالا بودن میزان پروتئین سویا آن است. کمترین میزان جذب روغن به نمونه TF100% که کمترین میزان پروتئین سویا را داشت، تعلق دارد. بهمنیار و همکاران (۲۰۲۰) در گزارش‌های خود بیان نمودند که میزان جذب چربی در نمونه کنترل حاوی سویا بیشتر بود همچنین مقایسه بین دو تیمار حاوی آرد کینوآ و باکویت نشان داد که جذب روغن در نمونه حاوی آرد باکویت به دلیل حضور مقادیر بالاتر کربوهیدرات نشاسته‌ای بالاتر بوده است.

راندمان پخت: مطابق با شکل ۱، کنترل بالاترین راندمان پخت را داشت. Sheridan و همکاران (۲۰۰۲) به این نتیجه دست یافتند که از دست دادن آب و چربی در طی فرآیند پخت سبب کاهش راندمان پخت می‌شود (۲۶). بنابراین دلیل بالاتر بودن راندمان پخت نمونه کنترل نسبت به نمونه‌های TF50% و TF100% را می‌توان جذب چربی بسیار بالای نمونه کنترل نسبت داد.

ارزیابی حسی

بر اساس جدول ۴ نمونه TF50% بالاترین و نمونه کنترل پایین‌ترین امتیاز پارامتر بو را داشتند؛ بنابراین با افزایش آرد تف بوی نمونه‌ها نسبت به نمونه کنترل بهبودیافته است که احتمالا" به دلیل بوی خاص و منحصربه‌فرد تف و کاهش بوی سویا که گاها نامطلوب تلقی می‌گردد است. همچنین نمونه TF50% بالاترین و نمونه‌های کنترل و TF100% پایین‌ترین امتیاز را در پارامتر رنگ داشتند. پایین بودن امتیاز مربوط به پارامتر رنگ نمونه کنترل را می‌توان به روشن بودن و نزدیک بودن به رنگ آرد در فرآورده همبرگر کم‌گوشت دانست و در رابطه با نمونه TF100% کم بودن امتیاز رنگ به دلیل جایگزینی کامل آرد سوخاری و کنجاله سویا با آرد تف که دارای رنگ تیره است و موجب تیرگی شدید رنگ فرآورده و نامطلوب تلقی شدن ازنظر ارزیابان شده است، بود. Mohammad و همکارانش (۲۰۰۹) در مطالعه خود که به ارزیابی غنی‌سازی نان گندم با آرد غله تف پرداخته بودند، مشاهده کردند که افزایش آرد تف به نمونه‌ها در مقادیر بالاتر موجب کاهش امتیاز پارامتر رنگ نمونه‌ها شده و تیره شدن بیشتر رنگ نمونه‌ها ازنظر ارزیابان نامطلوب بود (۱۴). به‌طورکلی ارزیابان میان مزه، بافت و پذیرش کلی نمونه کنترل و نمونه‌های حاوی آرد تف با یکدیگر تفاوتی قائل نشدند (p > ۰/۰۵).

بر اساس نتایج حاصله، نمونه کنترل بالاترین میزان پروتئین، خاکستر و کمترین میزان کربوهیدرات را داشت. نمونه‌ها ازنظر پذیرش کلی، بافت و مزه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند اما نمونه‌های حاوی آرد تف ازنظر بو و رنگ بیشتر موردپسند ارزیابان بودند. جایگزینی کنجاله سویا و آرد سوخاری در همبرگر معمولی موجب کاهش جذب روغن در تیمارهای حاوی آرد تف نسبت به نمونه کنترل گردید. بنابراین با توجه به قابلیت کاهش یا حذف پروتئین حساسیت‌زا سویا و گلوتن موجود در سوخاری و بهبود کیفیت پروتئین و افزایش

فیبر که موجب بهبود تیمارهای TF50%و TF100% از نظر تغذیه‌ای نسبت به نمونه کنترل می‌شود و همچنین کاهش جذب روغن، افزایش قابلیت نگهداری رطوبت و بهبود عطر و رنگ و عدم تفاوت دیگر شاخص‌های ارزیابی حسی تیمارهای حاوی آرد تف در مقایسه با نمونه کنترل، آرد تف می‌تواند به‌عنوان جایگزینی مناسب در همبرگر معمولی استفاده شود. اما همچنان نیاز به انجام مطالعات بیشتر به منظور رفع محدودیت‌های مربوط به کاهش راندمان پخت و تیره شدن رنگ در تیمارهای حاوی مقادیر بالای آرد تف وجود دارد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی شهید بهشتی جهت حمایت مالی این طرح و همچنین از کارشناسان آزمایشگاه‌های این مجموعه به جهت همکاری در انجام این مطالعه تشکر و قدردانی می‌شود.

• References

1. Motamedi A, Vahdani M, Baghaei H, Borghei MA. Considering the Physicochemical and Sensorial Properties of Momtaze Hamburgers Containing Lentil and Chickpea Seed Flour. Nutrition and Food Sciences Research. 2015;2(3):55-62.
2. Sabzi Belekhkanlu A, Mirmoghtadayi M, Hosseini H, Hosseini M, Ferdosi R, Shojaee Aliabadi S. Effect of Amaranth (Amaranthus hypochondriacus) Seed Flour as a Soya Protein and Bread Crumbs on Physicochemical and Sensory Properties of a Typical Meat Hamburger. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 2016;11(3):115-22. [in Persian]
3. Verma AK, Rajkumar V, Kumar S. Effect of amaranth and quinoa seed flour on rheological and physicochemical properties of goat meat nuggets. Journal of food Science and Technology. 2019;56(11):5027-3.
4. Bahmanyar F, Hosseini SM, Mirmoghtadaie L, Shojaee-Aliabadi S. Effects of replacing soy protein and bread crumb with quinoa and buckwheat flour in functional beef burger formulation. Meat science. 2021;172:108305.
5. do Prado MEA, Queiroz VAV, da Veiga Correia VT, Neves EO, Roncheti EFS, Gonçalves ACA, et al. Physicochemical and sensorial characteristics of beef burgers with added tannin and tannin-free whole sorghum flours as isolated soy protein replacer. Meat science. 2019;150:93-100.
6. Öztürk-Kerimoğlu B, Kavuşan HS, Tabak D, Serdaroğlu M. Formulating reduced-fat sausages with quinoa or teff flours: effects on emulsion characteristics and product quality. Food Science of Animal Resources. 2020;40(5):710.
7. Tefera H, Belay G, Sorrells M. Narrowing the Rift. Tef research and development. 2001.
8. Baye K. Teff: nutrient composition and health benefits. Intl Food Policy Res Inst. 2014;67.
9. Zhu F. Chemical composition and food uses of teff (Eragrostis tef). Food chemistry. 2018;239:402-15.
10. Fischer MM, Egli IM, Aeberli I, Hurrell RF, Meile L. Phytic acid degrading lactic acid bacteria in tef-injera fermentation. International Journal of Food Microbiology. 2014;190:54-60.
11. Koubová E, Mrázková M, Sumczynski D, Orsavová J. In vitro digestibility, free and bound phenolic profiles and antioxidant activity of thermally treated Eragrostis tef L. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2018;98(8):3014-21.
12. Forsido SF, Rupasinghe HV, Astatkie T. Antioxidant capacity, total phenolics and nutritional content in selected ethiopian staple food ingredients. International journal of food sciences and nutrition. 2013;64(8):915-20.
13. Ahmed IAM, Uslu N, Al Juhaimi F, Özcan MM, Osman MA, Alqah HA, et al. Effect of roasting treatments on total phenol, antioxidant activity, fatty acid compositions, and phenolic compounds of teff grains. Cereal Chemistry. 2021;98(5):1027-37.
14. Mohammed MI, Mustafa AI, Osman GA. Evaluation of Wheat Breads Supplemented with Teff ('Eragrostis tef (ZUCC.') Trotter) Grain Flour. Australian Journal of Crop Science. 2009;3(4):207-12.
15. Hager A-S, Lauck F, Zannini E, Arendt EK. Development of gluten-free fresh egg pasta based on oat and teff flour. European Food Research and Technology. 2012;235(5):861-71.
16. Ju A, Song KB. Development of teff starch films containing camu-camu (Myrciaria dubia Mc. Vaugh) extract as an antioxidant packaging material. Industrial Crops and Products. 2019;141:111737.
17. Horwitz W. Official methods of analysis of AOAC International. Volume I, agricultural chemicals, contaminants, drugs/edited by William Horwitz: Gaithersburg (Maryland): AOAC International, 1997.; 2010.
18. Heck RT, Vendruscolo RG, de Araújo Etchepare M, Cichoski AJ, de Menezes CR, Barin JS, et al. Is it possible to produce a low-fat burger with a healthy n-6/n-3 PUFA ratio without affecting the technological and sensory properties. Meat Sci. 2017;130:16-25.
19. Selani MM, Shirado GA, Margiotta GB, Saldaña E, Spada FP, Piedade SM, et al. Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. Meat Science. 2016;112:69-76.
20. Modi V, Mahendrakar N, Rao DN, Sachindra N. Quality of buffalo meat burger containing legume flours as binders. Meat science. 2004;66(1):143-9.
21. Zamuz S, López-Pedrouso M, Barba FJ, Lorenzo JM, Domínguez H, Franco D. Application of hull, bur and leaf chestnut extracts on the shelf-life of beef patties stored under MAP: Evaluation of their impact on physicochemical properties, lipid oxidation, antioxidant, and antimicrobial potential. Food Research International. 2018;112:263-73
22. R.Vakili. Determination of digestible essential amino acids concentrations in some poultry feedstuffs. Department of animal science,Islamic Azad univercity, branch of kashmar. Journal of agricultural sciences isiamic Azad University.2019;141:111737.

23. Shumoy H, Gabaza M, Vandevelde J, Raes K. Soluble and bound phenolic contents and antioxidant capacity of tef injera as affected by traditional fermentation. Journal of Food Composition and Analysis. 2017;58:52-9.

24. Shokry AM. The usage of quinoa flour as a potential ingredient in production of meat burger with functional properties. Middle East J Appl Sci. 2016;6:1128-37.

25. Ahamed NT, Singhal RS, Kulkarni PR, Pal M. Deep fat-fried snacks from blends of soya flour and corn, amaranth and chenopodium starches. Food chemistry. 1997;58(4):313-7.

26. Sheridan P, Shilton N. Analysis of yield while cooking beefburger patties using far infrared radiation. Journal of Food Engineering. 2002;51(1):3-11.

Effects of Replacing Breadcrumbs and Soy Protein with Teff (*Eragrostis tef*) Flour on Physicochemical and Sensory Characteristics of Typical Hamburgers

Hasani Z[1], Hosseini H[2], Shojaee-Aliabadi S[3], Moslehishad M[4*]*

1- *Ms.c Graduated of Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

2- *Prof, Dept. of Food Sciences & Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

3- **Corresponding author: Associate Prof, Dept. of Food Sciences & Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Email: saeedeh.shojaee@gmail.com*

4- **Corresponding author: Assistant Prof, Department of Food Science and Technology, Safadasht Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: mmoslehishad@gmail.com*

Received 27 Jul, 2022 **Accepted 4 Oct, 2022**

Background and Objectives: Nowadays, interests in ready-to-eat foods, especially ordinary burgers, have increased. To produce typical burgers, breadcrumbs and soybean meals are commonly used as fillers. Use of breadcrumbs and soybean meals in regular burgers limits choice of consumers with allergies. The aim of this study was to produce typical hamburger products by replacing breadcrumbs and soybean meals, which could be used by people with celiac disease and sensitivity to soy protein.

Materials and Methods: In this study, mixtures of breadcrumbs and soybean meals respectively decreased by 50 and 100% and similar quantities of teff flour were substituted for these mixtures in low-meat hamburgers. Then, physicochemical, sensory and cooking characteristics of treatments containing teff flour were compared with those of control sample.

Results: The control sample included the highest cooking yield (92.45%) and the lowest moisture retention (68.87%) and TF100% treatment (31.10%) included the lowest oil absorption within all samples ($p < 0.05$). Samples containing teff flour received a higher score in the characteristics of smell and color. In sensory evaluation no significant differences were observed between the samples in terms of texture, taste and overall acceptance ($p > 0.05$).

Conclusion: Results of this study showed that replacing breadcrumbs and soybean meals with teff flour in low-meat hamburgers could be appropriate in terms of decreasing fat absorption and improving moisture retention and sensory and nutritional characteristics and led to the production of a products that could be used for people with celiac disease.

Keywords: Low meat hamburger, Teff flour, Gluten free, Sensory characteristics