تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۲۱/ شماره ۷۳/پاییز و زمستان ۱۴۰۱/ص ۱۴۳-۱۵۹
سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

تاثیر ایزوله پروتئین سویا و پودر جوانه یولاف بر برخی ویژگی های کیفی و بافتی پنیر فتای تهیه شده به روش whey-less

رضا حبیبی[۱]، اصغر خسروشاهی اصل[۲]، لیلا روفه گری نژاد[۳]، شهین زمردی[۴*] و نارملا آصفی[۵]

۱-۳-۵-گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲-گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۴*-بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

تاریخ ارسال : ۱۴۰۰/۰۹/۱۰ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۰۳/۲۰

چکیده

تاثیر ایزولهٔ پروتئین سویا (SPI) و پودر جوانهٔ یولاف (OGP) بر برخی از ویژگی‌های پنیر فتای بدون آب پنیر بررسی شد. در این بررسی، ٦ تیمار مختلف تهیه شد که در آنها بخشی از کنسانتره پروتئین شیر (MPC) و شیر خشک بدون چربی (SMP) با نسبت‌های مختلف SPI و OGP (۰:۰، ۳/۳: ٦/۷، ۵:۵، ۱۰:۰، ۰:۱۰و ۳/٦:۳/۷ درصد) جایگزین گردید. نتایج بررسی‌ها نشان داد که رطوبت، پروتئین و اسیدیتهٔ نمونه‌ها با افزایش SPI به ترتیب ۸/۸، ۲۵/۲ و ٦/۸ درصد افزایش، اما با افزایش OGP به ترتیب ۱/۹، ۲٦ و ۱۸/۷ درصد کاهش پیدا کرد. با افزایش SPI و OGP ترکیبات فنلی از ۹۹/۳ به ترتیب به ۳۰۳/۹۹ و ۱٦۹/٦۵ میلی‌گرم در صدگرم رسید. با افزایش SPI و OGP شاخص *L کاهش و شاخص*b افزایش یافت. شاخص*a با افزایش OGP افزایش و با افزایش SPI کاهش پیدا کرد ($p<0.05$). مقدار سفتی و حالت صمغی نمونهٔ شاهد بیشترین مقدار و نمونهٔ حاوی ۱۰ درصد SPI کمترین مقدار بود. پیوستگی و حالت فنری نمونه‌های مخلوط ۵ درصد SPI و ۵ درصد OGP، بیشترین مقدار و نمونه‌های حاوی ٦/۷ درصد SPI و ۳/۳ درصد OGP کمترین مقدار بود. پارامترهای صمغیت و قابلیت جویدن با افزایش SPI کاهش و با افزایش OGP افزایش پیدا کرد ($p<0.05$).با افزایش SPI و OGP امتیاز پذیرش کلی نمونه ها کاهش یافت اما این کاهش معنی‌دار نبود ($p>0.05$). بر اساس نتایج حاصل از این بررسی، در تهیهٔ پنیر فتا به روش بدون آب‌پنیر می‌توان از مخلوط ۵ درصد SPI و ۵ درصد OGP یا از ۳/۳ درصد SPI و ٦/۷ درصد OGP استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: پنیر بدون آب پنیر عملگرا، پروفایل بافتی، ترکیبات فنلی، شاخص‌های رنگ

مقدمه

تولید محصولات آنالوگ یا تقلیدی یکی از دستاوردهای نوین در صنعت لبنیات است که به‌دلیل جنبه‌های تغذیه‌ای و اقتصادی مورد توجه قرار گرفته است. البته باید در فرمولاسیون و فرآیند نهایت دقت بشود تا از نظر ویژگی‌های ظاهری، حسی و بافتی حداقل مشابه نمونهٔ اصلی لبنی باشد تا نظر مصرف کننده را به خود جلب کند. در تهیهٔ پنیرهای تقلیدی، تولید کنندگان می‌توانند با دستکاری در ترکیبات مختلف پنیر، محصول اقتصادی با بافت و طعم دلخواه تولید کنند (AH *et al*., 2015). در این پنیرها می‌توان با استفاده از مواد گیاهی، ارزش غذایی آن را افزایش و هزینهٔ تولید را

*نگارنده مسئول : Email:shahinzomorodi@gmail.com

http://doi: 10.22092/FOODER.2023.356910.1321

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

کاهش داد. پنیرهای تقلیدی بدون آب‌پنیر با این ترکیبات، مزایای بالقوه زیادی دارند. این پنیرها به دلیل با صرفه بودن، سادگی تهیهٔ و جایگزینی ترکیبات انتخابی شیر با محصولات گیاهی ارزان‌تر، به طور فزاینده استفاده می‌شوند (Kiziloz *et al.*, 2009). بین پروتئین‌های گیاهی، سویا مادهٔ غذایی بسیار مغذی و حاوی اسیدهای آمینه متعادل و اسیدهای چرب مطلوب است. به علاوه، هزینهٔ تولید چنین پنیرهایی می‌تواند کمتر از پنیرهایی باشد که از پروتئین‌های حیوانی حاصل می شود (Farahmandfar *et al.*, 2010). ایزوفلاون‌ها از مهم‌ترین ترکیبات سویا هستند، این ترکیبات فیتواستروژن هستند و خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی (کولون، پروستات و سینه) دارند و از پوکی استخوان و بیماری‌های قلبی عروقی جلوگیری می‌کنند (Wiseman *et al.*, 2002). پروتئین سویا دارای ویژگی‌های عملکردی مهمی مانند نگهداری و اتصال به آب و خواص امولسیفایری است و بنابراین می‌تواند بر کیفیت مواد غذایی اثر گذارد. متداول‌ترین محصولات تولید شده از آن آرد (با تقریباً ۵۰ درصد پروتئین) و ایزولهٔ پروتئین سویا[1] (حاوی ۹۰ درصد پروتئین) است که به فراورده‌هایی مانند تنقلات، محصولات نانوایی، شیر و فراورده‌های آن و فراورده‌های گوشتی مانند سوسیس برای ایجاد امولسیون، اتصال مواد به یکدیگر، کنترل رطوبت، کنترل بافت و تقویت پروتئین اضافه می‌شود (Kumar *et al.*, 2008).

یولاف یا جو دو سر (*Avena sativa*) یکی از انواع غلات و گیاهی است باریک و کشیده به صورت خوشه که سر آن به دو قسمت تقسیم شده است و به همین دلیل به آن جو دوسر می‌گویند. تولید جو دوسر در ایران اهمیت خاصی دارد، به طوری‌که امروزه تقریبا در تمام مناطق کشاورزی تولید می‌شود و مصرف انسانی دارد. یولاف دارای مقادیر زیادی از مواد معدنی، ویتامین، پروتئین و کربوهیدرات است. پروتئین جو دوسر از نظر کیفیت با پروتئین سویا تقریباً برابر و با پروتئین شیر، تخم مرغ و گوشت برابر است. یولاف، در مقایسه با دیگر غلات، حاوی مقادیر نسبتاً زیادی چربی است و از میزان واقعی اسید لینولئیک ضروری برخوردار است (Wani *et al.*, 2014). یولاف دارای خواص درمانی بسیاری است به طوری که از سرطان جلوگیری می‌کند، کلسترول خون و خطر گرفتگی عروق را کاهش می‌دهد و برای نقرس و مبتلایان به تب و کم خونی و یبوست مفید است. ارزش غذایی دانهٔ جوانه زده به دلیل تبدیل ترکیبات پیچیده به شکل ساده‌تر و ضروری و با به حداقل رساندن تأثیر عوامل ضد تغذیه‌ای در خلال جوانه‌زنی بهبود می‌یابد. از جوانهٔ غلات در بسیاری از غذاهای مختلف از جمله در صبحانه، سالاد، سوپ، ماکارونی و محصولات پخته شده استفاده می‌شود (Chavan *et al.*, 1989). رینالدونی و همکاران (Rinaldoni *et al.*, 2014) پنیر پخش شونده را از شیر گاو بدون چربی غنی شده با کنسانتره پروتئین سویا تهیه کردند و نشان دادند که مقدار پروتئین و چربی نمونه‌های حاوی کنسانتره پروتئین سویا نسبت به نمونه شاهد بیشتر است. خالد و موسی (Khalid & Mosa, 2018) از جوانهٔ گندم در مقادیر صفر، ۱ و ۲ درصد در تهیهٔ پنیر نرم استفاده کردند و نشان دادند که مقدار ترکیبات فنلی، پروتئین و خاکستر پنیر حاوی جوانه نسبت به نمونه شاهد بالاتر اما ویژگی‌های حسی نمونه‌ها مشابه نمونه کنترل است. عمرانی خیابانیان و همکاران (Omrani Khiabanian *et al.*, 2020) در تهیهٔ پنیر فتا بدون آب از مخلوط کنسانترهٔ پروتئین شیر (MPC) و ایزولهٔ پروتئین نخود (PPI) در مقادیر صفر، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ درصد استفاده کردند و نشان دادند که تمام ویژگی‌های پنیرها به دلیل مقدار مواد جامد کل تحت تأثیر مقادیر PPIقرار می‌گیرد. با افزایش مقدار PPI، امتیاز ارزیابی حسی کاهش یافت، اما نمونه‌ها مورد پذیرش گروه ارزیاب بودند. مزینانی و همکاران (Mazinani *et al.*, 2021) در تولید پنیر فتا از غلظت‌های مختلف ایزولهٔ پروتئین سویا (صفر تا ۶ درصد وزنی بر پایهٔ خشک) به عنوان جایگزین MPC استفاده کردند و نشان دادند که استفاده از SPI موجب افزایش اسیدیته و زمان انعقاد می‌شود. افزودن SPI منجر به کاهش پروفیل بافتی

[1] Soy Protein isolate (SPI)

نمونه‌ها شد. این محققان استفاده از ۳ درصد را در تهیهٔ پنیر فتا پیشنهاد کردند. حمدی و همکاران (Hamdy *et al.*, 2021) از آرد یولاف[1] (OF) در چهار سطح صفر، ۱، ۲/۵ و ۵ درصد برای تولید پنیر فرآوری شده استفاده کردند. نتایج پژوهش‌های این محققان نشان داد که مادهٔ خشک، pH، مواد معدنی، ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها با افزایش OF افزایش پیدا می‌کند. آنها استفاده از ۱ و ۲/۵ درصد آرد یولاف را در تهیهٔ پنیر فرآوری شده پیشنهاد کردند.

هدف از این تحقیق بررسی تاثیر ایزولهٔ پروتئین سویا و پودر جوانهٔ یولاف[2] بر برخی ویژگی‌های کیفی و بافتی پنیر فتای بدون آب پنیر است.

مواد و روش

شیر پس‌چرخ (با مادهٔ خشک بدون چربی ۰/۲۴± ۷/۶۵ درصد، اسیدیته بر حسب درجه دورنیک ۰/۵۰ ± ۱۴، چربی ۰/۰۰ ± ۰/۰۲ درصد و pH برابر ۰/۲۴± ۶/۵۵) و خامهٔ خام (با مادهٔ خشک بدون چربی ۰/۵۶ ± ۳۰/۷۸ درصد، اسیدیته بر حسب درجه دورنیک ۰/۳۵۰ ± ۱۶، چربی ۱/۰۰ ± ۳۴/۳ درصد و pH برابر ۰/۵۰ ± ۵/۷۵) از کارخانهٔ تولید پنیر اصغری قشلاق، ارومیه، ایران، ایزوله پروتئین سویا (با رطوبت ۰/۱۴ ± ۶/۰۶ درصد، اسیدیته بر حسب اسید لاکنیک ۰/۱۰ ± ۰/۹۹درصد، پروتئین ۱/۰۵ ± ۹۰/۱۵ درصد) از شرکت میلونی[3] کشور هلند، پودر جوانهٔ یولاف (با رطوبت ۰/۲۲ ± ۳/۱۹ درصد، اسیدیته بر حسب اسید لاکنیک ۰/۰۷ ± ۰/۷۹درصد، پروتئین ۰/۱۴ ± ۱۳/۰۰ درصد) از شرکت ۱۱۱، مازندران، شیر خشک (با رطوبت ۰/۱۳ ± ۴/۵۶ درصد، اسیدیته بر حسب اسید لاکنیک ۰/۰۳ ± ۱/۳۸درصد، پروتئین ۰/۱۱ ± ۳۱/۸۴درصد) و کنسانتره پروتئین شیر (با رطوبت ۰/۱۴ ± ۵/۰۴ درصد، اسیدیته بر حسب اسید لاکنیک ۰/۰۴ ± ۱/۵۸درصد، پروتئین ۰/۳۴ ± ۶۳/۳۵ درصد) از شرکت شیر پگاه ارومیه تهیه شد.

روش تهیهٔ پنیر بدون آب‌پنیر

نمونه‌های پنیر بدون آب پنیر بر اساس روش ارائه شده توسط فاکس و همکاران (Fox *et al.*, 2000) تولید شد. برای تهیهٔ پنیر، ابتدا یک کیلوگرم شیر گاو بدون چربی تا ۶۰ درجه سلسیوس حرارت داده شد و پس از آن ترکیبات لازم طبق جدول ۱ به شیر اضافه گردید. خامه به مقدار ۵۰ درصد، نمک ۱ درصد، ثعلب ۰/۵ درصد به طور یکسان به همهٔ مخلوط نمونه‌ها اضافه شد. مواد با همزن مکانیکی با دور بالا در دمای ۵۰ درجه سلسیوس همگن شد. مخلوط در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه پاستوریزه و تا دمای ۴۰ درجه سلسیوس سرد شد و کلرید کلسیم، استارتر و رنت به آن اضافه گردید و در دمای ۴۰ درجه سلسیوس نگهداری شد تا انعقاد کامل شود. نمونه‌هاپنیر به مدت ۳۰ روز در یخچال نگهداری و پس از این مدت آزمایش شدند.

جدول ۱- تیمارها (%)

Table 1- The treatments (%)

تیمارها Treatment	شیر بدون چربی Skim milk	کنسانتره پروتئین شیر Milk Protein Concentrate	شیر خشک بدون چربی Non Fat Milk Powder	ایزوله پروتئین سویا Soy Protein Isolate	پودر جوانه یولاف Oats Sprouts Powder
1	100	14	6.5	0	0
2	100	7	3.5	6.7	3.3
3	100	7	3.5	5	5
4	100	7	3.5	10	0
5	100	7	3.5	0	10
6	100	7	3.5	3.3	6.7

[1] Oat Flour (OF)
[2] Oat germ powder (OGP)
[3] Meelunie

روش‌های آزمایش فیزیکوشیمیایی نمونه‌ها

رطوبت از طریق خشک کردن در آون (ممرت، آلمان) در دمای ۲±۱۰۲ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت، چربی به روش ژربر، پروتئین به روش کلدال، نمک به روش ولهارد، اسیدیته به روش تیتراسیون با سود N/۹ در مجاورت شناساگر فنل فتالئین تا ایجاد رنگ صورتی کم‌رنگ، تعیین شد (Soleimani-Rambod *et al.*, 2018).

روش ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی نمونه‌ها با استفاده از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای توسط ۱۵ ارزیاب آموزش‌ندیده از کارکنان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی ارزیابی شد. برای این منظور، امتیاز ۵ برای کیفیت مطلوب و امتیاز یک برای کیفیت نامطلوب اختصاص داده شد پانلیست‌ها با توجه به ذائقه شخصی فرم‌ها را تکمیل و برای شستشوی دهان خود بین نمونه‌ها از بیسکوئیت ترد و آب استفاده کردند (Soleimani-Rambod *et al.*, 2018).

تعیین ترکیبات فنلی نمونه‌های پنیر

برای تعیین ترکیبات فنلی نمونه‌های پنیر، ۲۰ گرم نمونهٔ پنیر با ۴۰ میلی لیتر آب مقطر همگن و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. عصاره‌ها با کاغذ واتمن صاف شدند و pH محلول روی ۴/۶ تنظیم و مجددا صاف گردیدند. یک میلی‌لیتر از عصارهٔ محلول در آب پنیر با ۱ میلی‌لیتر از معرف فولین فنول ۱۰ درصد مخلوط و ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۲۰ درصد به آن اضافه شد. پس از قرار دادن نمونه‌ها در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۶۰ دقیقه، میزان جذب در ۷۶۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (فارماسیا، انگلیس) خوانده شد. از اسید گالیک (در اتانول) به عنوان استاندارد استفاده شد و نتایج فنل کل با استفاده از منحنی استاندارد اسید گالیک برحسب میلی‌گرم معادل اسید گالیک محاسبه گردید (Reis *et al.*, 2012).

تعیین شاخص‌های رنگ

رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ سنج (لاویباند، انگلیس) تعیین شد. مقدار پارامتر L* از صفر تا ۱۰۰ نشان دهنده تنوع رنگی از سیاه تا سفید، پارامتر a^* نشان دهنده تغییرات رنگ از قرمز ($+a^*$) تا سبز ($-a^*$) و پارامتر b* نشان دهنده تنوع رنگ از زرد ($+b^*$) تا آبی ($-b^*$) در نقاط مختلف تعیین و میانگین آنها گزارش شد.

آزمون پروفیل بافت

پروفیل بافت (TPA) نمونه‌های پنیر با استفاده از دستگاه آنالایزر بافت (مدل H5Ks، انگلیس) تعیین شد. برای این منظور، نمونه‌ها به صورت استوانه‌ای با ارتفاع ۲۰ میلی‌متر و قطر ۱۵ میلی‌متر بریده و تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه (۱۰ میلی متر) در ۲ سیکل فشرده شدند. میزان سرعت ۰/۵ میلی‌متر بر ثانیه در نظرگرفته شد و هر آزمایش در ۳ تکرار اجرا شد. پارامترهای ارزیابی شده شامل سفتی[1]، پیوستگی[2]، فنریت[3]، حالت صمغی[4] و قابلیت جویدن[5] بود (Zheng *et al.*, 2016).

روش طرح آماری

این آزمایش با استفاده از طرح کامل تصادفی با چهار تکرار به اجرا درآمد. تجزیه وتحلیل واریانس (ANOVA) با استفاده از مدل خطی عمومی (GLM) و نرم افزار SAS صورت گرفت. میانگین تیمارها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) مقایسه شدند.

[1] Hardness
[2] Cohesiveness
[3] Springiness
[4] Gumminess
[5] Chewiness

نتایج و بحث

تاثیر تیمارها بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی نمونه‌های پنیر

نتایج تجزیهٔ آماری داده‌ها نشان داد که تاثیر نوع تیمار بر اسیدیته، رطوبت و پروتئین نمونه‌های پنیر معنی‌دار ($p<0.05$) است. همان‌طوری‌که از جدول ۲ مشخص است، نمونهٔشاهد بالاترین مقدار اسیدیته را در بین تیمارها دارد. افزودن SPI و OGP در مقایسه با نمونهٔ شاهد موجب کاهش اسیدیته پنیر شد که تاثیر OGP در کاهش اسیدیته به طور معنی‌داری ($p<0.05$) بیشتر از SPI است. کاهش اسیدیته در نمونه‌های پنیر به دلیل فعالیت متابولیکی استارترهای پنیر است که با تخمیر لاکتوز اسید لاکتیک تولید می‌کنند. لازم است یادآوری شود که MPC دارای مقدار زیادی لاکتوز است و مقدار لاکتوز آن می‌تواند در تولید اسید لاکتیک توسط باکتری‌های آغازگر پنیر مؤثر باشد (Shahbandari *et al.*, 2016).

جدول ۲-تاثیر تیمارها بر ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های پنیر

Table 2 - The effect of treatments on chemical properties of cheese samples

پروتئین (٪) Protein (%)	نمک (٪) Salt (%)	رطوبت (٪) Moisture (%)	اسیدیته (°D) Acidity(°D)	تیمارها Treatments
13.40±0.19b	1.64±0.19a	53.01±0.79c	14.04±0.41a	1 (Control)
13.72±0.08b	1.50±0.17a	55.87±0.05b	11.99±0.39c	2
12.19±0.18c	1.24±0.29a	56.81±0.15ab	12.22±0.09c	3
16.77±0.29a	1.18±0.37a	57.67±0.12a	13.09±0.19b	4
9.92±0.29d	1.34±0.22a	52.01±0.10d	11.42±0.17c	5
11.98±0.50c	1.37±0.29a	52.55±0.08cd	10.67±0.29d	6

میانگین ± انحراف معیار. (n=٤) حروف کوچک (abcdef) مختلف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$)است.

Data shown are the means ± standard deviation (n=4). Different lowercase letters (abcdef) in the columns indicate statistically significant differences ($p< 0.05$)

مزینانی و همکاران (Mazinani *et al.*, 2021) نتایج معکوسی گزارش کردند. آنها نشان دادند که افزودن ایزولهٔ پروتئین سویا موجب افزایش اسیدیته پنیر فتا می‌شود. دلیل این اختلاف شاید مربوط به نوع پنیر باشد. بر اساس استاندارد ایران، اسیدیتهٔ پنیر تازه باید در محدودهٔ ۰/۸ تا ۱/۴درصد بر حسب اسید لاکتیک (۸ تا ۱۴ درجه دورنیک) باشد (ISIRI, 2002). در این تحقیق نیز اسیدیتهٔ نمونه‌های پنیر در محدودهٔ ۱۴/۰۴-۱۰/۶۷ درجه دورنیک است که در حد استاندارد قرار دارد.

در جدول ۲ دیده می‌شود مقدار رطوبت نمونه‌ها با افزایش SPI افزایش و با افزایش OGP کاهش می‌یابد ($p<0.05$). بیشترین مقدار رطوبت مربوط به نمونهٔ حاوی ۱۰ درصد SPI و کمترین آن مربوط به نمونهٔ حاوی ۱۰ درصد OGP است ($p<0.05$). دلیل آن ممکن است بالا بودن ظرفیت نگهداری آب SPI باشد. در این زمینه، جوینده (Jooyandeh, 2011) گزارش کرده است که ایزولهٔ پروتئین سویا می‌تواند ۱ تا ۶ گرم آب را با ۱ گرم پروتئین پیوند دهد. ویژگی‌های هیدراتاسیون و برهم کنش ایزولهٔ سویا (این ماکرومولکول) با کازئین‌ها (قبل، حین و بعد از انعقاد مایه پنیر) توضیحی برای حفظ رطوبت بیشتر در محصول است (Rinaldooni *et al.*, 2014). رانی و ورما (Rani & Verma, 1995) نیز گزارش کردند که با افزایش مقدار کنسانتره پروتئین سویا، مقادیر رطوبت پنیر افزایش نشان داده است که دلیل آن را به ماهیت آب‌دوست‌بودن این پروتئین‌ها نسبت دادند که با نتایج بررسی حاضر مطابقت دارد. فرانکولینو و همکاران (Francolino *et al.*, 2010). گزارش کردند که نسبت آب به کازئین با افزایش مقدار کازئین شیر غنی‌شده با MPC کاهش و در نتیجه رطوبت پنیر کاهش پیدا می‌کند. حمدی و همکاران (Hamdy

et al., 2021) گزارش کردند که افزودن آرد یولاف به‌طور معنی‌داری موجب کاهش رطوبت پنیر پروسس می‌شود که دلیل آن را به بالا بودن مواد جامد آرد یولاف نسبت دادند. در مقابل، الحواری و همکاران (El-Hawary *et al.*, 2019) گزارش کردند که افزودن آرد یولاف در تولید ماست هم‌زده، مواد جامد کل ماست را کاهش می‌دهد. بنابراین، بسته به نوع ماده غذایی، افزودن یولاف تغییرات ضد و نقضی در مادهٔ خشک و رطوبت محصول ایجاد می‌کند.

نتایج تجزیهٔ آماری داده‌ها نشان می‌دهد که نوع تیمارها بر مقدار نمک نمونه‌ها تاثیر معنی‌داری ($p>0.05$) ندارد. در این پژوهش، نمک به مقدار ۱ درصد به صورت مستقیم قبل از تشکیل لخته به مخلوط فرمولاسیون افزوده شد. بر اساس مطالعات اردم و همکاران (Erdem *et al.*, 2005)، افزودن نمک تاثیری بر فعالیت استارترها ندارد و بر طبق یافته‌های آنها استارترهای پنیر تا ۳ درصد نمک طعام را به خوبی تحمل می‌کنند و قادر به فعالیت هستند.

در جدول ۲ مشاهده می‌شود که مقدار پروتئین نمونه‌ها با افزایش SPI افزایش و با افزایش OGP کاهش یافته است. بیشترین مقدار پروتئین متعلق به نمونهٔ حاوی ۱۰ درصد SPI و کمترین مقدار مربوط به نمونهٔ حاوی ۱۰ درصد جوانهٔ یولاف است ($p<0.05$). از آنجاکه پروتئین SPI بیشتر و پروتئین جوانهٔ یولاف کمتر از پروتئین کنسانتره پروتئین شیر است، تغییرات پروتئین دور از انتظار نبود.

رینالدونی و همکاران (Rinaldoni *et al.*, 2014) گزارش کردند که مقدار پروتئین نمونه‌های شبه‌پنیر نرم با افزایش کنسانترهٔ پروتئین سویا در فرمولاسیون افزایش می‌یابد. روخاس-نری و همکاران (Rojas-Nery *et al.*, 2015) نیز نشان دادند که جایگزینی چربی شیر با امولسیون‌های ساخته شده با کنسانترهٔ پروتئین سویا موجب افزایش مقدار پروتئین پنیر پانلا[1] شده است. ژیرو و همکاران (Giroux *et al.*, 2013) گزارش دادند که ایزولهٔ پروتئین سویا موجب افزایش پروتئین نمونه ها شده است.

حمد و همکاران (Hamad *et al.*, 2020) نشان دادند که افزایش آرد یولاف به پنیر کاریش[2] موجب افزایش پروتئین پنیر گردیده است که با نتایج این تحقیق مطابقت ندارد. دلیل مطابقت‌نداشتن مربوط است به نوع پنیر مورد بررسی. در این تحقیق در تهیهٔ پنیر از کنسانترهٔ پروتئین شیر استفاده شده که مقدار پروتئین آن بسیار بالاتر از مقدار پروتئین جوانهٔ یولاف است.

مقدار پروتئین نمونه‌های پنیر بین ۸/۹۳ تا ۱۶/۷۷ درصد بود. مطابق استاندارد ۶۶۲۹، میزان پروتئین پنیر تازه باید حداقل ۱۲ درصد باشد (ISIRI, 2002). در این تحقیق، پروتئین نمونهٔ حاوی ۱۰ درصد جوانهٔ یولاف پایین‌تر از حد استاندارد است. پروتئین‌های سویا ارزش بیولوژیکی بالایی مشابه پروتئین‌های گوشت، ماهی یا تخم مرغ دارند و همچنین می‌توانند تری گلیسیرید و کلسترول (کلسترول کل، کلسترول LDLو کلسترول VLDL) را کاهش دهند (Mattos *et al.*, 2009).

پروتئین یولاف نیز از نظر کیفیت تقریباً برابربا پروتئین سویا و برابر با پروتئین شیر، تخم مرغ و گوشت است. یولاف مقادیر نسبتاً زیادی اسید لینولئیک دارد (Wani *et al.*, 2014). یولاف دارای خواص درمانی است به طوری که از بروز سرطان‌ها جلوگیری می‌کند، کلسترول خون و خطر گرفتگی عروق را کاهش می‌دهد و برای نقرس و مبتلایان به کم خونی و یبوست مفید است. آونانترامیدس[3] گروه منحصر به فردی از مشتقات اسید N-سیننامویلانتانیلیک[4] موجود در یولاف نیز کاهش دهندهٔ اکسیداسیون لیپوپروتئین با چگالی پایین (LDL) در حیوانات و انسان شناخته شده است (Liu *et al.*, 2011). بنابراین، پنیر تهیه شده با SPI و جوانه یولاف را می‌توان غذاهای عملگرا نامید.

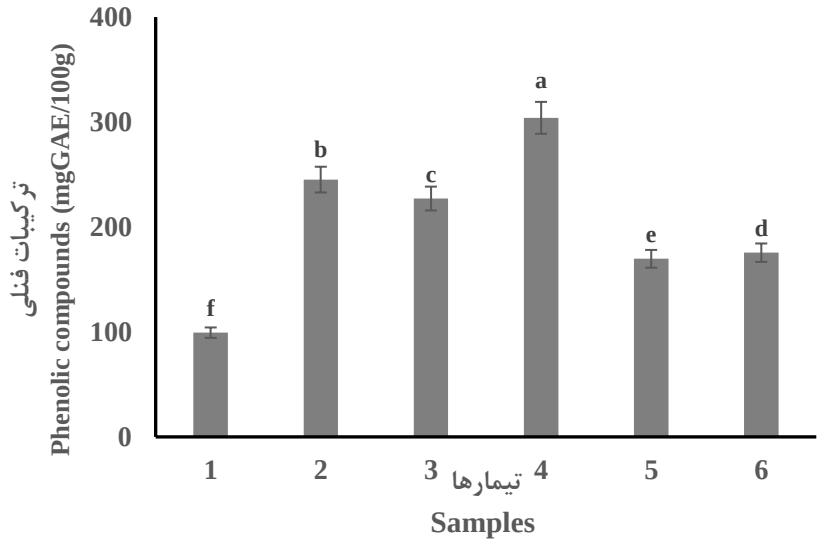
[1] panela
[2] Kareish
[3] Avenanthramides
[4] N-Cinnamoylanthrannilic

تاثیر تیمارها بر تغییرات ترکیبات فنلی

پلی فنل‌ها از آنتی‌اکسیدان‌های بسیار قوی هستند که به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های اولیه می‌توانند رادیکال‌های آزاد را خنثی و انتشار اکسیداسیون را متوقف کنند. از سوی دیگر، برخی از ترکیبات فنلی حاوی گروه‌های کاتکول و گالویل نیز می‌توانند با ایجاد کمپلکس با فلزات واسطه به عنوان آنتی‌اکسیدان ثانویه، از تشکیل رادیکال‌های آزاد کاتالیز شده توسط فلز و تشکیل گونه‌های اکسیژن فعال جلوگیری کنند (Chen *et al.*, 2020).

روش فولین سیوکالته از متداول‌ترین روش‌های اندازه‌گیری ترکیبات فنلی است. اساس کار در این روش، احیای معرف فولین توسط ترکیبات فنلی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ است که حداکثر جذب را در طول موج ۷۶۰ نانومتر نشان می‌دهد.

نتایج تجزیهٔ آماری داده‌ها نشان داد که تاثیر تیمارها بر ترکیبات فنلی نمونه‌های پنیر معنی‌دار ($p<0.05$) است. همان‌طوری‌که از شکل ۱ مشخص است، با افزایش SPI و OGP به نمونه‌ها، ترکیبات فنلی نمونه‌های پنیر به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده‌اند که در این بین تاثیر SPIبیشتر از تاثیر OGP است ($p<0.05$). نمونهٔ شاهد دارای کمترین مقدار و نمونهٔ حاوی ۱۰ درصد SPI دارای بیشترین مقدار ترکیبات فنلی است ($p<0.05$). وجود ترکیبات فنلی در نمونهٔ شاهد ممکن است به علت ترکیبات فنلی موجود در شیر و ترکیبات آن مانند اسیدهای آمینه آروماتیک و غیره باشد.



شکل ۱- تاثیر تیمارها بر ترکیبات فنلی نمونه‌های پنیر

حروف کوچک (abcdef) مختلف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) است،

Fig 1 - The effect of treatments on phenolic compounds of cheese samples

Different lowercase letters (abcdef) in the columns indicate statistically significant differences ($p< 0.05$)

حمدی و همکاران (Hamdy *et al.*, 2021) نشان دادند که افزودن آرد یولاف، ترکیبات فنلی نمونه‌های پنیر فرآوری شده را افزایش می‌دهد. این محققان در پنیر فرآوری شدهٔ حاوی آرد یولاف کافئین، اسید سالیسیلیک، اسید سینامیک اسید، اسید فرولیک اسید، کوآرستین و روتین را شناسایی کردند. چنگ و همکاران (Chung *et al.*, 2006) نیز گزارش کردند که بخش عمده‌ای از فنل‌های غلات به صورت مزدوج محلول یا فرم‌های متصل انحلال ناپذیر وجود دارد که ممکن است در اثر تجزیه پلی‌فنل‌های مزدوج مانند تانن‌ها به فنل‌های ساده تولید شده باشند.

شاخص‌های رنگ

رنگ عامل مهمی در همه انواع پنیر است زیرا به طور مستقیم بر تصمیم مصرف کننده برای انتخاب تأثیر می‌گذارد. پراکنش نور توسط هر سیستمی به هتروژن بودن آن سیستم بستگی دارد (Rudan *et al.*, 1998). در ماده‌ای جامد مانند پنیر، نور از لایه‌های سطحی عبور می‌کند و توسط گلبول‌های چربی و لبه‌های قطره‌های آب پنیر پراکنده می‌شود (Paulson *et al.*, 1998).

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که تاثیر نوع تیمار بر شاخص‌های رنگ معنی‌دار ($p<0.05$) است. با توجه به جدول ۳، شاخص L* (میزان روشنایی) با افزایش SPI و OGP کاهش یافته است. در این بین، تأثیر OGP در کاهش این شاخص بیشتر از تاثیرSPI است ($p<0.05$). بیشترین مقدار شاخص*L به ترتیب مربوط به نمونهٔ پنیر شاهد و نمونهٔ حاوی ۱۰ درصد SPI و کمترین مقدار مربوط به نمونهٔ حاوی ۱۰ درصد OGP است ($p<0.05$). در این زمینه، مزینانی و همکاران (Mazinani *et al.*, 2021) نشان دادند که جایگزینی MPCتوسط SPI منجر به کاهش شاخص سفیدی پنیر فتا شده است. عمرانی خیابانیان و همکاران (Omrani Khiabanian *et al.*, 2020) گزارش کردند در بین پنیرهای حاوی ایزوله پروتئین نخود، پنیرهای حاوی MPC روشن‌ترین رنگ را نشان داده‌اند. محمد و همکاران (Mohamed *et al.*, 2011) نشان دادند که مقدار L* با افزایش مقدار یولاف کاهش می‌یابد. آکسوان (Akesowan, 2009) نیز گزارش داده‌است که افزایش غلظت SPI در بستنی منجر به تیره‌تر شدن رنگ بستنی شده است. نتایج تحقیقات یادشده نتایج این بررسی را تأیید می‌کند.

شاخص a* در نمونه‌های حاوی مقادیر بالاتر OGP بیشترین مقدار و نمونه‌های حاوی مقادیر بالاتر SPI کمترین مقدار است ($p<0.05$). افزایش شاخص a* به معنی تغییر رنگ سبز به سمت رنگ قرمز است. دلیل آن می‌تواند مربوط به تفاوت رنگ بین MPC (رنگ سفید) و SPI (رنگ زرد روشن) و OGP (رنگ زرد تیره) باشد. نتایج مشابهی نیز توسط کومار و همکاران (Kumar *et al.*, 2011) و عمرانی خیابانیان و همکاران (Omrani Khiabanian *et al.*, 2020) گزارش شده است. عمرانی خیابانیان و همکاران (Omrani Khiabanian *et al.*, 2020) گزارش کردند با افزایش مقدار ایزوله پروتئین نخود، شاخص a* افزایش یافته است.

جدول ۳- اثر نوع تیمار بر شاخص‌های رنگ نمونه های پنیر

Table 3- The effect of treatments on color indices of cheese samples

a*	b*	L*	تیمارها Treatments
2.48±0.21d	16.39±0.34d	79.35±0.29a	1
2.98±0.11d	18.66±0.95cd	68.61±0.15c	2
4.70±0.39b	20.61±0.05b	64.38±0.22d	3
3.18±0.01c	19.93±0.32b	71.70±1.02b	4
4.69±0.72ab	22.09±0.20a	59.62±0.48e	5
5.03±0.51a	18.75±0.06c	61.73±0.80d	6

میانگین ± انحراف معیار (n=٤). حروف کوچک (abcde) مختلف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) است،

Data shown are the means ± standard deviation (n=4). Different lowercase letters (abcde) in the columns indicate statistically significant differences ($p< 0.05$)

شاخص b* نشان دهنده طیف رنگی آبی تا زرد است، یعنی افزایش این شاخص نشان دهنده زردتر شدن رنگ پنیر و کاهش آن نشان دهندهٔ کمتر شدن رنگ زردی است.

طبق نتایج جدول ۳ ، کمترین مقدار شاخص b* مربوط به نمونهٔ پنیر شاهد است ($p<0.05$). با افزودن SPI و OGP، مقدار شاخص b* نسبت به نمونهٔ شاهد افزایش ($p<۰/۰۵$) نشان داده است. بیشترین مقدار شاخص b* مربوط به نمونهٔ حاوی ۱۰ درصد OGP و کمترین مقدار آن مربوط به نمونهٔ شاهد است ($P>0.01$). نمونه‌های حاوی SPI نیز نسبت به نمونه‌های حاوی OGP شاخص b* کمتری دارند. علت بالا بودن

شاخص b* در نمونهٔ حاوی OGP مربوط به رنگ تیره پودر جوانه یولاف است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش SPI و SPI، سفیدی نمونه‌ها کاهش و شاخص‌های a* و b* افزایش یافته‌است. محمد و همکاران (Mohamed *et al.*, 2011) نشان دادند که مقادیر شاخص‌های a* و b* با افزایش مقدار یولاف کاهش می‌یابد که نتایج این بررسی را تأیید می‌کند. درویش اوغلو و همکاران (Dervisoglu *et al.*, 2005) نیز مقادیر L* کمتر و b* بالاتر را برای بستنی توت فرنگی با افزودن کنسانترهٔ پروتئین سویا مشاهده کردند.

ویژگی‌های پروفیل بافت (TPA)[1]

بافت یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها برای پذیرش محصول توسط مصرف کننده است. TPA روشی است که جویدن ماده غذایی را در دهان تقلید می‌کند (Aminifar *et al.*, 2013). در این بررسی، ویژگی‌های بافت نمونه‌های پنیر از جمله سفتی، حالت فنری، پیوستگی، صمغی بودن و قابلیت جویدن ارزیابی شد.

با توجه به نتایج تجزیهٔ آماری داده‌ها، تاثیر نوع تیمارها بر سختی بافت، حالت فنری، پیوستگی، صمغی بودن و قابلیت جویدن نمونه‌ها معنی‌دار بوده است ($p<0.05$). سفتی از دیدگاه حسی نیز نیروی لازم برای فشردن نمونه بین دندان‌های آسیاب و از دیدگاه مکانیکی نیروی لازم برای رسیدن به یک تغییر شکل مشخص است (Ong *et al.*, 2012).

در جدول ۴ مشخص است که مقدار سفتی و حالت صمغی در نمونهٔ شاهد بیشترین مقدار و در نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد SPI کمترین مقدار است زیرا نمونه‌های حاوی مقادیر بالاتر MPC دارای ساختاری پایدارتر و محکم‌تر از دیگرنمونه‌ها هستند. اما این پارامترها با افزایش جوانهٔ یولاف و کنسانتره سویا کاهش یافته است ($p<0.05$). به نظر می‌رسد وجود SPI و OGP از تشکیل شبکهٔ کازئین جلوگیری می‌کند و در نتیجه استحکام محصولات کاهش پیدا کرده است.

جدول ٤-تاثیر تیمارها بر پروفیل بافتی نمونه‌ها

Table 4 - The effect of treatments on texture profiles of samples

قابلیت جویدن (g.mm) Chewiness (g.mm)	حالت صمغی (g) Gumminess (g)	پیوستگی Cohesiveness	فنریت (mm) Springiness (mm)	سفتی (g) Hardness (g)	تیمارها Treatments
110.40 ±1.22b	49.06 ±0.99b	0.35 ±0.004b	2.25 ±0.09b	140.19 ±1.29a	1
53.69 ±0.88d	28.71 ±0.82d	0.26 ±0.002d	1.57 ±0.05d	110.44 ±2.01c	2
132.41 ±1.04a	51.32 ±1.01a	0.42 ±0.005a	2.58 ±0.02a	122.19 ±1.2c	3
51.60 ±0.97d	28.51 ±1.23d	0.27 ±0.002d	1.81 ±0.02c	105.59 ±1.86d	4
11160 ±1.11b	52.64 ±0.86a	0.39 ±0.003b	2.12 ±0.08b	134.98 ±1.19b	5
64.40 ±1.09cd	33.37 ±1.05c	0.28 ±0.001c	1.93 ±0.02c	119.19 ±2.62c	6

میانگین ± انحراف معیار (n=۳). حروف کوچک (abcd) مختلف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) است.

Data shown are the means ± standard deviation (n=3). Different lowercase letters (abcd) in the columns indicate statistically significant differences ($p< 0.05$)

توجه به این فرض که شبکهٔ پروتئین شیر (کازئین و آب پنیر) ممکن است ابتدا تشکیل شود، بنابراین، انعقاد SPI و OGP ممکن است در فضاهای آزاد در شبکه کازئین تثبت شود و آن را تضعیف کند. از طرفی، غلظت بالای OGP وSPI ممکن است فاصلهٔ بین میسل‌های کازئین را افزایش دهد و منجر به تشکیل ژل با قدرت کمتر شود (Mazinani *et al.*, 2021). لی و مارشال (Lee & Marshall, 1981) گزارش کردند که استفاده از پروتئین سویا طبیعی و پخته شده در پنیر فرآوری شده و دلمهٔ شیر باعث کاهش سختی می‌شود. رحمان و همکاران (Rehman *et al.*, 2003) نیز مشاهده کردند که استفاده از MPC در پنیر چدار موجب افزایش سختی می‌شود.

[1]Textural Profile Analysis (TPA)

در جدول ۴ بین نمونه‌های حاوی مخلوط SPI و OGP از نظر سفتی اختلاف معنی‌داری ($p>0.05$) مشاهده نمی‌شود. اما بین نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد SPI و ۱۰ درصد OGP از نظر سفتی اختلاف معنی‌داری است. دلیل آن ممکن است مربوط به اختلاف در مقدار رطوبت نمونه‌ها باشد، چون مقدار رطوبت نمونه‌های حاوی SPI بیشتر از مقدار رطوبت نمونه‌های حاوی جوانهٔ یولاف است و در نتیجه سختی بافت این نمونه ها نیز کمتر است. رطوبت عاملی بسیار اثرگذار بر سفتی و فشردگی بافت پنیر است. رطوبت مانند پلاستی‌سایزر عمل می‌کند و موجب نرم شدن بافت پنیر می‌شود. با افزایش رطوبت، سفتی بافت کاهش می‌یابد (Fox *et al.*, 2000). زمردی و همکاران (Zomorodi *et al.*, 2020) می‌گویند کم بودن رطوبت می‌تواند سبب افزایش سختی پنیر شود.

پیوستگی بیانگر مقدار تغییر شکلی است که در یک نمونه هنگام فشرده شدن توسط دندان‌های آسیاب، قبل از پارگی روی می‌دهد و وابسته به شدت پیوندهای داخلی سازنده بدنهٔ محصول است (Ong *et al.*, 2012). خاصیت الاستیسیته یا حالت فنری بر اساس شدت بازگشت مادهٔ غذایی به حالت اولیه، بعد از اعمال فشار جزئی به آن در دهان، تعریف می‌شود و از دیدگاه مکانیکی مقدار تغییر شکلی است که نمونهٔ تغییر شکل یافته بعد از برداشتن نیرو به حالت اولیه‌اش برمی گردد (Ong *et al.*, 2012).

همان‌طوری‌که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، پیوستگی و حالت فنری نمونه‌های مخلوط SPI و OGP هر یک به مقدار ۵ درصد بیشترین مقدار و نمونه‌های حاوی ۶/۷ درصد SPI و ۳/۳ درصد OGP کمترین مقدار است. پیوستگی و حالت فنری در نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد SPI نسبت به نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد OGP کمتر است ($p<0.05$). بین نمونهٔ شاهد و نمونه حاوی ۱۰ درصد OGP از نظر پیوستگی و حالت فنری اختلاف معنی داری مشاهده نشده است.

زیسیو و شاه (Zisu & Shah, 2005) علت کاهش پیوستگی و حالت فنری را ضعف پیوندهای داخلی در ساختار پنیرهای دارای بافت نرم‌تر می‌دانند که در نتیجه پنیر در برابر فشار وارده توسط دستگاه سنجش بافت به آسانی و به صورت غیرقابل برگشت تغییر شکل می‌دهد. کاهش پیوستگی نمونه ها می‌تواند احتمالاً به‌علت هیدرولیز ماتریس پروتئینی پنیر باشد. پیوندهای داخلی توانایی کمتری برای حفظ ساختار پنیر دارند و وقتی تحت تاثیر نیرو قرار می‌گیرند مستعد تغییر شکل برگشت ناپذیر هستند.

هنگامی که مقادیر تغییر شکل بالاتر اعمال می‌شود، رفتار پنیرهای حاوی SPI به حالت پلاستیکی سوق پیدا می‌کند در نتیجه انعطاف‌پذیری SPI نسبت به MPC کمتر است و درجهٔ فنریت هم کم می‌شود. افزایش SPI موجب کاهش غلظت کازئین و از دست دادن خاصیت ارتجاعی پنیر می‌شود. با افزودن MPC، غلظت کازئین در ماتریس پنیر، تعداد پیوندهای بین رشته‌ای و درون رشته‌ای افزایش می‌یابد و در نهایت ماتریس حالت ارتجاعی بیشتری پیدا می‌کند (Mazinani *et al.*, 2021). در این زمینه، کوریش و الحمید (Korish & Elhamid, 2012) گزارش کردند که افزودن پکتین به پنیر کارئیش مصری ، در مقایسه با نمونهٔ شاهد، به کاهش حالت فنری نمونه‌ها انجامیده است.

حالت صمغی بودن در بافت سنجی عبارت است از انرژی لازم برای خرد کردن یک مادهٔ غذایی نیمه جامد تا هنگامی که آمادهٔ بلع شود و از حاصل‌ضرب سفتی در پیوستگی به‌دست می‌آید و با واحد گرم یا نیوتن نشان داده می‌شود. قابلیت جویدن نیز مقدار نیروی لازم برای جویدن پنیر تا یک حالت یکنواخت قبل از قورت دادن آن است به عبارت دیگر تعداد جویدن‌های لازم برای بلعیدن مقدار مشخصی از مادهٔ غذایی است و از حاصل‌ضرب حالت صمغی در حالت فنری به‌دست می‌آید (Ong *et al.*, 2012).

همان‌طوری‌که از جدول ۴ مشخص است، میزان این دو پارامتر در مقایسه با نمونهٔ شاهد، با افزایش SPI به‌طور معنی‌داری کاهش و با افزایش OGP به طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند ($p<0.05$). با توجه به اینکه قابلیت جویدن از حاصل ضرب سفتی در پیوستگی به‌دست می‌آید بنابراین عوامل مؤثر بر سفتی و چسبندگی نیز بر صمغی بودن آن تأثیر

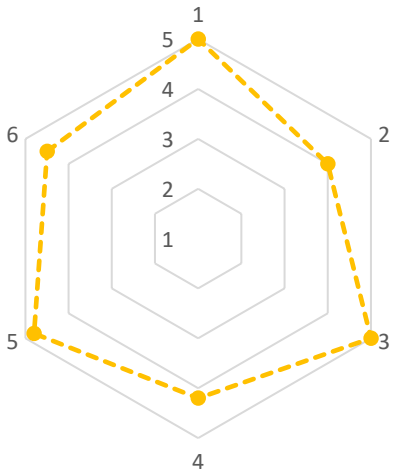
می‌گذارد. بنابراین تغییرات این پارامتر مشابه تغییرات سفتی و پیوستگی است.

عمرانی خیابانیان و همکاران (Omrani Kheyabani *et al.*, 2020) گزارش کردند که با افزایش غلظت ایزولهٔ پروتئین نخود در پنیرهای بدون آب‌پنیر سفتی بافت، پیوستگی، حالت صمغی، قابلیت جویدنی پنیرها کاهش می‌یابد. در مقایسه با نمونه شاهد (بدون کنسانتره)، نمونه‌های حاوی سطوح مختلف ایزوله پروتئین نخود به خصوص در مقادیر بالا، مقادیر کمتر قابلیت جویدن و پیوستگی را نشان دادند. بنابراین، حالت صمغی و قابلیت جویدن نمونه‌هایی با مقدار ایزولهٔ پروتئین نخود کمتر است تا نمونه بدون ایزوله. مزیانی و همکاران (Mazinani *et al.*, 2021) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. این محققان نشان دادند نمونهٔ بدون ایزوله دارای بالاترین مقدار سفتی بافت، پیوستگی، حالت صمغی، قابلیت جویدنی است و با افزایش ایزوله این پارامترها کاهش می‌یابد. این محققان دلیل آن را مقدار کلسیم و کازئین بالاتر MPC می‌دانند و اضافه می‌کنند پنیرهای حاوی SPI نرم‌تر هستند تا نمونهٔ شاهد، زیرا پروتئین‌های سویا به ظرفیت نگهداری آب بیشتر کمک می‌کنند. بنابراین، سختی پنیر فتا در غلظت‌های بالاتر SPI به طور قابل توجهی کاهش پیدا می‌کند. این محققان همچنین نشان دادند که اثر MPC بر افزایش پیوستگی، در مقایسه با، SPI بیشتر است و دلیل آن را به مقدار بیشتر کازئین نسبت می‌دهند که منجر به تقویت ساختار ژل و انسجام می‌شود. پیوستگی، قدرت یا ضعف پیوند داخلی ژل را نشان می‌دهد (Razi *et al.*, 2018). مزیانی و همکاران (Mazinani *et al.*, 2021) همچنین گزارش کردند که حالت صمغی نمونه‌ها با افزایش مقدار SPI به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد به طوری که بیشترین مقدار صمغی بودن در شاهد مشاهده شده است که به دلیل افزایش مقدار کازئین است. علاوه بر این، عوامل مؤثر بر سختی پنیر نیز بر صمغی بودن آن تأثیر می‌گذارند.

ارزیابی خواص حسی

اولین و مهم‌ترین پارامتر در هر مادهٔ غذایی، ویژگی‌های حسی آن است. ارزیابی حسی روشی است غیرقابل جایگزین در صنایع غذایی که با بخش‌های کلیدی در تولید مواد غذایی از جمله تحقیقات بازاریابی، طراحی و بسته‌بندی، فروش، تولید و کنترل کیفیت در ارتباط است. در این تحقیق، ویژگی‌های حسی نمونه‌های پنیر تولیدی پس از ۳۰ روز نگهداری به روش هدونیک ۵ امتیازی بررسی شده است.

نتایج تجزیهٔ آماری داده‌ها نشان می‌دهد که تاثیر نوع تیمارها بر پذیرش کلی نمونه‌ها معنی‌دار نیست ($p>0.05$). همان‌طوری‌که از شکل ۲ مشخص است، با افزایش SPI و OGP امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها کاهش می‌یابد اما معنی‌دار ($p>0.05$) نیست. پس از نمونهٔ شاهد، نمونهٔ حاوی ۱۰ درصد جوانه بیشترین امتیاز ارزیابی حسی را به‌دست آورده است. کمترین امتیاز ارزیابی نیز مربوط به نمونهٔ حاوی ۶/۷ درصد سویا و ۳/۳ درصد جوانهٔ یولاف است. دلیل تغییرات ویژگی‌های حسی ممکن است به اختلاف رنگ و طعم پودر جوانهٔ یولاف و ایزولهٔ پروتئین سویا مربوط باشد. با توجه به اینکه تغییرات فرمولاسیون بر پروفیل بافتی پنیر تاثیر می‌گذارد، این تغییرات امتیاز بافت قابل توجیه خواهد بود.



شکل ۲ -تاثیر تیمارها بر پذیرش کلی نمونه‌ها
Fig 1 - The effect of treatments on the overall acceptance of samples

محمد و همکاران (Mohamed *et al.*, 2011) نشان دادند که ظاهر نمونه‌های پنیر پروسس با افزایش یولاف بهبود می‌یابد. غنی‌سازی یولاف نیز موجب افزایش سفتی بافت و بهبود کیفیت پخش با افزایش نسبت غنی سازی می‌شود. بنابراین، آزمایش پانل نشان داد که غنی‌سازی ۷/۵ درصد آرد یولاف پرتولیدترین پنیر پخش‌شده با خواص مورد علاقه است. رینالدونی و همکاران (Rinaldoni *et al.*, 2014) گزارش کردند که با افزایش کنسانتره پروتئین سویا در نمونه‌های شبه پنیر نرم، امتیاز ویژگی‌های حسی نمونه ها کاهش پیدا می‌کند. حمدی و همکاران (Hamdy *et al.*, 2021) نیز نشان دادند که پنیر فرآوری شده با سطح ۲/۵ درصد آرد یولاف بالاترین امتیاز را دارد. از دیدگاه ارزیابان، نمونه‌های پنیر فرآوری شده با ۱ و ۲/۵ درصد آرد یولاف، نسبت به شاهد و پنیر حاوی ۵ درصد آرد یولاف، برتری دارد. دلیل آن را به افزایش قابلیت پخش-شدگی نمونه‌ها نسبت داده‌اند. این نتایج مطابق با نتایج تحقیقات الحواری و همکاران (El-Hawary *et al.*, 2019) نیز هست. نتایج این تحقیقات، نتایج این بررسی را تایید می‌کند.

نتیجه گیری کلی

جایگزینی بخشی از کنسانتره پروتئین شیر (MPC) و شیر خشک بدون چربی (SMP) با نسبت‌های مختلف SPI و OGP منجر به افزایش ترکیبات فنلی و شاخص‌های a* و b* و کاهش اسیدیته و شاخص L* نمونه‌های پنیر گردید. رطوبت و پروتئین نمونه‌ها نیز با افزایش SPI افزایش و با افزایش OGP کاهش یافت ($p<0.05$). پروفایل بافتی پنیر نیز تحت تاثیر نسبت‌های مختلف SPI و OGP قرار گرفت. با افزایش SPI و OGP، امتیاز پذیرش کلی نمونه ها کاهش یافت اما معنی‌دار ($p>0.05$) نبود. بر اساس نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و پذیرش کلی در این بررسی، در تهیهٔ پنیر فتا به روش بدون آب‌پنیر می‌توان از ترکیب ۵ درصد SPI و ۵ درصد OGP یا ترکیب ۳/۳ درصد SPI و ۶/۷ درصد OGP استفاده کرد. با توجه به ویژگی‌های درمانی ایزولهٔ پروتئین سویا و پودر جوانهٔ یولاف در سلامت انسان، از جمله در جلوگیری از بروز سرطان‌ها، کاهش کلسترول خون و خطر گرفتگی عروق، می‌توان پنیرهای تهیه شده با SPI و OGP را غذاهای عملگرا نامید.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی به دلیل قرار دادن امکانات آزمایشگاهی تشکر می‌کنند.

تعارض منافع

نویسندگان در خصوص انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

AH, J., Rahul, S., Aparnathi, K. D. and Dhanraj, P. 2015. Influence of rennet casein levels on the chemical, baking and sensory quality of Mozzarella cheese analogue. Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research. 2(3): 99-105.

Akesowan. A. 2009. Influence of Soy Protein Isolate on Physical and Sensory Properties of Ice Cream. Thai Journal of Agricultural Science. 42(1): 1-6.

Aminifar, M., Hamedi, M., Emam-Djomeh, Z. and Mehdinia, A. 2013. The effect of ovine and bovine milk on the textural properties of lighvan cheese during ripening. International Journal of Dairy Technology. 66 (1): 45-53.

Chavan, J. and Kadam, S.S. 1989. Nutritional improvement of cereals by sprouting. Food Science and Nutrition. 28 (5): 401-437.

Chen, S.; Liu, H.; Yang, X.; Li, L.; Qi, B.; Hu, X.; Ma, H.; Li, C. and Pan, C. 2020. Degradation of sulphated polysaccharides from Grateloupialivida and antioxidant activity of the degraded components. International Journal Biology and Macromolecule. 156, 660–668.

Chung, M. J., Walker, P. A. and Hogstrand, C. 2006, Dietary phenolic antioxidants, caffeic acid and Trolox, protect rainbow trout gill cells from nitric oxide-induced apoptosis. Aquatic Toxicology. 80(4): 321-328.

Dervisoglu, M., Yazici, F. and Aydemir, O. 2005. The effect of soy protein concentrate addition on the physical, chemical, and sensory properties of strawberry flavored ice cream. European Food Research Technology. 221, 466–470.

El-Hawary, M. Y., Moussa, M., Amer, D. and Samir, S. 2019. Fortification of stirred yoghurt with some microelements using natural sources to improve its nutritional value. Journal of Productivity and Development. 24(4): 815–829.

Erdem, Y. K. 2005. Effect of ultrafiltration, fat reduction and salting on textural properties of white brined cheese. Journal of Food Engineering. 71(4): 366-372.

Farahmandfar, R., Mazaheri Tehrani, M., Razavi, S. M. A. and Habibi Najafi, M. B. 2010. Effect of soy cheese and trisodium citrate on pizza cheese. International Journal of Food Engineering. 6(5): 1-12.

Fox, P. F., T. P. Guinee, T. M. Cogan, and P. L. H. McSweeney. 2000. Processed cheese and substitute or imitation cheese products. Pages 429–451 in Fundamentals of Cheese Science. P. F. Fox, T. P. Guinee, T. M. Cogan, P. L. H. McSweeney, ed. Aspen Publishers, Gaithersburg, MD.

Francolino, S. Locci, F. Ghiglietti, R. Iezzi, R. and Mucchetti, G. 2010. Use of milk protein concentrate to standardize milk composition in Italian Citric Mozzarella cheese making. LWT-Food Science Technolog. 43(2):310–314.

Hamad, M.N.E. F., El-Bushuty, D. H. and El-Zakzouk, H. S. 2020. Manufacture of functional Kareish cheese fortified with Oat, Talbina, Lima bean and Sweet Lupin. Egyptian Journal of Food Science. 48(2): 315–326.

Hamdy, S. M., Hassan, M. G., Ahmed, R. B. and Abdelmontaleb, H. S. 2021. Impact of oat flour on some chemical, physicochemical and microstructure of processed cheese. Journal of Food Processing and Preservation. 45, 1-8.

ISIRI. 2002. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Fresh cheese, specification and test methods. No: 6629. The Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Tehran. [in Persian].

Jooyandeh, H. 2011. Soy products as healthy and functional foods. Middle-East Journal Science Research. 7(1): 71–80.

Khalid, N. T. and Mosa, M. A. 2018. Effect of wheat germ on chemical, sensory and technological properties of soft cheese. International Journal of Dairy Science. 13, 40-45.

Kiziloz, M. B., Cumhur, O. and Kilic, M. 2009. Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. Food hydrocolloids. 23 (6): 1596-1601.

Korish, M. and Abd Elhamid, A. M. 2012. Improving the textural properties of Egyptian kariesh cheese by addition of hydrocolloids. International Journal of Dairy Technology. 65(2): 237–242.

Kumar, R., Sabapathy, S. N. and Bawa, A. S. 2008. Functional and Edible Uses of Soy Protein Products. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 7(1): 14-28.

Kumar, S., Kanawjia, S. K. and Kumar, S. 2011. Influence of different level of casein/fat ratio on textural characteristics of buffalo Feta type cheese. The Indian Journal of Animal Sciences. 81(10): 1064–1067.

Lee, Y. and Marshall, R. 1981. Microstructure and texture of process cheese, milk curds, and caseinate curds containing native or boiled soy proteins. Journal Dairy Science. 64(12): 2311–2317.

Liu, S., Yang, N., Hou, Z. -H, Lu, L., Zhou, X. -R. and Ren, G. -X. 2011. Antioxidant effects of oats avenanthramides on human serum. Agricultural Sciences in China. 10(8): 1301-1305.

Mattos, A. P., Ribeiro, T. C. M., Mendes, P. S. A., Valois, S. S., Mendes, C. M. C. and Ribeiro, Jr. 2009. Comparison of yogurt, soybean, casein, and amino acid-based diets in children with persistent diarrhea. Nutrition Research. 29(7): 462-469.

Mazinani, S., Motamedzadegan, A., Nghizadeh Raeisi, Sh. and Alimi, M. 2021. Characterization of bacteriologically acidified feta cheese using soy protein isolate in different substitution percentages: rheological, microbiological and sensory properties. Journal of Food Measurement and Characterization. 15(6): 5515–5527.

Mohamed, A., Abbas, H., Bayoumi, H., Kassem, J. and Enab, A. 2011. Processed cheese spreads fortified with oat. The Journal of American Science. 7(7): 631–637.

Omrani Khiabanian, N., Motamedzadegan, A., Naghizadeh, Sh, and Mazdak Alimi, R. 2020). Chemical, textural, rheological, and sensorial properties of whey-less Feta cheese as influenced by replacement of milk protein concentrate with Pea protein isolate. Journal of Texture Studies. 51 (3): 488-500.

Ong, L., Dagastine, R.R., Kentish, S.E. and Grass, S.L. 2012. The effect of pH at renneting on the microstructure, composition and texture of cheddar cheese. Food Research International 48(1): 119-130.

Paulson, B. M., McMahon, D. J. and Oberg, C. J. 1998. Influence of sodium chloride on appearance, functionality, and protein arrangement in nonfat Mozzarella cheese. Journal of Dairy Science. 81(8): 2053–2064.

Razi, S. Motamedzadegan, A. Shahidi, A. and Rashidinejad, A. 2018. The effect of basil seed gum (BSG) on the rheological and physicochemical properties of heat-induced egg albumin gels. Food Hydrocolloids. 82, 268–277.

Rehman, S. U., Farkye, N. Considine, T. Schaffner, A. and Drake, M. 2003. Effects of standardization of whole milk with dry milk protein concentrate on the yield and ripening of reduced-fat Cheddar cheese. Journal Dairy Science. 86(5): 1608–1615.

Reis, G.F., Yang, G., Szpankowski, L., Weaver, C., Shah, S.B., Robinson, J.T., Hays, T.S., Danuser, G. and Goldstein, L.S. 2012. Molecular motor function in axonal transport in vivo probed by genetic and computational analysis in Drosophila. Molecular Biology of the Cell. 23(9): 1700--1714.

Rinaldoni, A. N., Palatnik, D. R., Zaritzky, N. and Campderrós, M. E. 2014. Soft cheese-like product development enriched with soy protein concentrates. LWT - Food Science and Technology. 55(1): 139-147.

Rojas-Nery, E., Güémes-Vera, N., Meza-Marquez, O. and Totosaus, A. 2015. Carrageenan type effect on soybean oil/soy protein isolate emulsion employed as fat replacer in panela-type cheese. Grasasy Aceites. 66(4): 1-10.

Rudan, M. A., Barbano, D. M., Guo, M. R. and Kindstedt, P. S. 1998. Effect of modification of fat particle size by homogenization on composition, proteolysis, functionality, and appearance of reduced fat Mozzarella cheese. Journal of Dairy Science. 81(8): 2065–2076.

Soleimani-Rambod, A., Zomorodi, SH, Naghizadeh Raeisi, SH., Khosrowshahi asl, A. and Shahidi, SA. 2018. The Effect of xanthan gum and flaxseed mucilage as edible coatings in cheddar cheese during ripening. Coating. 80(2): 1-13.

Wani, S. A., Rouf, S. T., Bindu, B., Ahmad, N., Amir, G., Khalid, M. and Pradyuman, K. 2014. Oats as functional food, Review. Universal Journal of Pharmacy. 03, 14-20.

Wiseman, H., Casey, K., Clarke, D. B., Barnes, K. A., & Bowey, E. (2002). Isoflavone aglycon and glucoconjugate content of high-and low-soy UK foods used in nutritional studies. Journal of agricultural and food chemistry. 50(6): 1404-1410.

Zheng, Y., Liu, Z., Mo, B. 2016. Texture Profile Analysis of Sliced Cheese in relation to Chemical Composition and Storage Temperature. Journal of Chemistry. 2016, 1-10.

Zisu, B. and Shah, N. P. 2005. Textural and functional changes in low-fat Mozzarella cheeses in relation to proteolysis and microstructure as influenced by the use of fat replacers, pre-acidification and EPS starter. International Dairy Journal. 15(6-9): 957-972.

Zomorodi, Sh., Azarpazhooh, E. and Behmadi, H. 2020. Influence of some hydrocolloids on textural properties of UF cheese. Journal of Food Biosciences and Technology. 10(2): 1-10.

Food Engineering Research/Vol.21/No.73/Autumn & Winter 2022/P: 143-159
Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

The effect of soy protein isolate and oat germ powder on some qualitative and textural characteristics of whey-less feta cheese

R. Habibi, A. Khosrowshahi asl, L. Roufegarinejad, Sh. Zomorodi* and N. Asefi

*Agricultural Engineering Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran.

Received:1 December 2021 Accepted: 10 June 2023
http://doi: 10.22092/FOODER.2023.356910.1321

Abstract

The effects of soy protein isolate (SPI) and oat germ powder (OGP) were investigated on some characteristics of whey-less cheese. In this study, 6 different treatments were prepared in which part of the combination of milk protein concentrate (MPC) and skim milk powder (SMP) were replaced with different ratios of SPI and OGP (0: 0, 6.7: 3.3, 5: 5, 10: 0, 0:10 and 3.3: 6.7%). The results showed that the moisture, protein content and acidity of the samples increased with increasing SPI about 8.8, 25.2 and 6.8% and decreased with increasing OGP about 1.9, 26 and 18.7% respectively. The addition of SPI and OGP, the phenolic compounds increased from 99.3 to 303.99 and 169.65 mg/100g respectively ($p<0.05$). With increasing SPI and OGP, the L* index decreased and the b* index increased. But the a* index increased with increasing OGP and decreased with increasing SPI ($p<0.05$). The hardness and gumminess in the control sample was the highest and the samples containing 10% SPI were the lowest. Cohesiveness and springiness of 5% SPI and 5% OGP mixed samples were the highest and samples containing 6.7% SPI and 3.3% OGP were the lowest. The gumminess and chewiness decreased with increasing SPI and increased with increasing OGP ($p<0.05$). With increasing SPI and OGP, the overall acceptance score of the samples decreased but was not significant ($p>0.05$). It was concluded that, the mixture of 5% SPI and 5% OGP or 3.3% SPI and 6.7% OGP could be used in production of whey-less cheese.

Key word: Functional whey-less cheese, Textural profile, Phenolic compound, Color indexes