[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

تعیین مقدار بهینه ایزوله پروتئین ماهی به عنوان جایگزین چربی در ساخت همبرگر کم‌چرب با استفاده از آنالیز تشریحی کمّی (QDA) و آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA)

سید پژمان حسینی شکرابی[۱]، امیررضا شویک‌لو[*۲]، اکرم رزمجو[۱]

[*]shaviklo@gmail.com

۱- گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲- بخش فرآوری تولیدات دامی، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۸

چکیده

هدف از این پژوهش تعیین مقدار بهینه ایزوله پروتئین ماهی به عنوان جایگزین چربی در ساخت همبرگر کم‌چرب با استفاده از آنالیز تشریحی کمّی (QDA) و بررسی برخی ویژگی‌های کاربردی محصول تولیدی بود. به این منظور ایزوله پروتئین ماهی(FPI) از پسماند تولید کنسرو از ماهی تون زرد باله (*Thunnus albacares*) به روش تغییر pH تهیه شد. از سوی دیگر، همبرگر گوشت گوساله با جایگزینی چربی با FPI با نسبت های صفر (تیمار کنترل یا شاهد)، ۳٪ ، ۶٪ ، ۹٪ و ۱۲٪ تولید گردید. نمونه‌های حاوی FPI برای ارزشیابی حسی و بررسی ترکیبات تقریبی، pH، کاهش قطر محصول، میزان کلسترول، ظرفیت نگهداری آب (WHC)، شاخص‌های رنگ و بافت مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد افزایش مقدار FPI در فرمولاسیون، تاثیری بر بوی محصول نداشت، ولی این مهم بر سایر ویژگی‌های حسی مانند طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی تاثیر معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). از سوی دیگر، میزان رطوبت، خاکستر و پروتئین در تیمارها با افزایش مقدار ایزوله پروتئین ماهی در همبرگر افزایش یافت، بطوریکه مقادیر این شاخص‌ها در تیمار حاوی ۱۲ درصد FPI بترتیب ۶۷/۸۴، ۴/۹۴ و ۲۶/۴۰ درصد بود که به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$). بالاترین ظرفیت نگهداری آب (۵۲/۵۰ درصد) و بازده پخت (۹۱/۷۵ درصد) و نیز کم‌ترین کاهش قطر (۹/۸۵ درصد) نیز مربوط به این تیمار بود. بافت این تیمار همچنین دارای بیشترین حالت ارتجاعی (۰/۴۹)، قوام (۰/۷۴) و قابلیت جویدن (۱۶۵/۱۵ mj) بود. با استفاده از داده‌های حسی بدست آمده از آنالیز تشریحی کمّی (QDA) و نیز بررسی مقایسه‌ای نتایج به کمک آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA)، مقدار بهینه ایزوله پروتئین ماهی در محصول ۱۲ درصد تعیین شد. بنابراین، جایگزینی کامل چربی با FPI در فرمولاسیون همبرگر امکان‌پذیر می‌باشد و با کاهش مقدار کلسترول، می‌توان محصول بازارپسندی را برای مصرف‌کنندگانی که به دنبال محصولات کم‌چرب و کم‌کلسترول هستند، تولید کرد.

لغات کلیدی: همبرگر کم‌چرب، ایزوله پروتئین ماهی(FPI)، ارزشیابی حسی، PCA، QDA

[*]**نویسنده مسئول**

[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105]

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105]

مقدمه

گوشت قرمز به علت دارا بودن خواص فراوان و منبعی غنی از پروتئین‌های حیوانی، آهن، اسیدهای چرب ضروری، املاح و ویتامین‌های مختلف، به عنوان یک جزء ضروری در رژیم غذایی متعادل و سالم انسان درنظر گرفته شده است (Biesalski, 2005; Furlán *et al.*, 2014). با این حال، پژوهش‌های انجام شده در سال‌های اخیر بیان‌گر رابطه‌ای تنگاتنگ میان مصرف گوشت و افزایش خطر ابتلا به بیماری‌هایی مانند سرطان روده بزرگ و بیماری‌های رگ‌های کرونر قلب[1] (CHD) می‌باشد (Ferguson, 2010). بعلاوه، چربی‌های حیوانی بخصوص اسیدهای چرب اشباع (SFA)[2]، به عنوان عوامل مؤثر در بیماری‌های قلبی و سرطان‌های مرتبط با مصرف گوشت قرمز بیان شده‌اند (Kratz, 2005; Lin *et al.*, 2004). مطالعات نشان می‌دهد که مصرف کنندگان اگرچه نگران میزان بالای چربی و کلسترول در فرآورده‌های گوشتی هستند، ولی با این وجود، این فرآورده‌ها هنوز در سبد غذایی بسیاری از آنان مشاهده می‌شود (Akwetey & Knipe, 2012).

به طور کلی، عملی‌ترین و موثرترین روش برای کم کردن این نگرانی‌ها کاهش میزان چربی و کلسترول فرآورده‌های فرموله شده گوشتی است (Arihara, 2006). از سوی دیگر، چربی نقش مهمی در فراورده‌های گوشتی داراست که از آن جمله می‌توان به تاثیرات حسی مانند آب‌دار بودن بافت و طعم و تاثیرات کیفی مانند بازده پخت، ثبات امولسیون، ظرفیت نگهداری آب و خواص رئولوژیک اشاره کرد (Hughes *et al.*, 1997; Jiménez-Colmenero, 2000; De Silva *et al.*, 2011). مجموع این تاثیرات باعث پذیرش این محصول می‌شود (Jiménez-Colmenero, 2000). با این حال می‌توان با کاهش میزان چربی کل و جایگزینی آن با مواد مناسب، شاخص‌های کیفی یک فرآورده‌ی گوشتی را تأمین کرد و پاسخگوی انتظار مصرف‌کنندگان بود (Desmond *et al.*, 1998; Brewer, 2012). در صنعت از ترکیبات مختلفی از جمله پروتئین‌های حیوانی و گیاهی به دلیل توانایی آنها در اتصال آب و تشکیل ژل به عنوان جایگزین چربی در فرمولاسیون فرآورده‌های گوشتی استفاده می‌شود. استفاده از این افزوده‌ها موجب بهبود کیفیت محصول نیز می‌گردد (Desmond *et al.*, 1998). علاوه بر این، پروتئین‌ها نقش امولسیون کنندگی دارند و برای بهبود ویژگی‌های حسی و بافت فرآورده‌های خوراکی کاربرد دارند (Nolsøe and Undeland 2009).

[1] Coronary heart disease
[2] Saturated fatty acid

ایزوله پروتئین ماهی[3] (FPI) کنسانتره پروتئینی است که از عضله ماهی بدون حفظ شکل اصلی عضله ماهی و با استفاده از فن‌آوری تغییرpH[4] استخراج می‌شود و در صنعت غذا کاربردهای مختلفی دارد (Shaviklo, 2006). پسماند یا باقیمانده حاصل از فرآورش آبزیان[5] و نیز ماهیان ریز کم مصرف یا نامرغوب، مهم‌ترین مواد اولیه تولید ایزوله پروتئین ماهی هستند (Shaviklo, 2006; Shaviklo *et al.*, 2012). از FPI می‌توان به عنوان مواد افزودنی در محصولات با ارزش افزوده و آماده مصرف بر پایه گوشت ماهی و سایر دام‌ها استفاده کرد (Shaviklo, 2006; Shaviklo *et al.*, 2009; Garba *et al.*, 2014). استفاده از ایزوله پروتئین ماهی می‌تواند جایگزین چربی در فرمولاسیون این فرآورده‌ها باشد و به دلیل تولید ژل مناسب در حین فرآوری بافت مطلوبی را در محصول ایجاد کند (Brewer, 2012).

بررسی منابع نشان داد که برای تولید فرآورده‌های گوشتی کم‌چرب از افزوده‌های مختلفی استفاده شده است. استفاده از روغن‌های کانولا و زیتون (حسینی و همکاران، ۱۳۹۱)؛ روغن آواکادو، آفتابگردان و زیتون (Rodríguez-Carpena *et al.*, 2012)؛ آلوئه ورا (Soltanizadeh *et al.*, 2015)؛ فیبر خوراکی (Namir *et al.*, 2015)؛ اینولین و پروتئین پلاسمای گاو (Furlán *et al.*, 2014)؛ محصولات فرعی حاصل از فرآورش آناناس و روغن کانولا (Selani *et al.*, 2016)؛ پوست فندق (Turhan *et al.*, 2005)؛ روغن دانه‌ی کنجد (Gök *et al.*, 2011)؛ اوکارا[6] که فرآورده‌ای پروتئینی در صنعت شیر سویاست (Venturini *et al.*, 2013) به عنوان جایگزین چربی در ساخت همبرگر گزارش شده اند. پژوهشگران براین باورند که ترکیبات استفاده شده ضمن کاهش مصرف چربی در فرمولاسیون همبرگر، موجب بهبود کیفیت تغذیه‌ای آن نیز شده‌اند.

از سوی دیگر، در بازطراحی فرمولاسیون فرآورده‌های خوراکی داشتن ویژگی‌های حسی مطلوب و مطابق انتظار مصرف‌کنندگان از اهمیت زیادی برخوردار است. از میان روش‌های گوناگون ارزشیابی حسی، آنالیز تشریحی کمّی[7](QDA) به عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری و بهینه‌سازی ویژگی‌های حسی فرآورده‌های مختلف خوراکی و آشامیدنی شناخته شده است. این روش در صورتی معتبر است که توسط ارزیابان خبره یا آموزش‌دیده بکار گرفته شود (شویک‌لو و

[3] Fish protein isolate
[4] pH-shift technonolgy
[5] Fish processing by-products
[6] Okara
[7] Quantitaive Descriptive Analysis

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105]

همکاران، ۱۳۹۷). برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حسی، ضمن بهره‌گیری از نرم‌افزارهای تخصصی باید از روش‌هایی نیز استفاده کرد که بتوانند نتایج را برای تفسیر بهتر به صورت گرافیکی نشان دهند. تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی(PCA= Principal Componet Analysis) یکی از کارآمدترین این روش‌ها و از مدل‌های پُرکاربرد در نرم‌افزارهای آماری است (شویک‌لو، ۱۳۹۷). استفاده از روش QDA و PCA برای توصیف ویژگی‌های فرآورده‌های مختلف خوراکی، برای طراحی و ساخت فرآورده‌های جدید و نیز بازطراحی فرمولاسیون مواد خوراکی گزارش شده است (Puri *et al.*, 2016; Singh, 2016؛ شویک‌لو و همکاران، ۱۳۹۷). از سوی دیگر، مقاله منتشره در خصوص ساخت محصولات غذایی گوشتی کم‌چرب با استفاده از ایزوله پروتئین ماهی وجود ندارد و این مقاله نخستین اطلاعات علمی منتشره در این باره است. با این رویکرد نوآورانه، هدف از این پژوهش، تعیین مقدار بهینه ایزوله پروتئین ماهی برای ساخت همبرگر کم‌چرب و کم‌کلسترول است. بنظر می‌رسد باز طراحی فرمولاسیون همبرگر با ایزوله پروتئین ماهی به عنوان جایگزین چربی بتواند ضمن بهره‌برداری بهینه از پسماند فرآورش محصولات دامی، امکان ساخت محصولات گوشتی کم‌چرب را با ویژگی‌های کاربردی مناسب و قابل پذیرش فراهم آورد.

مواد و روش کار

تولید FPI

از گوشت تیره ماهی تون زرد باله (*Thunnus albacares*) که پسماند فرآیند کنسروسازی ماهی است، برای ساخت ایزوله پروتئین استفاده شد. روش آماده‌سازی بر اساس پژوهش‌های پیشین (شویک‌لو، ۱۳۹۶) بود. از اینرو، از تیمار بازی با pH=۱۱ استفاده شد.

طراحی تیمارها و تولید همبرگر کم‌چرب

برای تولید ۵ تیمار یا نمونه محصول همبرگر، از اجزای ثابت و اجزای متغییر استفاده شد (جدول ۱). گوشت قرمز، آرد سوخاری، پیاز، دارچین، نمک، فلفل سیاه و جوز هندی از اجزای ثابت فرمولاسیون نمونه‌ها و مقدار آنها در مجموع ۸۸ درصد کل فرمولاسیون بود. چربی گوساله و ایزوله پروتئین ماهی از اجزای متغییر فرمولاسیون و مقدار آنها در مجموع ۱۲ درصد کل فرمولاسیون بود. برای ساخت نمونه‌ها، نخست، گوشت تازه سردست گوساله که جمود نعشی آن سپری شده بود، از بازار محلی خریداری و در شرایط سرد به آزمایشگاه فرآوری منتقل گردید. سپس چربی‌های قابل مشاهده و بافت پیوندی گوشت به طور کامل جداسازی شدند. گوشت چربی‌گیری شده سپس توسط یک دستگاه چرخ گوشت خانگی (پارس‌خزر، ایران) به اندازه‌ی ۵-۳ میلی متر چرخ گردید تا مخلوط همگنی بدست آید. سپس بر اساس اجزای فرمولاسیون (جدول ۱) گوشت چرخ شده با سایر ترکیبات به درون مخلوط‌کن خانگی (پارس خزر، ایران) منتقل و به مدت دو دقیقه به طور کامل مخلوط شدند (Shaviklo *et al.*, 2016). از قالب‌زن دستی برای ساخت همبرگرهای ۱۰۰ گرمی استفاده شد. نمونه‌ها تا زمان آزمون‌های مورد نظر در یخچال نگهداری شدند.

جدول ۱: اجزای بکار رفته در فرمولاسیون نمونه‌های همبرگر کم چرب حاوی FPI.

Table 1: Ingredients used in low fat hamburger formula incorporated with FPI.

ترکیبات (درصد)	تیمار ۰	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
اجزای ثابت فرمولاسیون					
گوشت سردست گوساله	۴۸/۵	۴۸/۵	۴۸/۵	۴۸/۵	۴۸/۵
آرد سوخاری	۸	۸	۸	۸	۸
پیاز	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
دارچین	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
نمک	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲
فلفل سیاه	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
جوز هندی	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
اجزای متغیر فرمولاسیون					
چربی گوشت گاو	۱۲	۹	۶	۳	-
ایزوله پروتئین ماهی	-	۳	۶	۹	۱۲

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105]

آزمایش ترکیبات تقریبی و pH

ترکیبات تقریبی (خاکستر، رطوبت، پروتئین و چربی) هر ۵ نمونه تولیدی به روش استاندارد (AOAC, 2005) و با ۳ تکرار سنجش شد. اندازه‌گیری pH تمام نمونه‌ها در ۱۰ گرم نمونه همگن شده در آب مقطر (۱/۱۰، نمونه/آب) با استفاده یک pH متر دیجیتال (Knick Germany) Portamess®913, Electronishe Megerate GmbH and Co., KG, Berlin, انجام شد. pH هر ۵ نمونه در دمای اتاق و با ۳ تکرار اندازه گیری شد (Ibrahim, 2015).

پخت نمونه‌ها

برای آزمون‌های حسی و محاسبه میزان بازده پخت[1] وزن و کاهش قطر[2] هر ۵ نمونه همبرگر بوسیله یک فر برقی (سامسونگ، کره) در دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد پخته شدند. فاصله بین منبع گرما و همبرگر ۴ سانتیمتر و زمان پخت ۸ دقیقه (برای هر طرف همبرگر ۴ دقیقه) بود تا دمای مرکز همبرگرها به ۸۰ درجه سانتی‌گراد برسد (Gök *et al.*, 2011).

ارزشیابی حسی

ارزشیابی حسی برای انتخاب بهترین نمونه (محصول بهینه) توسط یک گروه کارشناس با تجربه‌ی ۶ نفره (۳ تَن مرد) با میانگین سنی ۲۸ سال (ازکارشناسان آموزش دیده در فرآوری غذاهای دریایی) انجام شد. برای این منظور، از روش QDA استفاده شد (Shaviklo and Fahim, 2014). ارزشیابی و انتخاب نمونه‌های اولیه بر اساس بالاترین امتیازات حسی (بو، طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی) بود. مقیاس خطی ۱۵ سانتی‌متری که سمت چپ آن کمترین امتیاز (۰٪) و سمت راست آن بالاترین امتیاز (۱۰۰٪) درج شده بود، برای امتیاز دادن به هر یک از ویژگی‌های حسی استفاده شد (Meilgaard *et al.*, 2007). نمونه‌های پخته شده با اعداد ۳ رقمی تصادفی شناسه (کد) گذاری شده و سپس در ظروف پلاستیکی قرار داده شده و به ارزیابان حسی ارائه شدند. ارزیابان پس از آموزش، هر ۵ نمونه‌ی پخته شده را به طور جداگانه با بو کردن و سپس با مزه کردن، ارزشیابی و با توجه به شدت احساس هر ویژگی، امتیاز مورد نظر را در برگه مربوطه و روی هر خط، نشانه‌گذاری (درج) کردند. رئیس گروه ارزشیابی حسی با اندازه‌گیری موقعیت مکانی هر نشانه (با خط‌کش) و تبدیل آن به درصد (با تناسب)، امتیاز بدست آمده را ثبت کرد (شویک‌لو و همکاران، ۱۳۹۷). داده‌های حسی اعلام شده میانگین ۱۲ ارزشیابی (۶ ارزیاب × ۲ تکرار) است. ارزیاب‌ها پس از ارزشیابی هر نمونه، برای تغییر ذایقه، دهان خود را با آب شست‌وشو دادند.

بازده پخت

به منظور اندازه گیری بازده پخت، وزن هر ۵ نمونه، پیش و پس از پخت با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ با ۳ تکرار اندازه گیری شد. با استفاده از رابطه ۱ بازده پخت تعیین گردید (Dreeling *et al.*, 2000).

رابطه (۱):

$$\text{بازده پخت (درصد)} = \frac{\text{وزن نمونه پخته}}{\text{وزن نمونه خام}} \times ۱۰۰$$

کاهش قطر

قطر هر یک از ۵ همبرگر، پیش و پس از پخت با کمک کولیس دستی و با ۳ تکرار اندازه گیری شد. تغییر در قطر همبرگرها با کمک رابطه ۲ بدست آمد (Modi *et al.*, 2004).

رابطه (۲):

$$\text{پخت بازده (درصد)} = \frac{\text{قطر برگر پخته شده} - \text{قطرخام وزن برگر}}{\text{قطر برگر خام}} \times ۱۰۰$$

تعیین میزان کلسترول با استفاده از روش کروماتوگرافی

میزان کلسترول هر ۵ نمونه مطابق روش استاندارد ملی ایران به شماره ۹۶۷۰ (۱۳۸۶)، با ۳ تکرار و با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی لایه نازک [3] تعیین شد.

ظرفیت نگهداری آب

برای سنجش ظرفیت نگهداری آب هر ۵ نمونه همبرگر، ۲ گرم نمونه در دو لایه کاغذ صافی واتمن شماره ۱ (وزن شده) پیچیده در یک لوله سانتریفیوژ قرار داده شد و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه برای مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید. پس از سانتریفیوژ، نمونه جدا شد و کاغذ صافی دوباره وزن گردید. ظرفیت نگهداری آب با ۳ تکرار انجام شد و بر اساس رابطه ۳ برحسب ۱۰۰ گرم آب موجود در نمونه محاسبه و بیان گردید (Desmond *et al.*, 1998).

رابطه (۳):

$$WHC(\%) = \frac{(A \times B) - C}{A \times B} \times 100$$

A : رطوبت نمونه قبل از سانتریفیوژ (گرم)

B : وزن نمونه (گرم)

C : وزن نمونه پس از سانتریفیوژ (گرم)

[1] Cook loss
[2] Diameter reduction
[3] Thin Layer Chromatography

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105]

سنجش مولفه‌های رنگی

برای ارزیابی مؤلفه‌های رنگی (*L، *a و *b)، هر ۵ نمونه با ۵ تکرار در دستگاه HunterLab (Ultrascan VIS, Hunterlab, USA) قرار داده شده و عددهای مورد نظر خوانده شدند. مؤلفه رنگ *L = میزان روشنی (Lightness) ، مؤلفه رنگ *a = میزان سبزی و قرمزی رنگ، و مؤلفه *b= نشانگر میزان آبی و زردی می‌باشد. سپس شاخص سفیدی (Whiteness) از رابطه ۴ محاسبه گردید (Shaviklo, 2006).

رابطه (۴) Whiteness= L*-3b*

آزمایش اندازه‌گیری خصوصیات بافت

آنالیز مشخصات بافت (TPA) هر ۵ نمونه مورد آزمایش با ۳ تکرار در دمای اتاق و با دستگاه بافت سنج (Texture analyzer, TA-XT2i, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., USA). برای هر تیمار، سه نمونه با سیلندر (با قطر ۲/۵ سانتیمتر) از وسط هر همبرگر جدا شد و تحت آزمون فشار دو مرحله‌ای قرار گرفت. نمونه‌ها تا ۴۰ درصد از ارتفاع اصلی خود با گوی‌های استوانه‌ای با مقطع دایره‌ای به قطر ۵ سانتی‌متر و سرعت حرکت ۵ میلی‌متر/ثانیه فشرده شدند (Rodríguez-Carpena *et al.*, 2012). فراسنجه‌های مشخصات بافت شامل سختی (N)، چسبندگی (mj)، حالت ارتجاعی، کشسانی(mm)، یکپارچگی و قوام، خاصیت صمغیت(N)، قابلیت جویدن(mj) مشخص شد.

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نتایج آزمون‌ها به صورت میانگین±انحراف معیار بیان شده است. برای آنالیز آماری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، از نرم‌افزار NCSS 2007 (Statistical Software, Kaysville, UT) استفاده شد. اختلاف معنی‌دار داده‌ها در سطح احتمال ۵٪ تعیین گردید. برای ارزشیابی داده‌های حسی و رسم نمودار PCA، از نرم‌افزار آماری Unscracbler(V. 9.7, CAMO Software AS, Oslo, Norway) استفاده شد.

نتایج

همانطوریکه انتظار می‌رفت تفاوت معنی‌داری در مقدار ترکیبات تقریبی در نمونه‌های همبرگر دیده شد (جدول ۲). بر این اساس درصد رطوبت، خاکستر و پروتئین در تیمارها با افزایش مقدار ایزوله پروتئین ماهی در همبرگر افزایش یافت بطوریکه مقادیر این شاخص‌ها در تیمار حاوی ۱۲ درصد FPI بترتیب ۶۷/۸۴، ۴/۹۴ و ۲۶/۴۰ درصد بود که به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$). همچنین مقدار چربی با افزایش مقدار ایزوله در فرمولاسیون کاهش معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). مقدار چربی در تیمار ۴ (حاوی ۱۲درصد ایزوله پروتئین ماهی) ۰/۸ درصد و در نمونه صفر (فاقد ایزوله پروتئین ماهی) ۱۲/۰۹ درصد بود. این مهم به دلیل حذف و یا کم شدن مقدار چربی در نمونه‌ها و جایگزین شدن ایزوله پروتئین ماهی با چربی و ماهیت متفاوت این دو ماده است. در بررسی مقایسه‌ای مقدار pH در تیمارهای تحقیق، مشخص گردید که میزان pH در تیمارها (۵/۸۹-۵/۸۲) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند ($p>۰/۰۵$).

جدول ۲: ترکیبات تقریبی نمونه های همبرگر تولیدی با سطوح مختلف ایزوله پروتئین ماهی

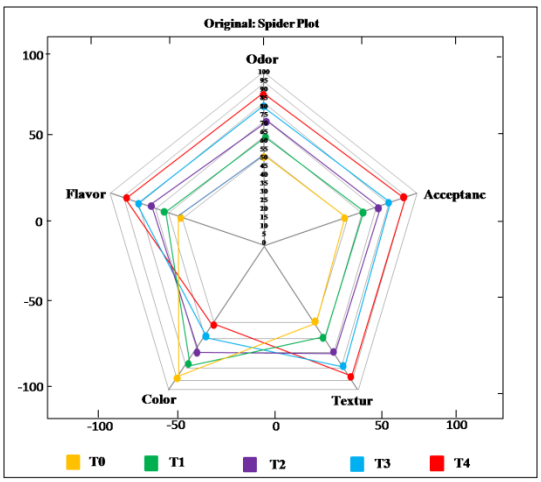
Table 2: Proximate analysis of hamburgers incorporated with different levels of FPI.

نمونه ها	رطوبت (٪)	خاکستر (٪)	چربی (٪)	پروتیین (٪)
تیمار ۰	۶۴/۴۳±۰/۲۴^{b}	۲/۲۶±۰/۰۸^{d}	۱۲/۰۹±۰/۴۷^{a}	۲۱/۲۱±۰/۱۳^{d}
تیمار ۱	۶۲/۵۷±۰/۴۳^{b}	۳/۹۲±۰/۰۵^{c}	۸/۹۳±۰/۷۷^{b}	۲۴/۵۸±۰/۲۸^{c}
تیمار ۲	۶۴/۵۷±۰/۵۰^{b}	۴/۰۶±۰/۰۱^{c}	۵/۸۹±۰/۶۶^{c}	۲۵/۴۹±۰/۱۷^{b}
تیمار ۳	۶۷/۳۵±۰/۰۱^{a}	۴/۶۵±۰/۰۷^{b}	۲/۴۰±۰/۳۳^{d}	۲۵/۶۰±۰/۴^{b}
تیمار ۴	۶۷/۸۴±۰/۰۹^{a}	۴/۹۷±۰/۱۳^{a}	۰/۸۰±۰/۲۰^{e}	۲۶/۴۰±۰/۴۳^{a}

اعداد داخل جدول بیانگر میانگین و انحراف معیار (*Mean ± SD*) سه تکرار می‌باشد. حروف کوچک متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست. حروف بالانویس کوچک غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در هر ستون است. تیمار صفر: همبرگر شاهد فاقد ایزوله پروتئین ماهی؛ تیمار ۱: همبرگر حاوی ۳ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ تیمار ۲: همبرگر حاوی ۶ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ تیمار ۳: همبرگر حاوی ۹ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ تیمار ۴: همبرگر حاوی ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی.

The numbers inside the table represent the mean and standard deviation (Mean ± SD) of three replicates. Different superscripts in each column show significant difference amoung treatments. T0: Hamburger without FPI (Control); T1: Hamburger with 3% FPI; T2: Hamburger with 6% FPI; T3: Hamburger with 9% FPI; T4: Hamburger with 12% FPI.

با توجه به نتایج آزمون حسی (شکل۱) مشخص گردید که تفاوت معنی‌داری بین رنگ و بوی نمونه‌ها مشاهده نشد ($p<۰/۰۵$)، ولی نمونه‌ها در طعم، بافت و پذیرش کلی اختلاف معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۵$). تیمارهای حاوی ایزوله پروتئین ماهی امتیاز طعم، بافت و پذیرش کلی بیش‌تری دریافت کردند. بیش‌ترین امتیاز در بین آن‌ها مربوط به تیمار ۴ با ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی بود. نتایج بدست آمده از سنجش ظرفیت نگهداری آب، بازده پخت و کاهش قطر نمونه‌ها حاکی از تاثیر معنی‌دار افزودن ایزوله پروتئین ماهی به نمونه‌های همبرگر است. بالاترین ظرفیت نگهداری آب (۵۲/۵۰ درصد) و بازده پخت (۹۱/۷۵ درصد) و نیز کمترین کاهش قطر (۹/۸۵ درصد) نیز مربوط به تیمار ۴ با ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی بود. بافت این تیمار همچنین دارای بیش‌ترین حالت ارتجاعی (۰/۴۹)، قوام (۰/۷۴) و قابلیت جویدن (۱۶۵/۱۵ mj) بود (شکل ۲ الی ۴).

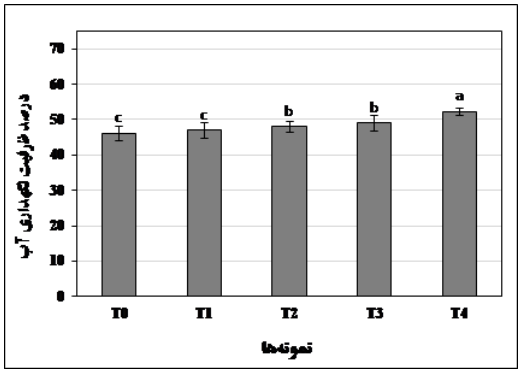


شکل ۱: نتایج حاصل از ارزشیابی حسی همبرگر حاوی مقادیر متفاوت ایزوله پروتئین ماهی

Figure 1: Results from sensory evaluation of hamburgers incorporated with different levels of FPI

T0 **: همبرگر شاهد فاقد ایزوله پروتئین ماهی؛** ***T1*****: همبرگر حاوی ۳ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛** ***T2*****: همبرگر حاوی ۶ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛** ***T3*****: همبرگر حاوی ۹ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛** ***T4*****: همبرگر حاوی ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی**

T0: Hamburger without FPI (Control); T1: Hamburger with 3% FPI; T2: Hamburger with 6% FPI; T3: Hamburger with 9% FPI; T4: Hamburger with 12% FPI.

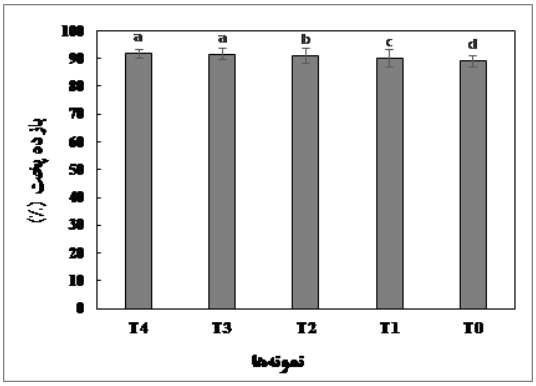


شکل ۲: ظرفیت نگهداری آب در همبرگر حاوی مقادیر مختلف ایزوله‌ی پروتئین ماهی

Figure 2: Water holding capacity of hamburgers incorporated with different levels of FPI

حروف بالانویس کوچک غیر یکسان نشان‌دهندهی اختلاف معنی دار در هر ستون است. T0 : همبرگر شاهد فاقد ایزوله پروتئین ماهی؛ T1: همبرگر حاوی ۳ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T2: همبرگر حاوی ۶ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T3: همبرگر حاوی ۹ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T4: همبرگر حاوی ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی

Different superscripts show significant difference in each column. T0: Hamburger without FPI (Control); T1: Hamburger with 3% FPI; T2: Hamburger with 6% FPI; T3: Hamburger with 9% FPI; T4: Hamburger with 12% FPI



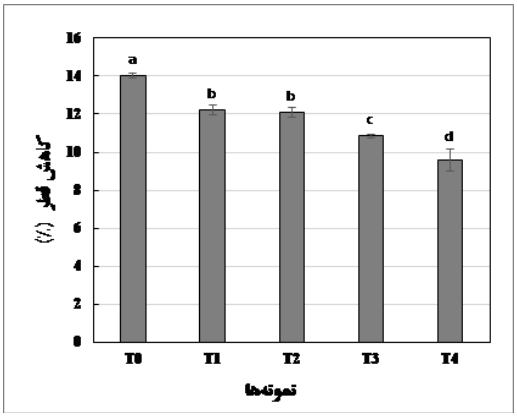
شکل ۳: میزان بازده پخت در در همبرگر حاوی مقادیر مختلف ایزوله پروتئین ماهی

Figure 3: Cooking yield (%) of hamburgers incorporated with different levels of FPI

حروف بالانویس کوچک غیر یکسان نشان‌دهندهی اختلاف معنی دار در هر ستون است. T0 : همبرگر شاهد فاقد ایزوله پروتئین ماهی؛ T1: همبرگر حاوی ۳ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T2: همبرگر حاوی ۶ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T3: همبرگر حاوی ۹ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T4: همبرگر حاوی ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی

Different superscripts show significant difference in each column. T0: Hamburger without FPI (Control); T1: Hamburger with 3% FPI; T2: Hamburger with 6% FPI; T3: Hamburger with 9% FPI; T4: Hamburger with 12% FPI.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105]



شکل ۴: اندازه قطر در در همبرگر حاوی مقادیر مختلف ایزوله پروتئین ماهی

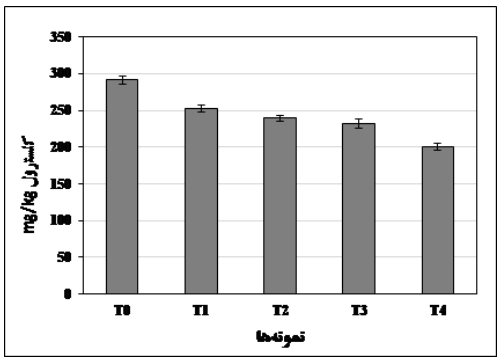
Figure 4: Diameter reduction of hamburgers incorporated with different levels of FPI

حروف بالانویس کوچک غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در هر ستون است. T0 : همبرگر شاهد فاقد ایزوله پروتئین ماهی؛ T1: همبرگر حاوی ۳ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T2: همبرگر حاوی ۶ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛T3: همبرگر حاوی ۹ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T4: همبرگر حاوی ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی

Different superscripts show significant difference in each column. T0: Hamburger without FPI (Control); T1: Hamburger with 3% FPI; T2: Hamburger with 6% FPI; T3: Hamburger with 9% FPI; T4: Hamburger with 12% FPI.

مقدار کلسترول نمونه‌ها (شکل ۵) با افزایش مقدار ایزوله پروتئین ماهی در فرمولاسیون، کاهش معنی‌داری داشت ($p<0/05$). مقدار کلسترول در تیمار صفر (فاقد ایزوله پروتئین ماهی) ۲۹۵ mg/kg و در تیمار ۴ با ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی ۲۰۰ mg/kg گزارش شد. بدیهی است که این مهم به دلیل کاهش مقدار چربی در تیمارهای حاوی ایزوله پروتئین ماهی بوده است. نتایج آزمون سنجش مولفه‌های رنگی همبرگرهای تولیدی (جدول ۳) بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار($p<0/05$) بین مولفه‌های*L (روشنایی) و سفیدی در نمونه‌ها است. بیشترین مقدار شاخص روشنایی رنگ (*L)، میزان قرمزی (*a) و زردی (*b) مربوط به تیمارهای صفر (فاقد ایزوله پروتئین ماهی) و تیمار ۱ (حاوی ۳ درصد ایزوله پروتئین ماهی) بوده است که با افزایش ایزوله پروتئین ماهی در فرمولاسیون همبرگر کاهش یافته اند.

نتایج مربوط به سنجش ویژگی‌های بافت همبرگرهای تولیدی (جدول ۴) حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در حالت ارتجاعی، یکپارچگی و قوام و قابلیت جویدن بین نمونه‌های تولیدی است ($p<0/05$). بالاترین امتیاز این شاخص‌ها مربوط به تیمار ۴ حاوی ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی بود. مقدار سختی(N) نمونه‌های همبرگر ۳۷/۲۸-۳۴/۶۲ ، چسبندگی (mJ) ۵/۲۸-۳/۹۶، کشسانی (mm) ۱/۷۲-۰/۸۶ و صمغیت (N) ۲۷/۸۷-۲۲/۰۷ بین نمونه‌ها متغیر بود، ولی اختلاف معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد ($p>0/05$).



شکل ۵: میزان کلسترول در همبرگر حاوی مقادیر مختلف ایزوله پروتئین ماهی

Figur 5: Cholestrol leval (mg/kg) of hamburgers incorporated with different levels of FPI.

حروف بالانویس کوچک غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در هر ستون است. T0 : همبرگر شاهد فاقد ایزوله پروتئین ماهی؛ T1: همبرگر حاوی ۳ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T2: همبرگر حاوی ۶ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T3: همبرگر حاوی ۹ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T4: همبرگر حاوی ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی.

Different superscripts show significant difference in each column. T0: Hamburger without FPI (Control); T1: Hamburger with 3% FPI; T2: Hamburger with 6% FPI; T3: Hamburger with 9% FPI; T4: Hamburger with 12% FPI.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105]

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

جدول ۳: مولفه‌های رنگ همبرگرهای تولیدی با سطوح مختلف FPI

Table 3: Color attributes of hamburgs developed from different levels of FPI.

	L*	a*	b*	سفیدی
تیمار صفر	۴۰/۲۰ ±۰/۴۹^{a}	۷/۸۰ ±۰/۷۲^{a}	۱/۵۱ ±۰/۵۱^{a}	۳۵/۶۷ ±۰/۸۴^{a}
تیمار ۱	۴۰/۰۶ ±۰/۵۶^{a}	۸/۲۲ ±۰/۱۷^{a}	۱/۷۶ ±۰/۴۸^{a}	۳۴/۷۸ ±۰/۳۱^{a}
تیمار ۲	۳۷/۰۶ ±۰/۶۲^{b}	۹/۰۶ ±۰/۹۱^{a}	۱/۳۷ ±۰/۲۹^{a}	۳۲/۹۴ ±۰/۳۶^{b}
تیمار ۳	۳۶/۸۹ ±۰/۹۸^{b}	۹/۰۷ ±۰/۳۳^{a}	۱/۳۲ ±۰/۹۹^{a}	۳۲/۹۹ ±۰/۴۵^{b}
تیمار ۴	۳۵/۸۴ ±۰/۰۹^{b}	۷/۷۲ ±۰/۱۸^{a}	۱/۵۲ ±۰/۸۹^{a}	۳۱/۲۶ ±۰/۸۱^{b}

حروف بالانویس کوچک غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در هر ستون است. تیمار صفر: همبرگر شاهد فاقد ایزوله پروتئین ماهی؛ تیمار ۱: همبرگر حاوی ۳ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ تیمار ۲: همبرگر حاوی ۶ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ تیمار ۳: همبرگر حاوی ۹ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ تیمار ۴: همبرگر حاوی ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی

Different superscripts show significant difference in each column. T0: Hamburger without FPI (Control); T1: Hamburger with 3% FPI; T2: Hamburger with 6% FPI; T3: Hamburger with 9% FPI; T4: Hamburger with 12% FPI.

جدول ۴: شاخص های بافت نمونه همبرگرهای تولیدی با سطوح مختلف ایزوله پروتئین ماهی

Table 4: Texture profile analysis of hamburgers incorporated with different levels of FPI.

	سختی (N)	چسبندگی (mJ)	حالت ارتجاعی	کشسانی (mm)	یکپارچگی و قوام	صمغیت (N)	قابلیت جویدن (mJ)
تیمار صفر	۳۴/۶۲±۷/۶۰^{a}	۴/۹۸±۶/۰۲^{a}	۰/۳۹±۰/۰۲^{c}	۰/۸۶±۰/۹۱^{a}	۰/۶۳±۰/۰۳^{b}	۲۳/۱۲±۶/۷۰^{a}	۱۰۴/۵۵±۲۹/۰۶^{b}
تیمار ۱	۳۲/۲۲±۱/۶۵^{a}	۳/۹۶±۴/ ۶۳^{a}	۰/۴۱±/۰۲^{c}	۱/۴۵±۰/۱۹^{a}	۰/۶۴±۰/۰۳^{b}	۲۲/۰۷±۱/۳۵^{a}	۹۹/۳۸±۷/۹۷^{b}
تیمار ۲	۳۱/۸۲±۶/۵۲^{a}	۵/۲۸±۱/ ۴۱^{a}	۰/۴۵±/۰۰^{b}	۱/۵۶±۰/۸۹^{a}	۰/۶۷±۰/۰۱^{b}	۲۹/۹۶±۴/۸۴^{a}	۱۱۵/۳۱±۲۴/۸۷^{a}
تیمار ۳	۳۴/۸۹±۰/۶۰^{a}	۴/۳۳±۰/۴۵^{a}	۰/۵۰±۰/۰۰^{a}	۱/۷۲±۰/۱۴^{a}	۰/۷۲±۰/۰۲^{a}	۲۴/۳۱±۰/۲۹^{a}	۱۳۸/۰۷±۷/۲۲^{a}
تیمار ۴	۳۷/۲۸±۱۱/۴۱^{a}	۴/۶۵±۶/۲۷^{a}	۰/۴۹±۰/۰۶^{a}	۱/۰۵±۰/۲۲^{a}	۰/۷۴±۰/۰۶^{a}	۲۷/۸۷±۶/۹۰^{a}	۱۶۵/۱۵±۵۱/۶۲^{a}

حروف بالانویس کوچک غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در هر ستون است. T0: همبرگر شاهد فاقد ایزوله پروتئین ماهی؛ T1: همبرگر حاوی ۳ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T2: همبرگر حاوی ۶ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T3: همبرگر حاوی ۹ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T4: همبرگر حاوی ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی.

Different superscripts show significant difference in each column. T0: Hamburger without FPI (Control); T1: Hamburger with 3% FPI; T2: Hamburger with 6% FPI; T3: Hamburger with 9% FPI; T4: Hamburger with 12% FPI

بحث

ایزوله پروتئین ماهی دارای ۷۰/۸۰ درصد رطوبت، ۲۳/۶۱ درصد پروتئین، ۵/۷۰ درصد چربی و ۰/۸۸ درصد خاکستر بود. آمیخته شدن این ماده در فرمولاسیون همبرگرهای تولیدی، مانند افزودن هر ماده پروتئینی به فرمولاسیون محصولات گوشتی، سبب تغییر معنی‌دار در ترکیبات تقریبی نمونه‌های مورد آزمایش شد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۲؛ خانی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). این یافته‌ها با نتایج بدست آمده از پژوهش‌های پیشین که ایزوله پروتئین ماهی در فرمولاسیون توپک ماهی (Shaviklo *et al.*, 2009) و برگر ماهی (Shaviklo *et al.*, 2016) استفاده شد همخوانی دارد. این پژوهش همچنین همسو با مطالعه انجام شده در خصوص افزودن ایزوله پروتئین ماهی به توپک ماهی تیلاپیا و غنی سازی کوفته‌ی گوشت و ماهی با ایزوله پروتئین ماهی است (Ibrahim, 2015). مقدار pH یکی از عوامل مهم تاثیرگذار در استحکام امولسیون فرآورده‌های گوشتی از جمله همبرگر است. هر گونه تغییر در pH محصول بر ویژگی‌های کاربردی آن از جمله ظرفیت نگهداری آب اثری منفی دارد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۲). در تیمارهای تحقیق، میزان pH در تیمارها (۵/۸۹-۵/۸۲) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند ($p>0/05$). این نتایج همسو با پژوهش (Shaviklo *et al.*, 2016) در خصوص تولید برگرماهی حاوی ایزوله پروتئین ماهی و متفاوت از مطالعه (Ibrahim, 2015) هنگام آمیختن ایزوله پروتئین ماهی به توپک گوشت بود. این اختلاف می‌تواند مربوط به ماهیت متفاوت مواد اولیه و افزودنی‌ها باشد.

ظرفیت نگهداری آب، بازده پخت و کاهش قطر نمونه‌ها از مهم‌ترین آزمون‌های تعیین کیفیت فرآورده‌های گوشتی هستند. آزاد شدن چربی و آب عامل اصلی کاهش این شاخص‌هاست و

[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105]

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105]

بستگی به قدرت تشکیل ژل توسط پروتئین‌ها و نیز تغییر ماهیت پروتئین‌ها هنگام فرآیند حرارتی دارند (Brewer, 2012). پروتئین‌ها در فرآیند حرارتی تغییر ماهیت می دهند و شبکه‌های پروتئینی علاوه بر پیوندهای هیدروژنی بوسیله پیوندهای هیدروفوبی و دی سولفیدی تثبیت می‌شوند (Kristinsson *et al.*, 2005). در تیمارهای حاوی ایزوله پروتئین ماهی، مقدار پروتئین افزایش داشته است. در نتیجه، این پیوندها باعث ایجاد حالت الاستیکی بیشتر در همبرگر کم‌چرب (تیمار ۴ حاوی ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی) شده است. در این مطالعه بالاترین ظرفیت نگهداری آب و بازده پخت و نیز کم‌ترین کاهش قطر مربوط به تیمار ۴ با ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی بود. این نتایج همسو با مطالعه (Ibrahim, 2015) در خصوص آمیختن ایزوله پروتئین ماهی به توپک گوشت و (Venturini *et al.*, 2013) در باره‌ی جایگزین کردن چربی همبرگر گوشت گاو با فرآورده‌ی پروتئینی شیر سویا[1] است. همچنین در مطالعه‌ای که توسط Soltanizadeh و همکاران (۲۰۱۵) بر تولید همبرگر کم‌چرب با استفاده از آلوئه ورا انجام شده این پژوهشگران ساختار موسیلاژی آلوئه ورا را سبب حفظ رطوبت و در نتیجه کاهش میزان جمع شدگی (خروج آب و چربی) هنگام پخت اعلام کردند. چنین پدیده‌ای در مورد ایزوله پروتئین ماهی نیز هنگام فرآیند حرارتی قابل پیش‌بینی است. تشکیل ژل ناشی از تغییراتی است که در ساختار پروتئین و گروه‌های باردار بوجود می‌آید که منجر به در سطح قرار گرفتن مناطق اتصال با آب می‌شود. در نتیجه، با افزایش قطبیت پروتئین، میزان اتصال با آب افزایش می‌یابد (Kristinsson *et al.*, 2005). این مهم همچنین سبب ایجاد ساختار شبکه‌ای برای محصور کردن مولکول‌های آب و چربی و در نتیجه افزایش قدرت نگهداری آب و بازده پخت می شود (Kim, 2013).

از سوی دیگر، ویژگی‌های کاربردی پروتئین‌ها تحت تاثیر روابط متقابل آب و پروتئین‌هاست و در نهایت وابسته به این است که در یک فرآورده خوراکی چگونه یک پروتئین به آب متصل می‌شود و آن را حفظ می‌کند. در ایزوله پروتئین ماهی قابلیت اتصال به آب پروتئین به دلیل حفظ پروتئین‌های سارکوپلاسمی افزایش می‌یابد و تشکیل ژل توسط پروتئین‌های ماهی مهم‌ترین گام در ایجاد یک بافت مناسب در فرآورده‌های فرموله شده است (Kristinsson *et al.*, 2005). توانایی پروتئین‌های میوفیبریلی برای امولسیون ذرات چربی و توانایی تشکیل ژل آنها هنگام حرارت دادن، حضور آنها در فرآورده‌های گوشتی فرموله شده را ضروری کرده است (Vann and DeWitt, 2007).

یکی از مهمترین عوامل موفقیت یک محصول در بازار پذیرش آن توسط مصرف‌کنندگان و تمایل آنان به ادامه مصرف است (شویک‌لو و همکاران، ۱۳۹۷). در میان ویژگی‌های حسی بافت، یک ویژگی حسی مهم در ارزیابی کیفیت غذاست و درک انسان از طعم غذا از واکنش‌های حسی و فیزیکی در طی جویدن بدست می‌آید (Brewer, 2012). در این پژوهش بهترین شاخص‌های بافت مربوط به تیمار ۴ حاوی ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی است که دلیل آن می‌تواند به دلیل بالاتر بودن مقدار پروتئین در آن و دارا بودن قدرت ژلی بیشتر باشد. ژله‌ای شدن یا قدرت ژلی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های بافتی پروتئین‌های عضلانی طی فرآیند حرارتی است و عامل ایجاد بافت منحصربفرد فرآورده‌های گوشتی فرموله شده مانند همبرگر است. پروتئین‌های میوفیبریلی مسوول ایجاد چنین ساختاری هستند (Shaviklo *et al.*, 2009). از سویی، بافت ایزوله پروتئین بستگی به نوع فرآیند اسیدی/ قلیایی دارد. پروتئین‌های ایزوله شده در pH قلیایی به طور عمده ویژگی‌های بافت بهتری نسبت به پروتئین‌های ایزوله شده در pH اسیدی دارند (Hultin *et al.*, 2005). بعلاوه، افزایش قوام در نمونه‌های حاوی ایزوله به طور عمده به دلیل وجود پروتئین‌های میوفیبریلی بیشتر در این نمونه‌هاست که بیشتر فضای سلولی را اشغال می‌کنند و به علت ساختار خود ظرفیت هیدرودینامیک بالا و در تشکیل شبکه ژلی نقش عمده‌ای دارند (Kristinsson *et al.*, 2005). تاثیر ایزوله پروتئین ماهی در بهبود بافت فرآورده‌های توپک ماهی (Shaviklo *et al.*, 2009)، توپک گوشت (Ibrahim, 2015) و برگر ماهی (Shaviklo *et al.*, 2016) گزارش شده است.

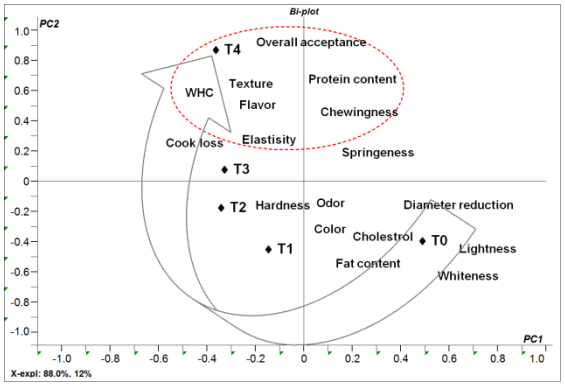
رنگ یک فرآورده خوراکی بستگی به اجزای تشکیل دهنده و فرآیند حرارتی مورد استفاده دارد. گوشت گوساله و ایزوله پروتئین ماهی از اجزای اصلی فرمولاسیون همبرگر کم‌چرب بودند و مقدار آنها تاثیر قابل توجهی بر رنگ محصول تولیدی داشته است. در این مطالعه، ایزوله پروتئین از گوشت تیره ماهی تون ساخته شد و در این نوع عضله پروتئین‌های سارکوپلاسمی که حاوی رنگدانه‌های هموگلوبین و میوگلوبین زیادی هستند، حضور فراوان دارند. در نتیجه ایزوله تولیدی دارای رنگی تیره‌تری نسبت به گوشت گوساله بود. بر پایه پژوهش‌های انجام شده، هر چه مقدار رنگدانه‌ها در ماده خام بیش‌تر باشد، ایزوله پروتئین تیره‌تری تولید می‌شود (Shaviklo, 2006; Nolsøe & Undeland, 2009؛ شویک‌لو، ۱۳۹۶). به همین دلیل کمترین مقدار روشنایی و کمترین مقدار سفیدی مربوط به

[1] Okara

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105]

تیمار ۴ حاوی ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی بود. نتایج مشابهی نیز در گزارش Turhan و همکاران (۲۰۰۵) هنگام استفاده از پوسته فندق در تولید همبرگر کم‌چرب و مطالعه Venturini و همکاران (۲۰۱۳) هنگام استفاده از پروتئین گیاهی شیر سویا در ساخت همبرگر کم‌چرب بدست آمده است. افزودن پوسته فندق به همبرگر موجب پایین آمدن شاخص روشنایی (L*) و آمیختن پروتئین گیاهی شیر سویا باعث افزایش روشنایی همبرگر شد. در خصوص کاهش کلسترول نمونه‌های همبرگر نتایج مشابهی توسط Venturini و همکاران (۲۰۱۳) هنگام جایگزین کردن چربی همبرگر گوشت گاو با ماده پروتئینی بر پایه شیر سویا (اوکارا) گزارش شده است. این پژوهشگران بر استفاده از افزوده‌های پروتئینی برای کاهش چربی و کاهش کلسترول همبرگر گوشت در جهت ارتقاء سلامت مصرف کننده و بهبود کیفییت خوراکی محصول تاکید کردند. نمودار تحلیل مولفه‌های اصلی داده‌های حسی و سایر ویژگی‌های کیفی همبرگرهای تولیدی از گوشت گوساله و ایزوله پروتئین ماهی، حاکی از طبقه‌بندی نمونه‌ها با توجه به مقدار ایزوله پروتئین ماهی در آنهاست که به طور مجزا در شکل ۶، دسته‌بندی شده‌اند. با افزایش مقدار ایزوله پروتئین ماهی در نمونه‌ها ویژگی‌های حسی همبرگرهای مورد بررسی امتیاز بیشتری را کسب کرده‌اند. با توجه به این داده‌ها و نتایج ویژگی‌های کاربردی می‌توان نتیجه گرفت که مقدار بهینه ایزوله پروتئین ماهی در همبرگر کم‌چرب ۱۲ درصد است. این نمونه ضمن دارا بودن ویژگی‌های حسی بهتر، مقدار کلسترول کمتر، ظرفیت نگهداری آب، حالت ارتجاعی، قوام و قابلیت جویدن بیشتر، مقدار پروتئین بیشتر را کسب کرده است .

به طور کلی، جایگزینی مستقیم چربی با پروتئین‌ها به دلیل عملکرد عالی و خواص تغذیه‌ای آنها رویکردی جذاب برای کاهش چربی در فرآورده‌های گوشتی است. ایزوله پروتئین ماهی بیشتر حاوی پروتئین‌های میوفیبریلی است و افزودن آن به عنوان جایگزین چربی به فرمولاسیون فرآورده‌های گوشتی می‌تواند موجب بهبود بافت محصول و پایداری حسی و کیفی آن شود. از نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که در باز طراحی فرمولاسیون فرآورده‌های خوراکی، استفاده از آنالیز تشریحی کمّی و آنالیز مؤلفه‌های اصلی نتایج رضایت بخشی را بهمراه خواهد داشت. بنظر می‌رسد، یافته‌های بدست آمده در این پژوهش برای تولید همبرگر کم‌چرب و کم کلسترول، کاربردی و معتبر باشد. آمیختن ایزوله پروتئین ماهی به فرمولاسیون فرآورده‌های فرموله شده پروتئینی از سویی، می‌تواند موجب بهبود ویژگی‌های حسی و کیفیت آن شود و از سوی دیگر، پاسخ به انتظار مصرف‌کنندگانی باشد که تمایل به مصرف مواد خوراکی کم‌چرب دارند. در راستای ارتقاء امنیت غذایی جامعه، این رویکرد مهم است و شایسته است مورد توجه سیاستگذاران صنعت غذا قرار گیرد.



شکل ۶: تحلیل مولفه‌های اصلی *(PCA)* بر اساس داده‌های حسی و برخی ویژگی‌های کیفی همبرگرهای حاوی ایزوله پروتئین ماهی.

Figure 6: Principal component analysis (PCA) based on sensory data and some quality characteristics of hamburgers incorporated with different levels of FPI

پیکان رسم شده در نمودار، روند بهبود کیفیت و ویژگی‌های حسی همبرگرها را براساس افزایش مقدار ایزوله پروتئین ماهی در فرمولاسیون نشان می‌دهد. بدین معنا که با افزایش مقدار این افزوده، ویژگی‌های مذکور بهبود می‌یابد. بهترین نمونه براین اساس نمونه T4 است. (T0: همبرگر شاهد فاقد ایزوله پروتئین ماهی؛ T1: همبرگر حاوی ۳ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T2: همبرگر حاوی ۶ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T3: همبرگر حاوی ۹ درصد ایزوله پروتئین ماهی؛ T4: همبرگر حاوی ۱۲ درصد ایزوله پروتئین ماهی).

The arrow arranged in the figure illustrates the trend of improving the quality and sensory properties of the hamburgers based on the increase of FPI in the formulation. This means that by increasing the amount of FPI, the quality and sensory properties will improve. Therfore, T4, is the best prototype. (T0: Hamburger without FPI (Control); T1: Hamburger with 3% FPI; T2: Hamburger with 6% FPI; T3: Hamburger with 9% FPI; T4: Hamburger with 12% FPI).

تشکر و قدردانی

از پشتیبانی‌های موسسه‌ی تحقیقات علوم دامی کشور و دانشگاه آزاد اسلامی-واحد علوم و تحقیقات در اجرای این پروژه سپاسگزاری می‌شود.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105]

منابع

استاندارد ملی ایـران، ۱۳۸۶. روغـنهـا و چربیهای گیاهی و حیوانی- انـدازهگیـری میـزان اسـترولهـای خاص و استرول تام با گازکروماتوگرافی- روش آزمون. شـماره استاندارد ایران ۹۶۷۰، چاپ اول، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صـنعتی ایـران.

حسینی، ه.، افشاری، ر.، کمیلی فنود، ر. و مقنیان، م.، ۱۳۹۱. بررسی تأثیر جایگزینی روغنهای زیتون و کانولا بر خواص فیزیکی، شیمیایی و حسی همبرگر کم چرب. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۷(۵): ۲۵۳-۲۶۱.

خانی‌پور، ع.، فتحی، س. و فهیم دژبان، ی. ۱۳۹۲. بررسی شاخص‌های شیمیایی فساد و تعیین عمرماندگاری برگر تلفیقی (ماهی کیلکا-کپور نقره‌ای) در طول نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سلسیوس. مجله علمی شیلات، ۲۲(۳): ۴۱-۴۹.

شویک‌لو ا.، ۱۳۹۷. آنالیز و تفسیر داده‌های حسی با استفاده از تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA). فصلنامه علمی-پژوهشی علوم و صنایع غذایی ایران، ۸۰-(۱۵): ۳۶۱-۳۷۷.

شویک‌لو ا، ابوالقاسمی ج، مهدوی عادلی ح.، ۱۳۹۷. کاربرد ترکیبی مدل D-optimal Mixture Design، آنالیز تشریحی کمّی (QDA) و آنالیز مولفه های اصلی (PCA) در طراحی و ساخت توپک ماهی آمیخته شده با ایزوله ی پروتئین مرغ. فصلنامه علمی-پژوهشی علوم و صنایع غذایی ایران. ۸۲(۱۵): ۲۲۳-۲۳۶.

شویک‌لو، ا.، ۱۳۹۶. بهینه‌سازی فرآیند تولید و ساخت ایزوله پروتئین ماهی برای کاربردهای خوراکی. طرح ملی شماره ۹۲۰۴۴۸۴۴. صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران. معاونت علمی و فنی ریاست جمهوری، تهران.

مرادی ی، مصدق م، فهیم دانش م.، ۱۳۹۲. ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و حسی برگر تولید شده با نسبت‌های متفاوت گوشت مرغ و ماهی (کیلکا). ۱۳۹۲. مجله علمی شیلات، ۲۲(۳): ۱۱۳-۱۲۵.

Akwetey, W. and Knipe, C., 2012. Sensory attributes and texture profile of beef burgers with gari. *Meat Science*, 4: 745–748. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.06.032.

AOAC., 2005. Official Method of Analysis (17thed). Washington, DC: Association of Official Analytical chemists.

Arihara, K., 2006. Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Science*, 1: 219-229. DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.04.028.

Biesalski, H.K., 2005. Meat as component of a healthy diet are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science*, 70: 509–524. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.07.017.

Brewer, M.S., 2012. Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality: A review. *Meat Science*, 4: 385-395. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.02.024.

De Silva, P., Kalubowila, A. and Lalantha, N., 2011. Plant protein sources as an ingredient in ready to eat veggie burgers: Nutritional, sensory and physicochemical properties evaluation. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 15: 2043–2046. DOI: 10.3923/javaa.2011.2043. 2046.

Desmond, E.M., Troy, D.J. and Buckley, D.J., 1998. Comparative studies of nonmeat adjuncts used in the manufacture of low-fat beef burgers. *Journal of Muscle Foods*, 3: 221-241. DOI:10.1111/j.1745-4573.1998.tb00657.x.

Dreeling, N., Allen P. and Butler F., 2000. Efect of cooking method on sensory and instrumental texture attributes of low-fat beef burgers. Lebensm-Wiss. u.-Technol, 33: 234-238. DOI: 10.1006/fstl.2000.0649.

Ferguson, L.R., 2010. Meat and cancer. *Meat Science*, 84: 308–313. DOI:10.1006/fstl. 2000.0649.

Furlán, L.T.R., Padilla, A.P. and Campderrós, M.E., 2014. Development of reduced fat minced meats using inulin and bovine plasma proteins as fat replacers. *Meat Science*, 96: 762–768. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.09.015.

Garba, U. and Kaur, S., 2014. Protein isolates: production, functional properties and application. International Journal of Current Research, 3: 35 -45.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105]

Gök, V., Akkaya, L., Obuz, E. and Bulut, S., 2011. Effect of ground poppy seed as a fat replacer on meat burgers. *Meat Science*, 89: 400–404. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.04.032.

Hughes, E., Cofrades, S. and Troy, D.J., 1997. Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. *Meat Science*, 3: 273–281. DOI: 10.1016/ S0309-1740(96)00109-X.

Hultin, H.O., Kristinsson, H.G., Lanier T.C. and Park, J.W., 2005. Process for recovery of functional proteins by pH shifts. In: Park, J. W. editor, Surimi and Surimi Sea Food, Boca Raton: Taylor and Francis Group, 107-139. DOI: 10.1201/9781420028041.

Ibrahim, H.M.I., 2015. Chemical composition, minerals content, amino acids bioavailability and sensory properties of meat and fish balls containing fish protein isolate. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4: 917-933

Jiménez-Colmenero, F., 2000. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. *Trends in Food Science and Technology*, 2: 56–66. DOI: 10.1016/S0924-2244(00)00042-X.

Kim, S.K., 2013. Marine Proteins and Peptides: Biological Activities and Applications. John Wiley and Sons, Ltd. DOI: 10.1002/ 9781118375082.

Kratz, M., 2005. Dietary cholesterol, atherosclerosis and coronary heart disease. *Handbook of Experimental Pharmacology*, 170: 195–213.

Kristinsson, H.G., Theodore, A.E., Demir, N. and Ingadottir B., 2005. A comparative study between acid and alkali-aided processing and surimi processing for the recovery of proteins from channel catfish muscle. *Journal of Food Science*, 4: 298-306. DOI:10.1111/j.1365-2621.2005.tb07177.x.

Lin, J., Zhang, S. M., Cook, N. C. R., Lee, I. M. and Buring, J. E., 2004. Dietary fat and fatty acids and risk of colorectal cancer in women. *American Journal of Epidemiology*, 160: 1011–1022.

Meilgaard, M.C., Civille, G.V. and Caar, B.T., 2007. Sensory Evaluation Techniques (4th edn), Boca Raton, Florida: CRC Press, Taylor and Francis Group. DOI: 10.1201/b16452.

Modi, V., Mahendrakar, N., Narasimha Rao, D. and Sachindra, N., 2004. Quality of buffalo meat burger containing legume flours as binders. *Meat Science*, 1: 143–149. DOI: 10.1016/S0309-1740(03)00078-0.

Namir, M., Siliha, H. and Ramadan, M.F., 2015. Fiber pectin from tomato pomace: characteristics, functional properties and application in low-fat beef burger. *Food Measure*, 9: 305–312. DOI: 10.1007/s11694-015-9236-5.

Nolsøe, H. and Undeland, I., 2009. The acid and alkaline solubilization process for the isolation of muscle proteins: state of the art. Food Bioprocess Technology, 2: 1-27. DOI: 10.1007/s11947-008-0088-4.

Puri, R., Khamrui, K., Khetra, Y. and Devraja, H.C., 2016. Quantitative descriptive analysis and principal component analysis for sensory characterization of Indian milk product *cham-cham. Journal of Food Science and Technology*, 2: 1238–1246. DOI: 10.1007/s13197-015-2089-4.

Rodríguez-Carpena, J. G., Morcuende, D. and Estévez, M., 2012. Avocado, sunflower and olive oils as replacers of pork back-fat in burger patties: Effect on lipid composition, oxidative stability and quality traits. *Meat Science*, 90: 106–115. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.06.007.

Selani, M.M., Shirado, G.A.N., Margiotta, G.B., Saldaña E., Spada, F.P., Piedade, S.M.S., Contreras-Castillo, C.J. and Canniatti-

Brazaca, S.G., 2016. Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. *Meat Science*, 112: 69–76. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.10.020.

Shaviklo, G.R., 2006. Quality assessment of fish protein isolates using surimi standards methods. PDF E-Book, United Nations University- Fisheries Training Programme, Reykjavik, Iceland. Book

Shaviklo, G.R., Arason, S., Thorkelsson, G., Sveinsdottir, K. and Martinsdottir, E., 2009. Sensory attributes of haddock balls affected by added fish protein isolate and frozen storage. *Journal of Sensory Studies*, 25: 316–331. DOI:10.1111/j.1745-459X.2009.00260.x.

Shaviklo, A.R., Thorkelsson, G. and Arason S., 2012. Quality changes of fresh and frozen protein solutions extracted from Atlantic cod (*Gadus morhua*) trim as affected by salt, cryoprotectants and storage time. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12: 41-51. DOI: 10.4194/1303-2712-v12_1_06.

Shaviklo, A.R. and Fahim, A., 2014. Quality improvement of silver carp fingers by optimizing the level of major elements influencing texture. *International Food Research Journal*, 1: 283-290.

Shaviklo, A.R., Moradinezhad, N., Abolghasemi, S.J., Motamedzadegan, A., Kamali-Damavandi, N. and Rafipour, F., 2016. Product optimization of fish burger containing tuna protein isolates for better sensory quality and frozen storage stability. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16: 923-933. DOI: 10.4194/1303-2712-v16_4_20.

Singh, R., 2016. Quantitative descriptive analysis and principal component analysis for sensory characterization of pizza. Master thesis. ICAR-National Dairy Research Institute, Karnal (Deemed University). India

Soltanizadeh, N. and Ghiasi-Esfahani, H., 2015. Qualitative improvement of low meat beef burger using Aloe vera. *Meat Science*, 99: 75–80. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.09.002.

Turhan, S., Sagir, I. and Ustun, S., 2005. Utilization of hazelnut pellicle in low-fat beef burger. *Meat Science*, 71, 312–316. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.03.027.

Vann, D.G. and DeWitt, C.A.M., 2007. Evaluation of solubilized proteins as an alternative to phosphates for meat enhancement. *Journal of Food Science*, 72: 72–77. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2006.00238.x.

Venturini, A.C., Su, S.I.T., Yoshida, C.M.P., Contreras-costillo, C.J. and Quinones, E.M., 2013. Okara, a Soymilk Industry By-product, as a Non-Meat Protein Source in Reduced Fat Beef Burgers. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 1: 52-56. DOI: 10.1590/S0101-20612013000500009

.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105] [DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3] [Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.2.20.3]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119105]

Determination of an optimum level of fish protein isolate as a fat replacer in low fat hamburger development using QDA and PCA analaysis

Hoseini Shekarabi S.P.[1]; Shaviklo A.R.[2*]; Razmjo A.[1]

[*]shaviklo@gmail.com

1-Department of food science and technology, Ialamic Azad university- Research and science branch, Tehran Iran

2-Department of Animal Products Processing, Animal Science Research institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Abstract

The aim of this study was to determine the optimum level of fish protein isolate (FPI) as a fat replacer for the production of a low fat hamburger using Quantitative Descriptive Analysis (QDA) and investigating some of the functional characteristics of the product. For this purpose, FPI was developed from yellowfin tuna fish (*Thunnus albacares*) canning by-product using pH-shift method. On the other hand, veal burger was produced by the replacing fat with FPI with the ratios of 0 (control), 3%, 6%, 9% and 12%. Samples containing FPI were compared for sensory attributes and evaluation of the proximate compositions, pH, reduction in product diameter, cholesterol, water holding capacity (WHC), color and texture profiles. The results showed that the increase in FPI did not affect the odor of the product, but this had a significant effect on other sensory properties such as flavor, texture, color and overall acceptance ($p<0.05$). On the other hand, the moisture, ash and protein contents of the samples increased with increasing FPI in the hamburger and these indexes in the prototype containg 12% FPI were 67.84, 4.97 and 26.40% respectively which were significantly the highest levels amoung the other prototypes ($p<0.05$). The highest WHC (52.50%) and cooking yield (91.75%), as well as the lowest decrease in diameter (9.85%), were found in this sample. The texture of this prototype also had the most elasticity (0.49), cohessiveness (0.74) and chewingness (165.15 mj) amoung the samples. Using QDA sensory data and principal component analysis (PCA) for comparing the results revealed that the optimum level of FPI in low fat hamburger formulation was 12%. Therefore, complete replacement of fat with FPI in the hamburger formulation is possible and by decreasing the amount of cholesterol, a good marketable product can be produced for those who are looking for low-fat and low-cholesterol products.

Keywords: Low-fat hamburger, Fish protein isolate (FPI), Sensory evaluation, QDA, PCA

[*]Corresponding author