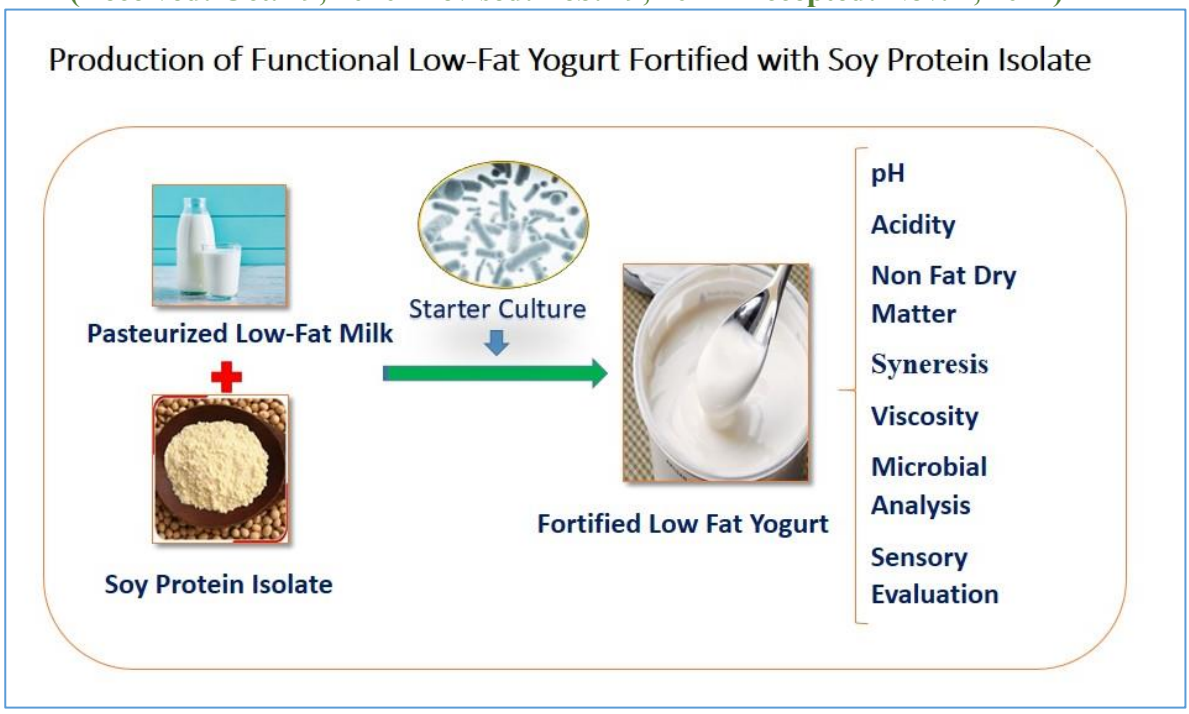
DOI: 10.22059/ijbse.2021.312193.665350 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۲، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰ (ص۵۹۸-۵۸۵)
(عـــــلـــــمی پـــــژوهـــــشی)

Production of Functional Low-Fat Yogurt Fortified with Soy Protein Isolate

LEILA KARIMI[1], MAHNAZ MANAFI DIZAJYEKAN[1*]

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

(Received: Oct. 19, 2020- Revised: Feb. 19, 2021- Accepted: Nov. 7, 2021)



ABSTRACT: The purpose of this study was to produce the low fat yogurt using soy protein isolate. The soy protein isolate in concentrations of 0.5, 1.0 and 1.5 was used in low-fat yogurt formulation and the physicochemical properties (pH, acidity, non fat dry matter, syneresis, viscosity) and microbial (growth of mold and yeast) and sensory properties (color, firmness, taste, sourness, spiciness, oldness and moldy and overall appearance) were evaluated on 1, 7, 14 and 21 days of storage. The results showed that with increase in soy protein isolate concentration, acidity, non fat dry matter and viscosity were significantly increased and the yogurt syneresis was significantly decreased, while it had no significant effect on pH ($p > 0.05$). The most desirable sensory properties were observed in the first days in the control and samples containing 0.5 and 1.0% soy protein isolate ($p < 0.05$). The results showed that the use of soy protein isolate due to its nutritious compounds can be considered as an offer in the industrial production of functional low fat yogurt.

Key words: Functional yogurt; Soy protein isolate; Low fat.

* Corresponding Author's Email: manafi111@gmail.com

تولید ماست کم‌چرب فراسودمند غنی‌شده با ایزوله پروتئین سویا

لیلا کریمی[۱]، مهناز منافی دیزج یکان[۱*]

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

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۲۸- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۲/۱- تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۸/۱۶)

چکیده: هدف این پژوهش تولید ماست فراسودمند با استفاده از ایزوله پروتئین سویا بود. از سطوح ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵ درصد (حجمی/وزنی) ایزوله پروتئین سویا در ماست کم‌چرب استفاده شد و ویژگیهای فیزیکی شیمیایی (pH، اسیدیته، ماده خشک بدون چربی، آب‌اندازی، ویسکوزیته)، میکروبی (کپک و مخمر) و حسی (رنگ، سفتی، طعم، ترشی، تندی، کهنگی و کپکی و پذیرش‌کلی) در روزهای اول، هفتم، چهاردهم و بیست و یکم بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش غلظت ایزوله پروتئین سویا موجب افزایش معنی‌دار اسیدیته، ماده خشک بدون چربی و ویسکوزیته و کاهش معنی‌دار در آب‌اندازی ماست شد، اما بر pH تاثیر معنی‌دار نداشت ($p < ۰/۰۵$). مطلوب‌ترین ویژگیهای حسی در روزهای اول آزمون و در نمونه‌های ماست کنترل و نمونه‌های حاوی ۰/۵ و ۱/۰ درصد ایزوله پروتئین سویا مشاهده شد ($p > ۰/۰۵$). نتایج نشان داد که استفاده از ایزوله پروتئین سویا می‌تواند به دلیل وجود ترکیبات تغذیه‌ای مناسب به عنوان یک پیشنهاد در تولید صنعتی ماست کم چرب فراسودمند در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: ماست فراسودمند، ایزوله پروتئین سویا، کم چرب.

* نویسنده مسئول: manafi111@gmail.com

مقدمه

طبق تعریف استاندارد ملی ایران به شماره ۶۹۵ (۱۳۸۷)؛ ماست، فراورده‌ای منعقد شده است که از تخمیر اسیدی شیر پاستوریزه به وسیله فعالیت باکتری‌های اختصاصی لاکتیکی به ویژه استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس‌بولگاریکوس به میزان معین و در درجه حرارت و زمان مشخص به‌دست می‌آید (National Iranian Standard, 2001). این فراورده از لحاظ تغذیه‌ای، ماده‌ی غذایی ارزشمندی است که مقادیر قابل توجهی از چندین ماده‌ی مغذی را با کالری نسبتاً پایین فراهم می‌کند و به دلیل طعم و تنوع مطلوب، بعنوان غذایی سالم مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، ماست دارای خواص درمانی و پروبیوتیکی مانند افزایش هضم مواد غذایی، تقویت سیستم ایمنی، فعالیت ضدسرطانی و کاهش کلسترول سرم می‌باشد (Sandoval-Castila *et al.*, 2004). میزان بالای کلسیم، ویتامین‌ها، مواد معدنی و همچنین تاثیر آن بر سلامتی و افزایش طول عمر، این فرآورده را مورد پسند عموم مردم کرده است. مزه و طعم ماست از سایر فرآورده‌های اسیدی‌شده شیر متفاوت بوده و مواد فرار و معطر آن شامل مقدار کم اسیداستیک و استالدئید است (Kowalski *et al.*, 2000). ماست‌هایی که به شکل سنتی تولید می‌شوند، دارای ۳-۴ درصد چربی می‌باشند که در مورد ماست‌های چکیده این مقدار به ۹ تا ۱۰ درصد هم افزایش می‌یابد. با توجه به ارتباط بین مصرف غذاهای چرب و بیماری‌های قلبی- عروقی، کاهش چربی مواد غذایی توسط متخصصان پیشنهاد می‌شود. به همین دلیل استقبال از فرآورده‌های لبنی کم‌چرب به خاطر فواید سلامتی‌بخشی آن‌ها در حال افزایش است. اگرچه تولید فرآورده‌های لبنی کم‌چرب سال‌ها است که در کشورهای مختلف انجام می‌گیرد اما استفاده از جایگزین‌های چربی موضوعی است که هنوز هم جای بررسی بیشتری را دارد و تلاش برای تولید ماست کم‌چرب در جهتی است که علاوه بر کاهش میزان چربی نهایی محصول، خواص فیزیکی شیمیایی و ارگانولپتیکی آن با ماست‌های معمولی تفاوت نداشته و یا تفاوت آن قابل ملاحظه نباشد (Şahan *et al.*, 2008). جایگزین‌های چربی در واقع شامل مخلوطی از لیپید، مقلدهای چربی با منشاء کربوهیدرات و پروتئین و یا ترکیبی از آن‌ها می‌باشند. این ترکیبات می‌توانند مشکل فیزیکی و ارگانولپتیکی ناشی از کاهش مقدار چربی را در فرآورده‌های لبنی کاهش دهند (Cengiz& Gokoglu, 2007). پروتئین سویا از مهم‌ترین منابع پروتئین تجاری است که استفاده از آن به دلیل ویژگی‌های عملکردی مطلوب در سیستم‌های غذایی، هضم راحت، هزینه پایین و ارزش تغذیه‌ای بالا گسترش یافته است. در امریکا با افزایش توجه مصرف‌کنندگان به غذاهای سلامت‌بخش و تایید اثرات پروتئین سویا در کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی توسط سازمان غذا و دارو، استفاده از محصولات پروتئینی سویا افزایش یافته است (Cassini *et al.*, 2010). ایزوله پروتئین سویا خالص‌ترین شکل پروتئین محصولات سویا است و به ویژه زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که میزان پروتئین بالا و ویژگی‌های عملکردی ویژه مورد نظر است (Singh & Jood, 2009). در این راستا مطالعه‌ای در مورد بررسی ایزوله پروتئین سویا (SPI)[1] و صمغ ثعلب بر خواص فیزیکی شیمیایی و حسی خامه همزده کم‌چرب صورت پذیرفت (Azizi *et al.*, 2004). همچنین پژوهشگران، رئولوژی[2] و میکروساختار ماست کم‌چرب تولیدشده با میکروذرات پروتئین آب‌پنیر به عنوان جایگزین چربی را بررسی کردند (Torres *et al.*, 2018). با توجه به موارد گفته شده، تلاش شد که در این تحقیق با افزودن ایزوله پروتئین سویا در سطوح صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد به شیر کم‌چرب و تولید ماست فراسودمند به بررسی، خواص فیزیکی شیمیایی و میکروبی ماست و مقایسه آن با نمونه شاهد پرداخته شود.

1Soy protein isolate

2Rheology

مواد و روش ها

روش تولید نمونه‌های ماست

نمونه شیر کم‌چرب از بازار تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها بر اساس روش دیگر محققان انجام گرفت (Zomorrodi *et al.*, 2012). ایزوله پروتئینی سویا در سطوح صفر، ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵ درصد قبل از فرایند حرارتی به شیر ۱ درصد چربی افزوده شد. باکتری‌های استارتر ماست شامل استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس لاکتیس بود که در دمای ۴۳ درجه سلسیوس به شیر پاستور شده تلقیح شد. گرمخانه‌گذاری در دمای ۴۳ درجه سلسیوس و به مدت ۴ ساعت انجام شد. بعد از رسیدن به pH مناسب (۴/۶)؛ ماست‌ها به سردخانه با دمای ۵ درجه سلسیوس منتقل و جهت انجام آزمون‌ها در همین دما نگهداری شد. آزمون‌ها در فواصل زمانی روز ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ انجام شد.

آزمون‌ها

اندازه‌گیری pH

pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر (متروم ۸۲۷، ساخت سوئیس) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد (National Iran Standard organisation , 2013).

اسیدیته

به منظور اندازه‌گیری اسیدیته از روش تیتراسیون استفاده شد. در این روش نسبت ۱:۱ از نمونه و آب‌مقطر با هم مخلوط و سپس چند قطره فنل فتالین به عنوان شناساگر به آن اضافه شد. مخلوط نهایی به وسیله سود ۰/۱ N تیتر و حجم سود مصرفی یادداشت شد. محاسبه درصد اسیدیته بر حسب اسیدلاکتیک از طریق رابطه ۱ محاسبه شد(AOAC, 2002).

$$\text{درصد اسیدیته} = \frac{N \times 0.009 \times 100}{M} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

N: میلی لیتر سود مصرفی

M: وزن نمونه اولیه

اندازه‌گیری ماده خشک

اندازه‌گیری ماده خشک با استفاده از روش استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۵۳ انجام شد. برای این منظور ۵ گرم نمونه ماست به مدت ۲ ساعت در آون با دمای ۲± ۱۰۲ سلسیوس قرار داده و پس از سردکردن از روی کاهش وزن میزان رطوبت محاسبه شد (National Iran Standard organisation , 2013).

اندازه‌گیری میزان آب اندازی

میزان آب‌اندازی نمونه‌ها با استفاده از سانتریفوژ یخچال‌دار (مدل ۵۸۰۴R، ساخت آلمان) محاسبه شد (Farnsworth *et al.*, 2006). به این ترتیب که میزان ۳۰ گرم از نمونه درون فالکون ۵۰ میلی‌لیتری توزین و سپس در دمای۴ درجه سلسیوس با دور ۲۵۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد. مایع بالایی جمع‌آوری و توزین شد. میزان آب‌اندازی بر اساس رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$\text{درصد آب اندازی} = \frac{m - m_2}{m} \times ۱۰۰ \quad \text{(رابطه ۲)}$$

m: وزن اولیه نمونه

m_2: وزن آب جدا شده

اندازه‌گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته ظاهری با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد (*RV-DVII*) و نوع اسپیندل شماره ۴ در۲۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ ثانیه اندازه‌گیری شد و گشتاور در تمام طول کار بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد حفظ شد. قبل از اندازه‌گیری ویسکوزیته نمونه‌ها به مدت ۱۵ ثانیه به صورت یکسان هم‌زده شدند (*Buchilina & Aryana, 2021* و *Farnsworth et al., 2006*).

شمارش کپک و مخمر

شمارش کپک و مخمر با استفاده از روش استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۱۰۸۹۹، انجام شد. محیط کشت مورد استفاده YGC۱ و پلیت‌ها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

[1] Yeast extract chloromphenicol agar

به مدت ۵-۴ روز گرمخانه گذاری شد (National Iran Standard organisation).

ارزیابی حسی

به منظور ارزیابی حسی نمونه‌های تولیدشده، ویژگی‌های ظاهر، رنگ، عطر، بافت و طعم نمونه‌ها توسط گروه ارزیاب متشکل از ۱۰ ارزیاب نیمه آموزش دیده در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌ها از طریق آزمون ترجیحی (روش هدونیک) ۵ نقطه‌ای مقایسه شد. برای این منظور امتیاز ۵ برای کیفیت مطلوب و امتیاز ۱ برای کیفیت نامطلوب اختصاص داده شد. به این ترتیب که از هر تیمار تعدادی نمونه تهیه و نمونه‌ها با کدهای سه رقمی (به شکل تصادفی) به همراه فرم نظرخواهی جهت ارزیابی خواص حسی مذکور به افراد ارزیاب داده می‌شود. قبل از ارزیابی، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه از یخچال خارج و در دمای محیط نگهداری شد، تا دمای تمامی نمونه‌ها درحین ارزیابی یکسان بوده و تأثیری بر نتایج حسی نگذارد. جهت شستشوی دهان مابین ارزیابی نمونه‌ها، آب در اختیار ارزیاب‌ها قرار داده شد. نمونه‌های ماست در روزهای ۱، ۷ و ۱۴، ۲۱ مورد ارزیابی حسی قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد و با استفاده از نرم افزار (SPSS:21) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارها در سه تکرار با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و برای رسم نمودارهای مربوط از نرم افزار Excel استفاده شد.

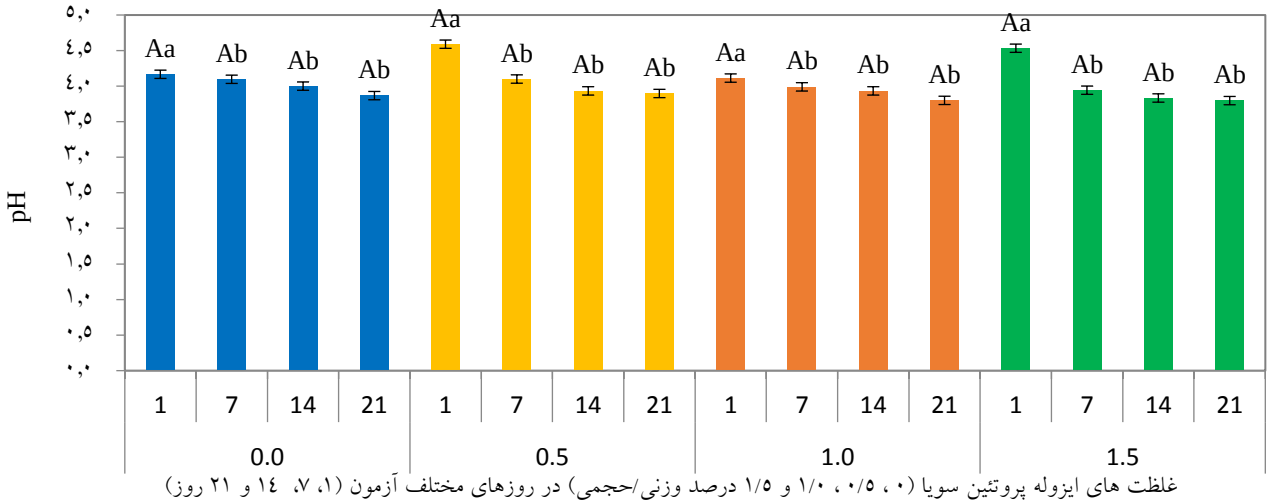
نتایج و بحث

pH و اسیدیته

مطابق با نتایج تجزیه واریانس، مشاهده شد که مقادیر pH در نمونه‌های تولیدشده تحت تاثیر افزودن غلظت‌های مختلف ایزوله پروتئین سویا قرار نگرفت و تمام سطوح ایزوله پروتئین سویا (۰، ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵ درصد) در یک گروه دانکن بود و اختلاف آماری معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$) (شکل ۱). درصورتی‌که با افزایش مدت زمان نگهداری، pH نمونه‌ها کاهش معنی‌دار یافت ($p < ۰/۰۵$). بالاترین مقدار pH مربوط به نمونه‌های روز اول بود. مقادیر pH بین ۳/۷۹ تا ۴/۵۹ متغیر بود که بیشترین و کمترین مقادیر pH به ترتیب مربوط به نمونه‌های ماست دارای ۰/۵ درصد ایزوله پروتئین سویا در روز اول آزمون و نمونه‌های دارای ۱/۵ درصد ایزوله پروتئین سویا در روز ۲۱ آزمون بود. برهمکنش دو متغیر مستقل غلظت و زمان نیز نتوانست تاثیر قابل توجهی را بر میزان pH داشته باشد ($p > ۰/۰۵$) (شکل۱). اسیدیته کل عبارت است از مقدار هیدروکسید سدیم یک‌دهم نرمال که بتواند میزان اسید یک‌صدم گرم از ماست را در حضور فنل فتالئین خنثی نماید (Moayedni, 2014). با توجه به نتایج ارائه‌شده، با افزایش سطوح ایزوله پروتئین سویا، مقادیر اسیدیته افزایش معنی‌داری داشته است به این ترتیب که بیشترین و کمترین میزان اسیدیته مربوط به غلظت‌های ۱/۵ درصد و نمونه‌های شاهد بود ($p \leq ۰/۰۵$). همچنین تاثیر متقابل دو متغیر مستقل غلظت و زمان نشان از وجود تاثیر معنی‌دار بر میزان اسیدیته داشت ($p \leq ۰/۰۵$). با توجه به شکل ۲ نیز مشخص است که گذشت زمان موجب افزایش معنی‌دار اسیدیته شده است به گونه‌ایی که بیشترین مقادیر اسیدیته، در روز ۲۱ مشاهده شد که با سایر نمونه‌ها تفاوت آماری معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). در این راستا محققان نشان دادند با گذشت زمان نگهداری مقدار اسیدیته ماست کم‌چرب افزایش و مقدار pH کاهش می‌یابد. در این مطالعه نیز بین تغییرات pH و میزان اسیدیته در طی گذشت زمان رابطه‌ایی عکس وجود دارد. به گونه‌ایی که با کاهش pH، شاهد افزایش میزان اسیدیته هستیم که از دلایل آن فعالیت آغازگرهای ماست و تولید اسید لاکتیک و افزودن ایزوله پروتئین سویا است. از دیگر دلایل افت pH در طی دوره نگهداری می‌توان به فعالیت بیشتر

میکروارگانیسم‌ها طی گذشت زمان و تولید اسیدلاکتیک بیشتر در محیط اشاره کرد (Sah *et al.*, 2016). در راستای مطالعه حاضر، پژوهشگران نشان دادند که افزودن اینولین در سطوح یک الی ۲ درصد نیز نتوانست بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ماست پروبیوتیک کم‌چرب مانند pH و اسیدیته در طی دوره نگهداری تاثیر معنی‌داری بگذارد (Mazloomi *et al.*, 2011). همچنین محققین در پژوهشی دیگر تحت عنوان استفاده از پلی-ساکارید برگ فیجوا بر خواص فیزیکی‌شیمیایی و حسی ماست کم‌چرب انجام دادند و بیان داشتند که در طی نگهداری pH کاهش و اسیدیته افزایش یافته است (Moradian *et al.*, 2019). قابل ذکر است محققان نشان دادند، غنی‌کردن شیر پس‌چرخ با کازئینات سدیم یا پودر آب پنیر به میزان ۱/۵ درصد بر pH ماست اثری نداشته است که منطبق با نتایج این پژوهش است (De Brabandere *et al.*, 1999). همچنین دیگر محققین عنوان کردند که غنی‌کردن شیر پس‌چرخ با (WPC)[1] اثری روی pH نداشته که هم راستا با این نتایج می‌باشد (Greig & Harris, 1983؛ Greig & Kan, 1984 ؛ Hugunin, 1999). از سوی دیگر در مطالعه‌ایی مشخص شد که کاهش pH در نمونه‌های ماست غنی‌شده با پروتئین آب‌پنیر، پس از ۱۵ روز نگهداری معنی‌دار نبود (Gonzalez *et al.*, 2002).

پژوهش‌های صورت‌گرفته در این زمینه گواه این واقعیت است که استفاده از سطوح WPC در ماست، اثری بر افزایش اسیدیته نداشته‌است (Greig & Hugunin, 1999؛ Greig & Kan, 1984 ؛ Harris, 1983 Bierzuńska *et al.*, 2019). در مطالعات پیشین پژوهشگران نشان دادند جایگزینی پودر شیر با WPC در ماست باعث افزایش ظرفیت بافری گردید که به نظر می‌رسد این امر به دلیل حضور پروتئین‌های آب‌پنیر بوده است (Zisu & Shah, 2003) در این پژوهش نیز نشان داده شد که استفاده از سطوح ایزوله پروتئین موجب افزایش اسیدیته شده است اما تغییری در میزان pH مشاهده نشده است که ممکن است به دلیل خاصیت بافری ایزوله پروتئین سویا باشد. دیگر محققین در تحقیقات خود نشان دادند افزودن اینولین به ماست کم-چرب تاثیر معنی‌داری بر pH نداشته است اما به طور قابل توجهی بر بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی و ارگانولپتیکی مؤثر بوده است (Guggisberg *et al.*, 2009).



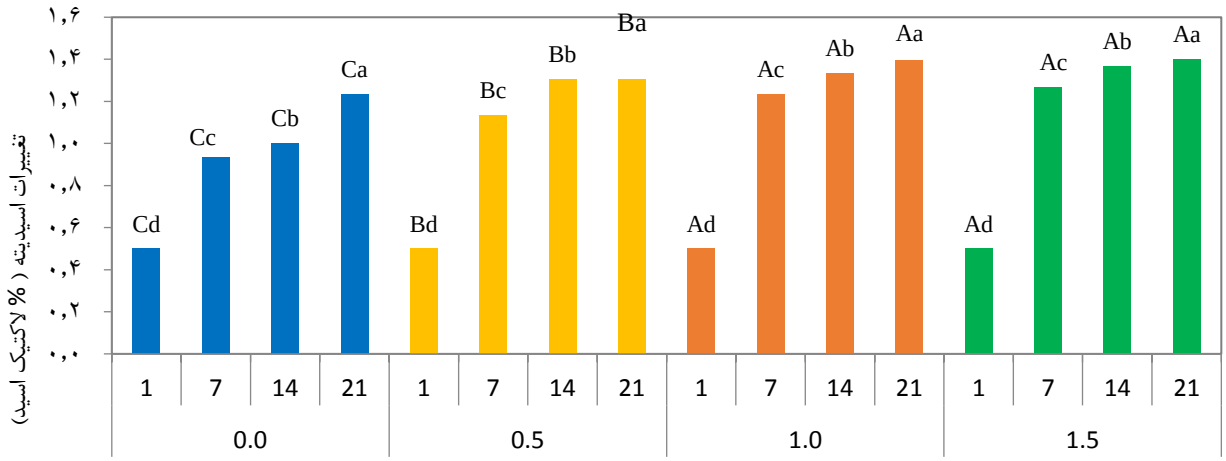
غلظت های ایزوله پروتئین سویا (۰ ، ۰/۵ ، ۱/۰ و ۱/۵ درصد وزنی/حجمی) در روزهای مختلف آزمون (۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز)

شکل۱. بررسی تغییرات pH تحت تاثیر متغیرهای غلظت ایزوله پروتئین سویا و مدت زمان نگهداری

*** حروف انگلیسی بزرگ متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بین غلظت‌های مختلف است.**

*** حروف انگلیسی کوچک متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بین زمان‌های مختلف است.**

[1] Whey protein concentrate



غلظت های ایزوله پروتئین سویا (۰ ، ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵ درصد وزنی/حجمی) در روزهای مختلف آزمون (۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز)

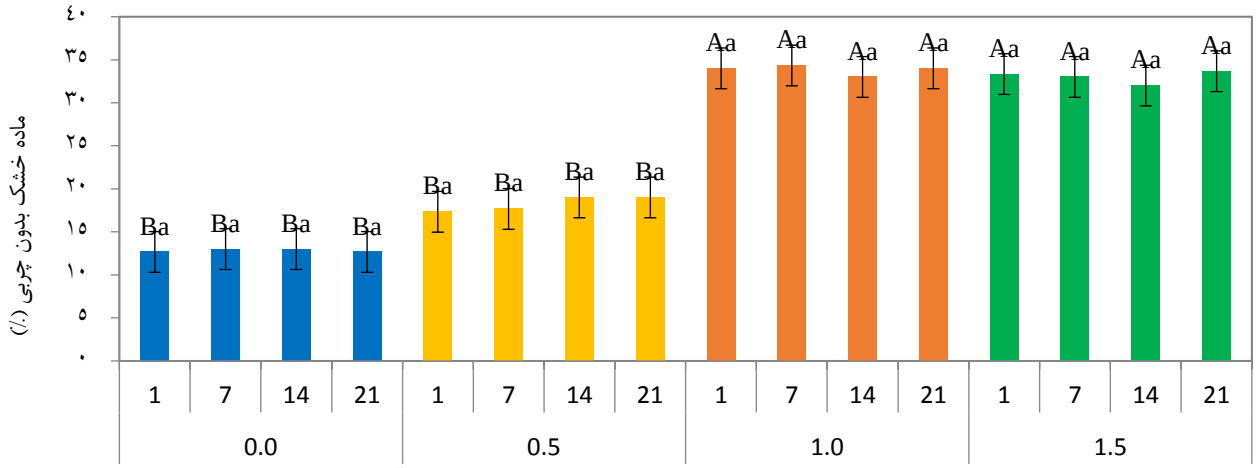
شکل ۲. بررسی تغییرات اسیدیته تحت تاثیر متغیرهای غلظت ایزوله پروتئین سویا و مدت زمان نگهداری

* حروف انگلیسی بزرگ متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بین غلظت‌های مختلف است.

* حروف انگلیسی کوچک متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بین زمان‌های مختلف است.

ماده خشک بدون چربی

نتایج تجزیه واریانس و آزمون مقایسه میانگین دانکن نشان داد که افزایش مدت زمان نگهداری تاثیر قابل توجهی را بر میزان ماده‌خشک بدون چربی نداشته است و بررسی تاثیر متقابل متغیرهای غلظت و زمان نیز نتوانست تاثیر آماری معنی‌داری را نشان دهد. با افزایش غلظت ایزوله پروتئین سویا، مقادیر ماده خشک بدون چربی، افزایش معنی‌داری را نشان داد است که با توجه به پودر بودن و وجود ماده خشک بالا در ایزوله پروتئین سویا، این نتیجه دور از انتظار نبوده است (شکل ۳). نتایج حاصل در سه گروه دانکن قرار گرفت و نمونه‌های دارای ۱/۰ و ۱/۵ درصد دارای بیشترین مقادیر ماده خشک بودند و با نمونه شاهد و نمونه حاوی ۰/۵ درصد پروتئین ایزوله سویا تفاوت آماری معنی‌داری را داشت ($p \leq ۰/۰۵$). محققان در بررسی مقدار ماده خشک در ماست کم‌چرب نیز اذعان داشتند که مقدار این پارامتر درطی دوره نگهداری تغییر معنی‌داری نداشته است که با نتایج این پژوهش مطابقت می‌کند (Khaleghi *et al.*, 2019).



غلظت های ایزوله پروتئین سویا (۰ ، ۰/۵، ۱/۰و ۱/۵ درصد وزنی/حجمی) در روزهای مختلف آزمون (۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز)

شکل ۳. بررسی تغییرات ماده خشک بدون چربی تحت تاثیر متغیرهای غلظت ایزوله پروتئین سویا و مدت زمان نگهداری

* حروف انگلیسی بزرگ متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بین غلظت‌های مختلف است.

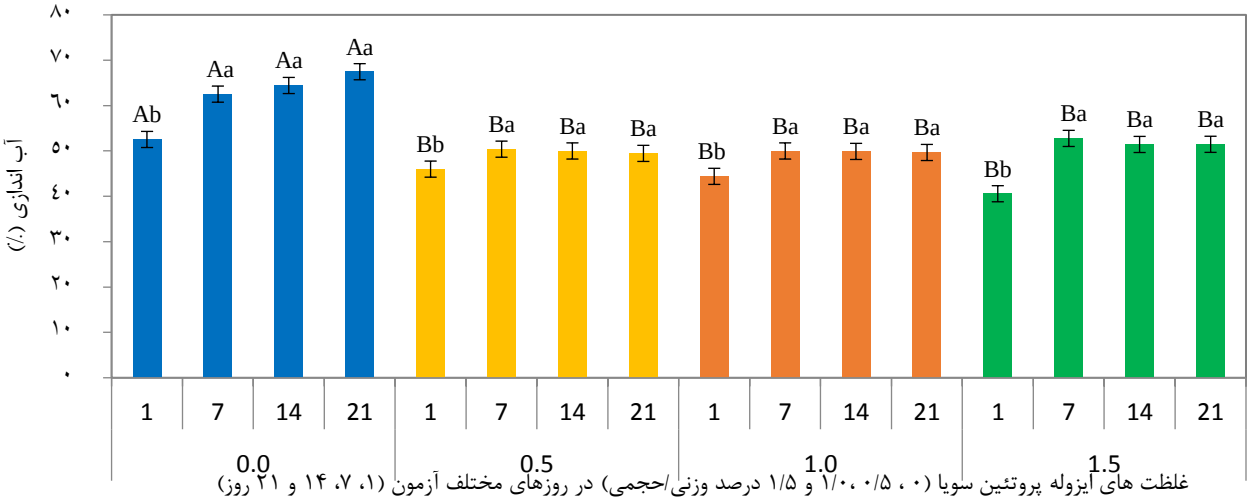
* حروف انگلیسی کوچک متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بین زمان‌های مختلف است.

آب اندازی

بافت ماست یک شبکه سه بعدی از پروتئین‌های منعقد شده شیر است که در فضای ما بین آن‌ها آب به دام افتاده است. با پاره شدن این شبکه پروتئینی، آب میان-بافتی ماست شروع به خارج شدن می‌کند که اصطلاحاً به آن آب اندازی[1] ماست می‌گویند (Vahedi *et al.*, 2010). نتایج نشان داد تغییر در میزان سطوح ایزوله پروتئین سویا، تاثیر معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر میزان آب‌اندازی نمونه‌ها داشت ($p \leq ۰/۰۵$). به گونه‌ایی که با افزایش سطوح ایزوله پروتئین سویا در نمونه‌های ماست، میزان آب‌اندازی کاهش‌یافته است که این کاهش بین نمونه‌های حاوی ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵ درصد معنی‌دار نبود اما نمونه‌های حاوی ایزوله پروتئین سویا با نمونه‌های شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($p \leq ۰/۰۵$). با افزایش مدت زمان نگهداری، مقادیر آب‌اندازی تغییر معنی‌داری را نشان داد ($p \leq ۰/۰۵$). همچنین تاثیر برهمکنش غلظت پروتئین سویا و مدت زمان نگهداری نیز، در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۵$). با افزایش مدت زمان نگهداری، میزان آب‌اندازی افزایش یافت، مقدار سینرزیس در روز اول آزمون کمترین مقدار بود که با نمونه‌های ارزیابی‌شده در روزهای ۷، ۱۴ و ۲۱ تفاوت آماری معنی‌داری را نشان داد ($p \leq ۰/۰۵$). نتایج نشان داد که مقادیر آب‌اندازی در دامنه‌ی ۴۰/۵ تا ۶۷/۴ درصد متغیر بود و بیشترین و کمترین مقدار آب‌اندازی را به ترتیب نمونه‌های شاهد در روز بیست و یکم و نمونه‌های دارای ۱/۵ درصد ایزوله پروتئین سویا در روز اول آزمون داشت (شکل ۴). همانگونه که در بخش قبلی به آن اشاره کردیم با افزایش غلظت ایزوله پروتئین سویا، مقدار ماده خشک بدون چربی افزایش معنی‌دار می‌یابد، که این افزایش موجب جلوگیری از آب‌اندازی نمونه‌های ماست کم‌چرب می‌شود. پتانسیل بالای پیوندهای کوالانسی و هیدروژنی در ایزوله پروتئین سویا از عوامل موثر در باندشدن آب با ایزوله پروتئین و کاهش آب‌اندازی شد. برخی پژوهشگران نشان دادند که تمایل به آب‌اندازی (اندازه-گیری شده با سانتریفوژ) تابع غلظت پروتئین آب پنیر بوده است (Gonzalez *et al.*, 2002). در پژوهش‌های دیگر محققین اذعان کردند از دیگر دلایل افزایش آب-اندازی طی گذشت زمان تغییرات pH است به گونه‌ایی که، با گذشت زمان، بافت ماست شل‌تر شده و آب متصل به پروتئین‌های آن آزاد می‌شود. تغییرات pH در این امر دخیل بوده، باعث دناتوره‌شدن ساختمان پروتئین می-گردد. کاهش pH باعث تغییر فرم طبیعی پروتئین شده و در اثر دناتوره‌شدن پروتئین، آب متصل به آن آزاد شده و آب اندازی افزایش می‌یابد (Tamime *et al.*, 1996؛ Supavititpatana *et al.*, 2010). در مطالعه‌ای بیان شد استفاده از کنسانتره پروتئین شیر به دلیل مقادیر بالای کازئین، شبکه‌های سه بعدی قدرتمندی را تشکیل داده و موجب حفظ بیشتر آب و کاهش میزان آب‌اندازی در ماست می‌شود (Javidi, 2016). کنسانتره‌های پروتئینی استفاده شده در این مطالعه، دارای قدرت جذب آب بالایی هستند که همین امر موجب کاهش سینرزیس معنی‌دار نسبت به نمونه شاهد کم‌چرب شد. در تحقیقی تاثیر استفاده از موسیلاژ دانه ریحان را بررسی و گزارش آن‌ها حاکی از تاثیر مثبت معنی‌دار استفاده از موسیلاژ دانه ریحان بر میزان آب‌اندازی ماست کم‌چرب بوده‌است (Amiri Aghdaie *et al.*, 2010). مطالعه‌ایی دیگر، تاثیر انواع فیبرهای رژیمی بر ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی ماست را مورد بررسی قرار داد که نتایج این پژوهش نیز هم راستا با گزارشات پژوهش موجود بود (Dello Staffolo *et al.*, 2004). پژوهشگران در بررسی‌های متعدد به این نتیجه رسیده‌اند که افزودن بتاگلوکان و اینولین موجب بهبود خاصیت سینرزیستی ماست می‌شود (Guggisberg *et al.*, ؛ Sahan *et al.*, 2008

[1] syneresis

2009). نتایج این محققان نشان داد که با افزایش ماده جامد، آب‌اندازی ماست کاهش یافته است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.



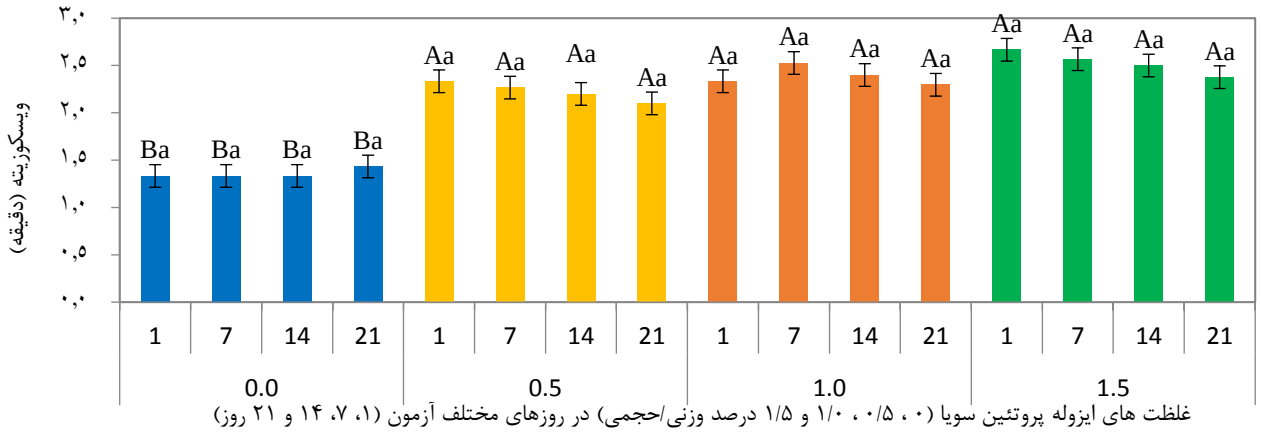
شکل ۴. بررسی تغییرات آب اندازی تحت تاثیر متغیرهای غلظت ایزوله پروتئین سویا و مدت زمان نگهداری

*** حروف انگلیسی بزرگ متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بین غلظت‌های مختلف است.**

*** حروف انگلیسی کوچک متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بین زمان‌های مختلف است.**

ویسکوزیته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که تغییر در غلظت ایزوله پروتئین سویا، موجب ایجاد تغییرات معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد در فاکتور ویسکوزیته شد ($p \leq ۰/۰۵$). با افزایش مدت زمان نگهداری میزان ویسکوزیته تحت تاثیر قرار نگرفت و تاثیر متقابل غلظت و مدت زمان نگهداری نیز نتوانست تاثیر آماری معنی‌داری را بر ویسکوزیته‌ی نمونه‌های ماست داشته باشد. با توجه به شکل ۵، با افزایش سطوح ایزوله پروتئین سویا در نمونه-های آزمون، میزان ویسکوزیته‌ی نمونه‌ها افزایش یافت که این افزایش معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۵$). نتایج حاصل از آزمون دانکن نشان داد که بین نمونه‌های شاهد و نمونه-های دارای ایزوله پروتئین سویا، تفاوت مشاهده‌شده معنی-دار بوده است. در حالیکه افزایش مشاهده شده در ویسکوزیته نمونه‌ها با افزایش سطوح ایزوله پروتئین سویا، افزایش معناداری نبوده است و گذشت زمان تاثیز معناداری بر میزان ویسکوزیته نداشت ($p \leq ۰/۰۵$). به طورکلی ویسکوزیته در محلول‌های پروتئینی به غلظت پروتئین‌ها، باندهای کووالانسی و هیدروژنی در محلول‌ها بستگی دارد. پروتئین سویا با جذب و نگهداری آب آزاد باعث افزایش گرانروی می‌شوند. در طی مدت زمان نگهداری، ویسکوزیته افزایش پیدا کرد. این تغییر می‌تواند به علت ایجاد اتصالات بیشتر کوولانسی و هیدروژنی، افزایش هیدراتاسیون ترکیبات، جذب آب بیشتر و ایجاد یک بافت مستحکم در طول مدت زمان نگهداری در ساختار سه‌بعدی ماست باشد. در حقیقت عامل اصلی، بازآرایی پروتئین‌ها و ایجاد اتصالات بیشتر بین پروتئین است. در پژوهشی تاثیر افزودن کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و اینولین را بر روی خصوصیات رئولوژیکی ماست مورد مطالعه قرار گرفت. آن‌ها گزارش کردند که کنسانتره پروتئین آب‌پنیر بدلیل داشتن مولکول-هایی با وزن مولکولی بالا نسبت به اینولین ویسکوزیته را بیشتر افزایش می‌دهد (Akalm *et al.*, 2008). همچنین در بررسی‌ها مشخص شد که نوع فیبر و زمان نگهداری از فاکتورهای موثر در گرانروی ماست می‌باشد (Jayabalan *et al.* 2020؛ Staffolo *et al.*, 2004). فیبرهای ذرت، برنج و جو گرانروی ظاهری فرآورده نهایی را به دلیل برهم کنش بین الیگوساکاریدها و پلی‌ساکاریدها با پروتئین‌های شیر افزایش می‌دهد که نتایج این بررسی را تایید می‌کند (Fernandez-Garcia & McGregor, 1997)



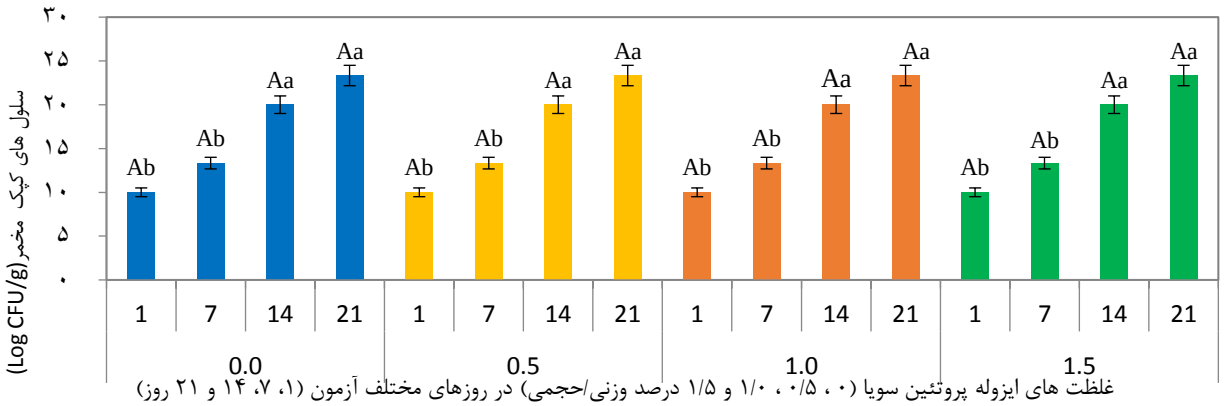
شکل۵. بررسی تغییرات ویسکوزیته تحت تاثیر متغیرهای غلظت ایزوله پروتئین سویا و مدت زمان نگهداری

* حروف انگلیسی بزرگ متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بین غلظت‌های مختلف است.

* حروف انگلیسی کوچک متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بین زمان‌های مختلف است.

شمارش کپک و مخمر (Log CFU/g)

با توجه به شکل ۶ نتایج آزمایش‌های میکروبی نشان می-دهد که تغییر در غلظت ایزوله پروتئین سویا نتوانست تاثیر معنی‌داری را بر رشد کپک و مخمر داشته باشد. با افزایش مدت زمان نگهداری، رشد کپک و مخمر تحت تاثیر معنی-دار قرار گرفت ($p \leq ۰/۰۵$) و تاثیر متقابل غلظت و زمان معنی‌دار نبود. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین و کمترین میزان رشد مربوط به نمونه‌های روز ۱ و روز ۲۱ بود. نتایج حاصل از روزهای مختلف نشان داد که رشد کپک و مخمر در روزهای آزمون، در چهار گروه دانکن قرار گرفته‌است و بین تمام روزها با هم تفاوت آماری معنی‌دار مشاهده شد ($p \leq ۰/۰۵$). بیشترین و کمترین میزان رشد میکروبی به ترتیب مربوط به نمونه‌های شاهد در روز ۲۱ و نمونه‌های دارای ۱/۵ درصد ایزوله پروتئین سویا بود. با افزایش غلظت ایزوله پروتئین سویا در نمونه‌های ماست، میزان رشد سلول‌های کپک و مخمر افزایش غیر معنی‌دار یافت. با افزایش مدت زمان نگهداری میزان رشد میکروبی افزایش یافت که این افزایش نیز در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود. با افزایش مدت زمان نگهداری به دلیل شرایط مطلوب برای رشد کپک و مخمر تعداد سلول‌های زنده افزایش یافت. لازم به ذکر است که حضور ترکیبات ایزوله پروتئین سویا با تامین مواد مغذی موجب افزایش رشد کپک و مخمر شده است، که با توجه به نتایج اسیدیته، افزایش رشد میکروبی و افزایش اسیدیته در طی مدت زمان نگهداری، نشان از ارتباط مستقیم این دو پارامتر با هم دارد.



شکل۶. بررسی تغییرات رشد میکروبی(کپک و مخمر) تحت تاثیر متغیرهای غلظت ایزوله پروتئین سویا و مدت زمان نگهداری

* حروف انگلیسی بزرگ متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بین غلظت‌های مختلف است.

* حروف انگلیسی کوچک متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بین زمان‌های مختلف است.

ویژگی های حسی

خواص حسی فرآورده غذایی به تمامی ویژگی‌هایی از ماده غذایی اطلاق می‌شوند که با حواس پنج‌گانه انسان قابل درک هستند و از عوامل اساسی پذیرش یا رد بسیاری از فرآورده‌های غذایی و کسب رضایت مصرف-کننده آنها است. ایزوله پروتئین سویا دارای ویژگی‌های فرآیندپذیری و ارزش غذایی مطلوب است (Singh *et al.*, 2008). نتایج نشان داد همه نمونه‌ها از لحاظ خصوصیت رنگ امتیاز کاملی را کسب نموده‌اند. بالاترین امتیاز رنگ را نمونه‌های مربوط به روز اول در سطوح ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵ درصد و نمونه‌های مربوط به روز ۷ و ۱۴ در سطح ۰/۵ درصد ایزوله پروتئین سویا داشت که دارای تفاوت آماری معنی‌داری با سایر نمونه‌ها بود ($p \leq ۰/۰۵$). افزودن ایزوله پروتئین سویا در سطوح بالای ۰/۵ درصد موجب تیره شدن رنگ محصول با گذشت زمان شد. بالاترین امتیاز سفتی را نمونه‌های ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵ درصد ایزوله پروتئین سویا در روز ۱ و ۷ آزمون و نمونه شاهد در روز اول آزمون و کمترین امتیازات مربوط به نمونه‌های حاوی ایزوله پروتئین سویا در روز ۱۴ و ۲۱ بود. به تدریج با گذشت زمان نگهداری سفتی نمونه ها نسبت به روز اول آزمون کاهش می‌یابد که با افزایش آب‌اندازی رابطه مستقیم دارد. از نظر احساس دهانی بالاترین و پایین‌ترین امتیاز به ترتیب به نمونه‌های شاهد و ۰/۵ درصد ایزوله پروتئین سویا اختصاص یافت. نمونه‌های حاوی ۱/۰ و ۱/۵ درصد ایزوله پروتئین سویا بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند ($p \leq ۰/۰۵$). همه نمونه‌ها فاقد طعم حیوانی و خارجی بود و تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. استفاده از غلظت-های پایین ایزوله پروتئین سویا از دلایل عدم تاثیرگذاری بر مشخصه رنگ و در نمونه‌ها است. مطلوب‌ترین نمونه‌ها از نظر طعم ترشی، نمونه‌های شاهد در تمام روزهای آزمون و نمونه‌های ۰/۵ درصد در روزهای ۱، ۷ و ۱۴ و نمونه‌های ۱ و ۱/۵ درصد در روزهای ۱ و ۷ بودند و کمترین امتیازها مربوط به نمونه‌های ۱/۰ و ۱/۵ درصد در روزهای ۱۴ و ۲۱ بود. میزان تندشدن چربی شیر نیز بررسی شد و نتایج حاکی از وجود اختلاف آماری معنی-دار بین نمونه‌ها بود ($p \leq ۰/۰۵$)، که بیشترین امتیاز را نمونه‌های شاهد در روز ۱، ۷ و ۱۴ آزمون و نمونه‌های حاوی ازوله پروتئین سویا در روزهای ۱ و ۷ آزمون و کمترین امتیاز را نمونه‌های ۱/۰ و ۱/۵ درصد در روزهای ۱۴ و ۲۱ داشتند. تمام نمونه‌ها فاقد طعم کپک‌زدگی بود و تفاوت آماری معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده نشد. از نظر طعم کلی، بیشترین امتیاز را نمونه‌های شاهد در تمام روزها و نمونه‌های ۰/۵ درصد در روزهای اول و هفتم داشتند. کمترین امتیاز را نمونه‌های ۱/۵ درصد در روز ۲۱ آزمون داشتند که با سایر نمونه‌ها تفاوت آماری معنی‌داری را نشان داده است ($p \leq ۰/۰۵$). در واقع افزایش مدت زمان نگهداری، بر سطح، سفتی، ترشی، ترش‌شدن چربی شیر و طعم کل تاثیر معنی‌دار داشته است و بر سایر پارامترها تاثیر قابل توجهی را نشان نداده است. در بررسی‌هایی که پژوهشگران انجام دادند نیز میزان افزودن پودر آب‌پنیر به مخلوط پایه را ۱ تا ۲ درصد پیشنهاد کردند، زیرا میزان بالاتر باعث طعم آب-پنیزی فراورده شده است. استالدهید جزء اصلی طعم ماست است که توسط آغازگرهای ماست از لاکتوز و اسیدآمینه ترئونین تولید می‌شود که به وسیله‌ی آنزیم ترئونین‌آلدولاز، استالدهید و گلایسین تشکیل می‌شود. یکسان بودن مقادیر اصلی در تولید استالدهید از عوامل مهم در یکسان بودن امتیازات در روزهای نخست آزمون بوده است (Gonzalez-Martinez *et al.*, 2002، Tamime & Robinson, 1999).

نتیجه گیری کلی

تلاش‌ها برای کاهش بروز بیماری‌های مثل سرطان، بیماری‌های قلبی و عروقی و بهبود سلامتی، گسترش غذاهای غنی از مواد گیاهی و ضدسرطان می‌تواند نقش اساسی در تضمین سلامتی داشته باشد. پروتئین سویا با

داشتن مقدار بالای پروتئین در مقایسه با سایر پروتئین-های گیاهی در کنار بهبود ارزش غذایی، از لحاظ اقتصادی نسبتا ارزان است و به همین دلیل می‌تواند در طیف گسترده‌ایی از محصولات غذایی استفاده شود. در پژوهش حاضر افزایش ایزوله پروتئین سویا در تولید ماست کم چرب موجب کاهش pH و افزایش اسیدیته و ماده خشک جامد بدون چربی این فروارده شده و مزیت-های مهمی از قبیل کاهش میزان آب‌اندازی و افزایش ویسکوزیته ماست کم چرب را در پی داشت. در عین حال رشد کپک و مخمر تحت تاثیر افزودن ایزوله پروتئین سویا به ماست کم چرب قرار نگرفت. بنابراین با توجه به وجود ترکیبات مفید در پروتئین سویا می توان از آن به عنوان جایگزین چربی در فرآورده‌های لبنی مانند ماست کم‌چرب جهت بهبود ویژگی‌های تغذیه ای و کیفی استفاده کرد.

هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

REFERENCES

Akalın, A. S., Karagözlü, C., & Ünal, G. (2008). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, *227*(3), 889-895.

Amiri Aghdaie, Q. Almi, M., & Rezai, R. (2010). The Effect of Hydrocolloids of Seeds on Physicochemical and Sensory Properties of Low Fat Yogurt. *Iranian Journal of Food Science and Technology Research*, 209-201.

AOAC. (2002). Official Methods of Analysis of AOAC *International, 17th ed*. AOAC International, Gaithersburg, MD.

Azizi, Sh., Mortazavi, A., & Shafiei, M. (2004). Investigation of the Effect of Soy Protein Isolate (SPI) and Thickness Resin on the Physical, Chemical and Sensory Properties of Low Fat Cream. *Food Science and Technology Innovation*, 15-10.

Buchilina, A., & Aryana, K. (2021). Physicochemical and microbiological characteristics of camel milk yogurt as influenced by monk fruit sweetener. *Journal of Dairy Science*, *104*(2), 1484-1493.

Bierzuńska, P., Cais-Sokolińska, D., & Yiğit, A. (2019). Storage stability of texture and sensory properties of yogurt with the addition of polymerized whey proteins. *Foods*, *8*(11), 548.

Cassini, A. S., Tessaro, I. C., Marczak, L. D. F., & Pertile, C. (2010). Ultrafiltration of wastewater from isolated soy protein production: a comparison of three UF membranes. *Journal of Cleaner Production*, *18*(3), 260-265.

Cengiz, E., & Gokoglu, N. (2007). Effects of fat reduction and fat replacer addition on some quality characteristics of frankfurter-type sausages. *International Journal of Food Science and Technology*, *42*(3), 366-372.

De Brabandere, A. G. & De Baerdemaeker, J. G. (1999). Effects of process conditions on the pH development during yogurt fermentation. *Journal of Food Engineering*, *41*, 221-227.

Dello Staffolo, M., Bertola, N., Martino, M. & Bevilacqua, A. (2004). Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. *International Dairy Journal*, *14*, 263–268.

Farnsworth, J.P., Lia, J., Hendricks, G.M. & Guo, M.R. (2006). Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. Small *Ruminant Research*, *65*, 113-121.

Fernandez-Garcia, E., & McGregor, J. U. (1997). Fortification of sweetened plain yogurt with insoluble dietary fiber. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, *204*(6), 433-437.

Gonzalez-Martinez, C., Becerra, M., Chafer, M., Albors, A., Carot, J. M., & Chiralt, A. (2002). Influence of substituting milk powder for whey powder on yoghurt

quality. *Trends in Food Science and Technology*, *13*, 334- 340.

Greig, R. I. W., & Harris, A. (1983). Use of whey protein concentrate in yogurt. *Dairy Industrial*, *48*(10), 17-19.

Greig, R. I. W. (1984). Effect of whey protein concentrate on fermentation of yogurt. *Dairy Industrial*, *49*(10), 28-29.

Guggisberg, D., Cuthbert-steven, J., Piccinali, P., Butikofor, U., & Eeberhand, P. (2009). Rheological, microstructural and sensory characterization of low- fat and whole milk Set yoghurt as influenced by inullin addition. *Internation Dairy Journal*, *19*, 107-115

Hugunin, A. (1999). Whey products in yogurt and fermented dairy products. U.S. *Dairy Export Council*, 1-8.

Javid, Y. (2016). Investigation of physicochemical and microbial properties of low fiber yogurt fortified with wheat fiber. *Graduate thesis of Khorasgan University*. (In Farsi)

Khaleghi, M. (2019). *The antimicrobial effect of sumac (Rhus coriaria L.) powder on E. coli and Penicillium notatum in prebiotic low fat yoghurt* (Doctoral dissertation, Tabriz University of Medical Sciences, Faculty of Nutrition and Food Sciences).

Kowalski, A., Jachnowicz, A. Z., & Babuchowski, A. (2000). Yoghurt market in the United Kingdom. Natural Sciences, *6*, 131- 141.

Lourens-Hattingh, A. & Viljoen, B.C. (2001). Yogurt as probiotic carrier food. *International Dairy Journal*, *11*, 1–17.

Mazloomi, S.M., Shekarforoush, S. S., Ebrahimnejad, H., & Sajedianfard, J. (2011). Effect of adding inulin on microbial and physico- chemical properties of low fat probiotic yogurt. *Iranian Journal of Veterinary Research, 12*(2), 93-98. (In Farsi)

Moayednia N. (2014). Quality Evaluation of New Developed Symbiotic Yogurt over the Storage at Refrigerator. *Journal of Food Biosciences and Technology; 4*, 57-64.

Moradian, M., Ganjloo, A., & Bimakr, M. (2019). Effect of Feijoa Leaf Polysaccharides on the Physicochemical and Sensory Properties of Low Fat Yogurt during Storage. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, *4*(2); 105-115.

Iran National Standard Organisiattion. (2001a). Milk and its products - yogurt .No. 695, first edition.

Iran National Standard Organisiattion. (2013b). Microbiology of Food and Animal Feed - Comprehensive Mildew and Yeast Counting Method. Iranian Institute of Standards and Industrial Research, National Iranian Standard, No. 1 -10899 and 2 -10899 and 3 -10899, first edition.

Iran National Standard Organisiattion. (2013c). Milk-fat measurement of Gerber lipometers. Iranian Institute of Standards and Industrial Research, National Iranian Standard, No. 10292, First Revision.

Jayabalan, K., Magesh, A., Rajeshkannan, R., & Rathakrishnan, P. (2020). Fortification of Fibre in Yogurt using High Fibre Banana Stem and Jack Fruit Powder. *International Journal of Pharmaceutical Investigation*, *10*(2), 127-131.

Sah, B. N. P., Vasiljevic, T., McKechnie, S., & Donkor, O. N. (2016). Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT-Food Science and Technology*, *65*, 978-986.

Şahan, N., Yasar, A., & Hayaloglu, A. (2008). Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a b-glucan hydrocolloidal composite during storage, *Food Hydrocolloids*, *22*, 1291-1297.

Sandoval-Castila, O., Lobato-Calleros, C., Aguereе-Mandujano, E. &Vernon-Carter, E. (2004). Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal*, *14*, 151-159.

Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S.N, & Bawa, A.S. (2008). Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *7*(1), 14-28.

Singh, S. & Jood, S. (2009). Proximate composition, in vitro protein digestibility

and anti-nutritional factors of linseed cultivars. *Annals of Biology*, *25*(2), 181-184.

Tamime A, Barrantes E, & Sword A. (1996). The effect of starch based fat substitutes on the microstructure of set-style yogurt made from reconstituted skimmed milk powder. *International Journal of Dairy Technology*; *49*(1), 1-10.

Supavititpatana P, Wirjantoro TI, & Raviyan P. (2010).Characteristics and shelf- life of corn milk yogurt. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, *9*(1), 133-48**.**

Tamime, A. Y. & Robinson, R. K.v. (1999). Yoghurt. Science and Technology. UK: *Wood Headv Publishing*, 120-150.

Torres, I., Amigo, J., Kundsen, J., Tolkash, J., Mikkelsen, B., & Ispen, R. (2018). Rheology and microstructure of low-fat yoghurt produced with whey protein microparticles as fat replacer. *International Dairy Journal*, *81*, 62-71.

Zisu, B. & Shah, N. P. (2003). Effect of pH, temperature, supplementation with whey protein concentrate and adjunct cultures on the production of exopolysaccharides by Streptococcus thermophilus 1275. *Journal of Dairy Science*, *86*, 3405- 3415

Zomorrodi, S. (2012). Physical, chemical, rheological and sensory characteristics of fruit fiber fortified with wheat fiber. *Food Industry Research*, 458-443.

Vahedi, N., Mazaheri Tehrani, M, & shahidi, F.(2009). Formulation of fruit yogurt prepared from condensed milk and evaluation of its quality during storage. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 13(48), 251-260.