

بهینه‌سازی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و رنگ پنیر سفید ایرانی فراپالوده کم‌چرب حاوی جایگزین‌های چربی با استفاده از روش سطح پاسخ

حدیث رستم آبادی^۱، حسین جوینده^{۲*}، محمد حجتی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۲- دانشیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۳- استادیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

(تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۳۰)

چکیده

پنیر سفید، یکی از انواع رایج و معروف پنیر در منطقه خاورمیانه است. در ایران نیز این نوع پنیر در شکل فراپالایش، مصرف قابل توجهی به عنوان جزء اصلی صبحانه دارد. با افزایش آگاهی مردم نسبت به مصرف چربی، تقاضا برای محصولات غذایی کم‌چرب از جمله پنیرهای کم‌چرب افزایش یافته است. نمونه‌های پنیر سفید ایرانی فراپالوده در سه غلظت صمغ فارسی (۰، ۰/۱ و ۰/۲ درصد) و صمغ درخت بادام (۰، ۰/۱ و ۰/۲ درصد)، در سه سطح چربی (۳، ۶/۵ و ۱۰ درصد) از طریق اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و رنگ با استفاده از روش سطح پاسخ ارزیابی گردیدند. تأثیر کاهش چربی و استفاده از دو هیدروکلوئید به کار رفته روی پنیر فراپالوده تولیدی به وسیله نمودارهای سطح پاسخ بررسی گردید و سپس مطلوب‌ترین نمونه پنیر کم‌چرب بر اساس مشابهت به نمونه شاهد پرچرب تعیین شد. نتایج حاصل از بهینه‌سازی حاکی از آن بود که با استفاده از غلظت ۰/۲ درصد صمغ فارسی و ۰/۱۴ درصد صمغ بادام و ۱۰ درصد چربی در فرمولاسیون پنیر سفید ایرانی فراپالوده می‌توان پنیری کم‌چرب با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و رنگ مطلوب تولید نمود. همچنین، نتایج این پژوهش نشان داد که با به‌کارگیری هیدروکلوئیدهای بومی به عنوان جایگزین چربی در فرمولاسیون پنیر کم‌چرب می‌توان معایب مربوط به کاهش چربی را در این محصول بهبود بخشید.

کلید واژگان: پنیر فراپالوده کم‌چرب، صمغ درخت بادام، صمغ فارسی، ناتراوه

* مسئول مکاتبات: hosjooy@yahoo.com

۱- مقدمه

بیماری‌های قلبی عروقی^۵، فشار خون بالا، آسیب‌های بافتی، پوکی استخوان و انواع مختلفی از سرطان‌ها می‌باشد [۳] و [۴]. کاهش چربی باعث ایجاد عیوبی مانند از دست رفتن عطر و طعم، ساختار نامناسب، بافت ضعیف و در نهایت کاهش مقبولیت می‌گردد [۵]. یکی از معمول‌ترین روش‌های تولید پنیرهای کم‌چرب^۶ و یا انواع با چربی کاهش‌یافته^۷، استفاده از جانشین‌های چربی^۸ است. کاربرد این مواد در تولید پنیر کم‌چرب باعث نرم‌شدن و بهبود بافت پنیر، افزایش ویژگی‌های عملکردی و بالا رفتن راندمان تولید پنیر می‌شود [۶].

صمغ فارسی، صمغ ترش‌حی شفاف‌ی است که از درخت بادام کوهی با نام *امیگدالوس اسکوپاریا اسپچ*^۹، از خانواده گل‌سرخیان^{۱۰} به‌دست می‌آید و به آن زدو و یا صمغ شیرازی^{۱۱} نیز می‌گویند. این گونه در ایران پراکندگی بسیار زیادی دارد و با رنگ‌های سفید، زرد روشن تا نارنجی و قرمز یافت می‌شود (جدول ۱) [۷]. صمغ فارسی، قوام‌دهنده، امولسیفایر و پایدارکننده امولسیون است. علاوه بر خصوصیات عملکردی، طبیعی، بومی‌بودن و قابلیت دسترسی بالا به آن و بر این اساس توجیه اقتصادی استفاده از آن، کاربرد این صمغ را در صنایع غذایی امکان‌پذیر می‌کند [۸].

پنیر نامی عمومی است که به گروه بزرگی از محصولات لبنی تخمیری که در طیف وسیعی از شکل و طعم در سرتاسر دنیا تولید می‌شوند، اطلاق می‌گردد [۱]. فرآپالایش یک عملیات جداسازی غشایی است که به طور انتخابی پروتئین و چربی شیر را تغلیظ می‌کند. فرایند فرآپالایش شیر باعث تولید تراوه یا پرمییت^۱ و ناتراوه یا ریتنتیت^۲ می‌شود. تراوه که فاز عبوری یا پساب نیز نامیده می‌شود، حاوی آب، لاکتوز، املاح محلول، نیتروژن غیرپروتئینی و ویتامین‌های محلول در آب می‌باشد و ناتراوه یا شیر تغلیظ‌شده که فاز ماندگار نیز نامیده می‌شود شامل کازئین، پروتئین‌های آب-پنیر، چربی و نمک‌های کلوئیدی است. حذف آب قبل از عملیات پنیرسازی باعث می‌شود میزان سیترسیس یا آب-اندازی مورد نیاز کاهش یابد و پروتئین‌های آب‌پنیر در طی تولید پنیر در داخل لخته به دام‌افتند [۲]. پنیر سفید، یکی از انواع رایج و معروف پنیر در منطقه خاورمیانه است. در ایران نیز، این نوع پنیر در شکل فرآپالایش، مصرف قابل توجهی به عنوان جزء اصلی صبحانه دارد و با توجه به این که معمولاً مقدار چربی این فرآورده بالاست، تلاش‌های زیادی برای کاهش چربی در این ماده غذایی پراهمیت صورت گرفته است. شواهد و یافته‌های علمی، حاکی از ارتباط مصرف زیاد چربی و افزایش خطر ابتلا به برخی بیماری‌ها مانند چاقی مفرط^۳، سخت‌شدن دیواره رگها^۴،

5. Coronary heart disease
6. Low fat
7. Reduced fat
8. Fat replacers
9. Amygdaluhs scoparia Spach
10. Rosaceace
11. Persian Gum

1. Permeate
2. Retentate
3. Obesity
4. Atherosclerosis

Table 1 Chemical composition of 3 kinds of Persian gum [v]

Samples	Protein (%)	Moisture (%)	Ash (%)	Total carbohydrate (%)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)
White	0.214	12.085	1.675	98.4	7.8	950	6900	1520	15
Yellow	0.207	11.288	1.588	93.1	9.3	720	6900	1670	9.7
Red	0.197	12.197	1.362	95.1	8.8	930	6300	1480	1.1

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد مورد استفاده

تولید کلیه نمونه‌های فرآپالایش در کارخانه لبنی پگاه خوزستان انجام گرفت. جهت تهیه پنیر از شیر تازه کامل با کیفیت بالا استفاده گردید. برای تنظیم درصد چربی ناتراوه، پودر کنسانتره پروتئین شیر^{۱۵} (MPC) تا میزان ماده خشک مناسب با آب مخلوط و سپس جهت تنظیم درصد چربی ناتراوه به مقدار مناسب با آن مخلوط شد. از آغازگر مزوفیل ۲۳۰ CHOOZIT محتوی سویه‌های لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه‌ی کرمریس و لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس و آغازگر ترموفیل ۵۳۲ YO-MIX محتوی سویه‌های استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس (در بسته- بندی صنعتی شرکت لبنی دانسکوی آلمان) به عنوان مایه کشت استفاده گردید و به عنوان انعقادگر نیز، رنت استاندارد کی مکس^{۱۶} (شرکت لبنی هانسن دانمارک) حاصل از کیموزین به دست آمده از تخمیر اسپرژیلوس نایجر وارپته آواموری مورد استفاده قرار گرفت. صمغ فارسی از منطقه خوزستان (شهر دزفول) و صمغ درخت بادام نیز از مناطق کوهستانی استان لرستان تهیه گردید. هر دو صمغ با آسیاب برقی ناسیونال ساخت ایران آسیاب شده و جهت به دست آوردن ذرات با اندازه‌ی یکنواخت از الک با مش ۱۶ عبور داده شدند. تمامی محلول‌ها و مواد شیمیایی مورد استفاده در پژوهش پیش‌رو با درجه خلوص بالا و از شرکت مرک خریداری شدند (دارمستادت^{۱۷}، آلمان).

آلموند گام^{۱۲} یا صمغ درخت بادام از تنه و شاخه‌های درخت پرونوس دولسیس^{۱۳}، به واسطه آسیب‌های مکانیکی و صدمات حاصل از میکروارگانسیم‌ها به دست می‌آید. این صمغ به طور عمده از ۹۲/۳۶ درصد پلی‌ساکارید (۶۶/۸۳ درصد آرابینوز، ۳۵/۴۹ درصد گالاکتوز، ۵/۹۷ درصد اورونیک اسید بر اساس وزن خشک)، ۲/۴۵ درصد پروتئین و ۰/۸۵ درصد چربی تشکیل شده است [۹] و همچنین سرشار از مواد معدنی سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم و آهن می‌باشد [۱۰].

تعیین بهترین سطوح صمغ در فرمولاسیون پنیر کم‌چرب تولیدی که بتواند ویژگی‌هایی مشابه با نمونه پرچرب ایجاد نماید، انجام آزمون‌های زیادی را ملزم کرده و در نتیجه امری زمان‌بر می‌باشد. روش سطح پاسخ (RSM^{۱۴})، ابزاری مناسب جهت بهینه‌سازی فرمولاسیون محصولات جدید می‌باشد. این روش تعداد آزمون‌های تجربی مورد نیاز را به حداقل رسانده و به منظور بررسی تأثیر متغیرهای مستقل، یک مدل ریاضی تعریف می‌نماید [۱۱]. بر اساس اطلاعات موجود، تا کنون، هیچ‌گونه مطالعه‌ای در خصوص کاربرد روش RSM، در بهینه‌سازی فرمولاسیون پنیر کم‌چرب با استفاده از صمغ‌های بومی فارسی و درخت بادام انجام نگردیده است. در این پژوهش، فرمولاسیون پنیر کم‌چرب تولیدی به روش فرآپالایش (محتوی جایگزین‌های چربی و سطوح مختلف چربی)، با استفاده از روش سطح پاسخ، بهینه‌سازی گردیده است.

15. Milk protein concentrate powder
16. Chy-Max
17. Darmstadt

12. Almond Gum
13. Prunus dulcis
14. Response surface methodology

۲-۲- روند پنی‌سازی

شیر با چربی استاندارد طی دو مرحله باکتوفوگاسیون گردید و تا بیش از ۹۹ درصد از بار میکروبی آن کاسته شد. سپس توسط مبدل حرارتی صفحه‌ای در دمای 72°C به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه گردید و با دمای 6°C به مخازن نگهداری شیر پاستوریزه فرستاده شد. پیش از فرآیند تغلیظ، شیر ذخیره شده در مبدل حرارتی صفحه‌ای تا دمای 50°C حرارت داده شد و پس از عبور از فیلتر وارد بالانس‌تانک غشای فرآپالایش گردید و با عبور از غشای مذکور شیر به دو بخش پرمییت یا بخش عبوری (آب پنیر) و ناتراوه حاوی ۲۸ درصد مواد جامد با دمای 50°C تقسیم شد. ناتراوه به پاستوریزاتور صفحه‌ای با دمای 78°C رفته و به مدت ۱۶ ثانیه پاستوریزه گردید. سپس در دستگاه هموژنیزاسیون با فشار ۵۰ بار هموژن شد [۱۲]. به منظور تولید پنیر فرآپالایش کم‌چرب، با استفاده از ناتراوه پرچرب (۱۶ درصد چربی)، پودر MPC (۶۰ درصد پروتئین) و آب، ناتراوه کم‌چرب تهیه گردید. صمغ فارسی و صمغ درخت بادام هر کدام در ۳ سطح مختلف، جداگانه به نمونه‌های ناتراوه کم‌چرب اضافه شد و در فشار ۷۰ بار با استفاده از دستگاه هموژنایزر Ronghe machinery (مدل JHG-Q60-P60، ساخت چین)، هموژن شدند. عمل پاستوریزاسیون نمونه‌ها در دمای 75°C به مدت ۱۵ ثانیه انجام گرفت. سپس نمونه‌ها به دستگاه انکوباتور با دمای 32°C انتقال یافتند. پس از ۲۵ دقیقه، نمونه‌های پنیر منعقد گردیدند و عمل پارچمنت‌گذاری روی آنها صورت پذیرفت. پارچمنت^{۱۸} مانند کاغذ صافی عمل می‌کند و باعث

جذب یکنواخت نمک در پنیر می‌شود. در پایان، به میزان ۳ گرم نمک روی کاغذ پارچمنت ریخته و درب‌بندی با فویل آلومینیوم انجام پذیرفت. نمونه‌ی شاهد پرچرب مشابه پنیر پرچرب تولیدی در کارخانه پگاه خوزستان (دارای ۱۶ درصد چربی) نیز جهت مقایسه با نمونه‌های کم‌چرب تولید گردید. ضمن اینکه برای تولید نمونه پرچرب از صمغ استفاده نشد. جهت جذب نمک افزوده شده و ادامه فعالیت باکتری‌های آغازگر، نمونه‌های پنیر به مدت ۲۴ ساعت در دمای 29°C گرمخانه‌گذاری شدند که در این شرایط pH نمونه‌ها به حدود ۴/۸ کاهش می‌یافت. سپس محصول به سردخانه با دمای 5°C منتقل و پس از ۶۰ روز نگهداری در این دما، آزمون‌های مختلف روی نمونه‌های پنیر صورت پذیرفت.

۲-۳- طرح آزمون و آنالیز آماری

بهینه‌سازی فرمولاسیون پنیر سفید ایرانی کم‌چرب تولیدشده به روش فرآپالایش، با استفاده از روش سطح پاسخ و با به-کارگیری طرح باکس-بنکن^{۱۹} صورت پذیرفت. طرح مورد نظر با استفاده از سه فاکتور و هر فاکتور در سه سطح انجام پذیرفت. فاکتورها شامل غلظت صمغ فارسی و غلظت صمغ بادام به عنوان جایگزین‌های چربی و درصد چربی بودند که سطوح هر کدام از آنها در جدول ۲ بصورت کددار مشخص شده است. یک مدل چند جمله‌ای درجه دوم (رابطه ۱) به داده‌های تجربی برازیده شد:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^3 \beta_{ij} X_i X_j + \epsilon_{ij}$$

19. Box-Behnken design

18. Parchment

Table 2 Coded and uncoded levels of independent variables according to a Box-Behnken design

Formulation ingredients	Level		
	-1	0	1
Fat (%)	3	6.5	10
Persian gum (%)	0	0.1	0.2
Almond gum (%)	0	0.1	0.2

موجود در محلول صاف شده از طریق دستگاه اتوکلدال محاسبه گردید [۱۵].

۲-۵- آزمون رنگ سنجی

ارزیابی رنگ نمونه‌های پنیر فرآپالایش، در پایان دوره نگهداری، با استفاده از رنگ‌سنج^{۳۳} سری CR-۴۰۰ (ساخت ژاپن) انجام گرفت که در آن L^* (L.value)، نشان‌دهنده سفیدی می‌باشد [۱۶].

۲-۶- ارزیابی حسی

در این قسمت مهم‌ترین خصوصیات ارگانولپتیکی نمونه‌های پنیر فرآپالوده شامل: رنگ و ظاهر، طعم و رایحه، قوام و بافت توسط ۱۰ ارزیاب نیمه حرفه‌ای آموزش دیده مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌ها از طریق تست هدونیک^۹ نقطه‌ای با یکدیگر مقایسه شدند [۱۱]، که شرح آن‌ها در ذیل ارائه گردیده است:

۱) بسیار ناخوشایند، ۲) ناخوشایند، ۳) نسبتاً ناخوشایند، ۴) کمی ناخوشایند، ۵) متوسط، ۶) کمی خوشایند، ۷) نسبتاً خوشایند، ۸) خوشایند، ۹) بسیار خوشایند.

قبل از ارزیابی، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه از یخچال خارج و در دمای محیط ($22 \pm 2^\circ\text{C}$) نگهداری شدند. نمونه‌های پنیر پس از گذشت ۶۰ روز از زمان تولید مورد ارزیابی حسی قرار گرفتند.

که Y پاسخ (میانگین خطای مطلق) و $\beta_0, \beta_i, \beta_{ij}$ ضرایب رگرسیونی به ترتیب برای عرض از مبدأ خطی، درجه دوم و برهم‌کنش‌ها بوده و X_i و X_j متغیرهای مستقل می‌باشند. تحلیل سطح پاسخ و ترسیم نمودارها با استفاده از مینی‌تب نسخه‌ی ۱۵/۱/۱۰ (شرکت مینی‌تب، ایالات متحده) انجام شد.

۲-۴- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

محتوای رطوبت نمونه‌های پنیر، به وسیله آون تحت خلأ و تا رسیدن به وزن ثابت محاسبه گردید [۱۳]. اندازه‌گیری pH با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (مدل ۸۲۷، مترام^{۲۰} ساخت سوئیس) انجام گرفت. به منظور اندازه‌گیری نیتروژن کل (TN^{21})، پس از انجام مرحله‌ی هضم با استفاده از دستگاه اتوکلدال (مدل PDU-VB500، ساخت ایران) میزان ازت نمونه قرائت گردید. مقدار پروتئین کل نیز از حاصلضرب مقدار نیتروژن در فاکتور 6.38 محاسبه گشت [۱۴]. نیتروژن محلول در آب (WSN^{22}) نیز با روش خسروشاهی و همکاران [۱۵] اندازه‌گیری گردید. در این آزمون ۲۰ گرم نمونه پنیر با ترازو توزین گردید و با ۱۰۰ ml آب مقطر به مدت ۵ دقیقه به کمک همزن مغناطیسی به خوبی همگن گردید و پس از آن به مدت ۱ ساعت در دمای 40°C قرار گرفت. محلول حاصله، سانتریفوژ شده (3000g ، ۳۰ دقیقه، 4°C) و میزان ازت

20. Metrohm
21. Total nitrogen
22. Water soluble nitrogen

23. Chroma meter

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی فرمولاسیون‌های مختلف پنیر سفید ایرانی تولیدی به روش فرابالایش در پایان یک دوره ۶۰ روزه نگهداری، در جدول ۳ ارائه شده است. همانطور که در جدول مذکور نیز قابل مشاهده است و با استناد به نتایج تحلیل آماری (جدول ۴)، افزایش غلظت صمغ فارسی و یا کاهش محتوای چربی، به گونه چشمگیری ($P < 0.01$) منجر به افزایش رطوبت پنیرهای فرابالوده شده است. بر پایه یافته‌های آماری، صمغ بادام از تأثیر معنی‌داری بر میزان رطوبت پنیرهای کم‌چرب تولیدی برخوردار نبود. نمودارهای سه بعدی سطح پاسخ ارائه شده در شکل ۱، تأثیر اجزای فرمولاسیون بر رطوبت پنیرهای سفید ایرانی را به گونه بهتری به تصویر کشیده‌اند. همانطور که در شکل ۱ قابل مشاهده است، به موازات افزایش غلظت صمغ فارسی و صمغ بادام، رطوبت نمونه‌های پنیر نیز افزایش یافت؛ به گونه‌ای که پنیر حاوی بیشینه غلظت صمغ بادام و فارسی، مرطوب‌تر از همگی تیمارها بوده است.

تأثیر افزایش رطوبت حاصل از استفاده از صمغ در فرمولاسیون پنیر سفید ایرانی فرابالوده را در تغییرات سایر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نیز می‌توان مشاهده کرد. افزایش غلظت صمغ فارسی ($P < 0.05$)، با کاهش معنی‌دار میزان پروتئین نمونه‌های پنیر همراه بوده است.

بر اساس این استدلال، انتظار بر آن بود که کاهش میزان چربی نیز کاهش نسبت پروتئین را به همراه داشته باشد؛ چرا که با کاهش چربی، رطوبت به گونه معنی‌داری افزایش پیدا کرده بود. این در حالیست که به گواه نتایج تحلیل آماری (جدول ۴)، کاهش چربی، افزایش پروتئین را به همراه داشته است ($P < 0.01$).

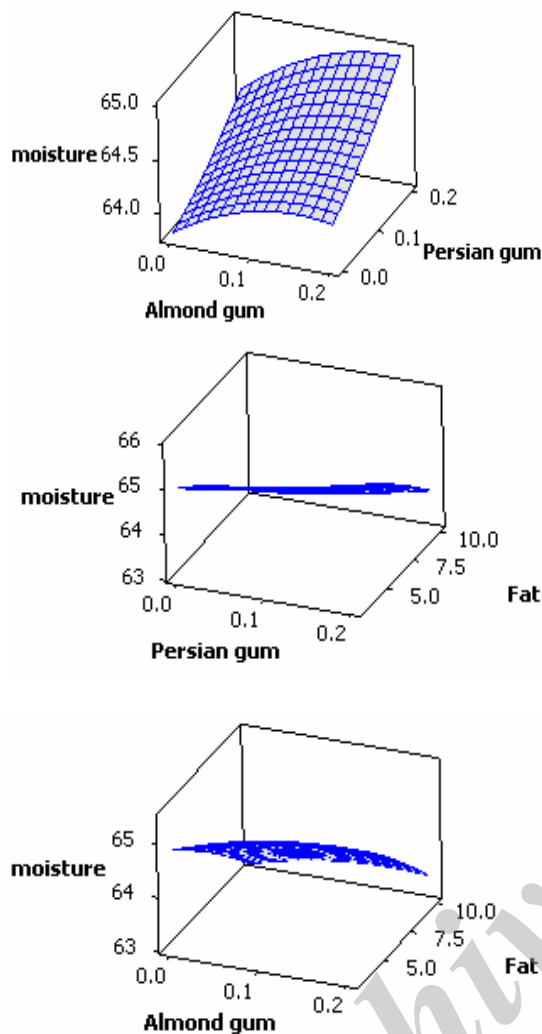


Fig 1 Response surface plots for interaction effects of formulation ingredients on moisture of ultrafiltrated low-fat cheese incorporated with Persian and almond gums as fat replacers

در توضیح این تناقض، لازم به ذکر است که در ماتریس کارئینی بافت پنیر، چربی و رطوبت به عنوان پرکننده^{۲۴} عمل می‌کنند [۴]. با کاهش چربی، میزان رطوبت و پروتئین افزایش می‌یابد. هنگامی که میزان چربی کاهش پیدا می‌کند، رطوبت در همان مقداری که چربی کاهش پیدا کرده جایگزین آن نمی‌شود، بنابراین علی‌رغم افزایش رطوبت، حجم کلی پرکننده کم می‌گردد و به دنبال آن نسبت پروتئین افزایش پیدا می‌کند. همانگونه که انتظار آن می‌رفت، با

24. Filler

برخوردار نبود ($P=0.076$). علت این پدیده را می‌توان این‌گونه بیان کرد که با افزایش غلظت صمغ و به دنبال آن افزایش نسبت رطوبت به پروتئین (M:P)، میزان پروتئولیز افزایش می‌یابد که نتیجه آن را می‌توان در افزایش نسبت پروتئین محلول به پروتئین کل مشاهده نمود. گفته می‌شود که با افزایش رطوبت، میزان کیموزین وارد شده به دلمه افزایش می‌یابد [۱۹] و بدیهی است که افزایش کیموزین، پروتئولیز را تشدید می‌نماید. نتیجه تشدید فرآیند پروتئولیز را می‌توان در روند تغییرات سایر پارامترهای فیزیکیوشیمیایی همانند pH مشاهده کرد (جدول ۳ و ۵). محتوای چربی از تأثیر معنی‌داری بر میزان pH برخوردار نبود. چرا که؛ کاهش محتوای چربی از یک سو، موجب افزایش رطوبت شده و در پی آن میزان کیموزین محلول و نسبت پروتئین محلول به پروتئین کل بالا رفته که منتج به افزایش گروههای کربوکسیل اسیدی و افزایش تبدیل لاکتوز به اسیدلاکتیک شده، در نتیجه این عوامل pH کاهش می‌یابد [۲۰ و ۱۸، ۱۴]. از طرفی کاهش چربی با کاهش نسبت M:P همراه بوده که در پی این حالت، میزان پروتئولیز و اندیس رسیدن کاهش و pH افزایش یافت [۴]. هرچند که افزایش صمغ فارسی در کاهش معنی‌دار pH پنی‌های فرآپالوده مؤثر واقع گردید (جدول ۵) اما از تأثیر صمغ بادام نیز نمی‌توان بی- تفاوت گذشت ($P=0.055$).

افزایش غلظت چربی و صمغ فارسی، نسبت رطوبت به پروتئین (M:P) در نمونه‌ها به گونه بسیار معنی‌داری ($P<0.01$) افزایش یافت (جدول ۴). صمغ بادام از تأثیر معنی‌داری بر نسبت M:P پنی‌های فرآپالوده برخوردار نبود، اگرچه از تأثیر آن چندان نمی‌توان بی‌تفاوت گذشت ($P=0.060$). همانطور که در جدول ۴ نیز به خوبی پیداست، نمونه‌های پنی‌های حاوی غلظت‌های بالاتر صمغ بادام و فارسی، به مراتب از بیشترین میزان M:P برخوردار بوده- اند. در واقع، هدف از افزودن صمغ در پنی‌های کم‌چرب نیز افزایش جذب آب اضافی در پنی‌ها با هدف پر کردن خلأ حاصل از غیبت چربی می‌باشد. مددلو و همکاران [۳]، رودان و همکاران [۴]، کوکا و متین [۱۷] و رحیمی و همکاران [۱۸] نیز یافته‌های مشابهی را در ارتباط با روند تغییرات میزان رطوبت، میزان پروتئین و نسبت رطوبت به پروتئین در ارتباط با کاهش چربی و استفاده از جایگزین- های چربی در فرمولاسیون پنی‌های مورد پژوهش خود گزارش کردند. بر اساس یافته‌های پژوهش پیش‌رو، افزایش استفاده از صمغ فارسی پنی‌های تولیدی به شیوه فرآپالایش، با افزایش قابل ملاحظه ($P<0.01$) اندیس رسیدن یا همان نسبت پروتئین محلول به پروتئین کل آنها همراه بود. این در حالی بود که صمغ بادام با وجود بهبود اندیس رسیدن پنی‌های کم‌چرب (جدول ۵)، از تأثیر معنی‌داری بر میزان آن

Table 3 Physicochemical characteristics of ultrafiltrated low-fat cheese containing different Persian and almond gums as fat replacers

Samples	Formulation ingredients		Physicochemical characteristics					
	Almond gum (%)	Persian gum (%)	Fat (%)	pH	Moisture (%)	(%) Protein	M:P	SN/TN
1	0	0	6.5	4.37	63.57	16.76	3.79	6.08
2	0.2	0	6.5	4.30	63.64	16.62	3.82	6.51
3	0	0.2	6.5	4.30	64.29	16.44	3.91	6.85
4	0.2	0.2	6.5	4.27	65.21	15.67	4.16	7.23
5	0	0.1	3	4.38	65.24	18.96	3.44	5.75
6	0.2	0.1	3	4.37	65.08	18.11	3.59	5.79
7	0	0.1	10	4.38	63.15	15.65	4.03	5.53
8	0.2	0.1	10	4.35	63.18	14.58	4.33	5.84
9	0.1	0	3	4.41	64.96	19.11	3.39	5.75
10	0.1	0.2	3	4.38	65.54	16.82	3.89	5.93
11	0.1	0	10	4.39	63.28	16.14	3.92	5.52
12	0.1	0.2	10	4.34	63.83	14.32	4.45	5.88
13	0.1	0.1	6.5	4.27	64.51	16.80	3.84	6.76
14	0.1	0.1	6.5	4.25	64.53	16.43	3.92	6.64
15	0.1	0.1	6.5	4.22	64.25	16.54	3.88	6.88

Table 4 Analysis of variance (ANOVA) of the physicochemical characteristics of the ultrafiltrated low-fat cheese incorporated with Persian and almond gums as fat replacers

Source	DF	Sums of Squares			Mean Square			F-value			P-value		
		Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃
Regression		8.776	24.137	1.103	0.975	2.681	0.122	11.64	9.30	10.62	0.007	0.012	0.009
Linear	9	8.362	23.561	1.073	2.787	7.853	0.357	33.28	27.22	30.97	0.001	0.002	0.001
Quadratic	3	0.224	0.409	0.013	0.074	0.136	0.004	0.89	0.47	0.39	0.505	0.714	0.763
Interaction	3	0.189	0.166	0.017	0.063	0.055	0.005	0.76	0.19	0.50	0.565	0.897	0.700
Residual Error	3	0.418	1.442	0.057	0.083	0.288	0.011						
Lack-of-Fit	5	0.370	1.370	0.053	0.123	0.456	0.017	5.05	12.65	9.35	0.170	0.074	0.098
Pure Error	2	0.048	0.072	0.003	0.024	0.036	0.001						
Total	14	9.195	25.579	1.161									
Other statistics		Y ₁			Y ₂			Y ₃					
Source		<i>b</i> -coefficient	<i>p</i> -value	<i>b</i> -coefficient	<i>p</i> -value	<i>b</i> -coefficient	<i>p</i> -value	<i>b</i> -coefficient	<i>p</i> -value				
Intercept		64.430	0.000	16.590	0.000	3.883	0.000						
X ₁		0.107	0.342	-0.353	0.122	0.092	0.060						
X ₂		0.427	0.009	-0.672	0.017	0.185	0.005						
X ₃		-0.922	0.000	-1.538	0.000	0.302	0.001						
X ₁ . X ₁		-0.246	0.163	0.005	0.986	-0.014	0.811						
X ₂ . X ₂		-0.006	0.969	-0.222	0.462	0.053	0.382						
X ₃ . X ₃		-0.021	0.893	0.230	0.448	-0.019	0.764						
X ₁ . X ₂		0.211	0.202	-0.157	0.583	0.053	0.364						
X ₁ . X ₃		0.407	0.756	0.055	0.846	0.036	0.528						
X ₂ . X ₃		-0.007	0.961	0.117	0.680	0.009	0.862						
R ²		0.954			0.943			0.950					
R ² -adjust		0.872			0.842			0.860					

Y1, Y2, Y3 are Moisture gum, Protein and M:P respectively
X₁, X₂, & X₃ are almond gum, Persian gum and milk fat, respectively.

۳-۲- آزمون رنگ‌سنجی

جداول ۶ و ۷ ارائه شده است. این یافته‌ها نشان می‌دهند که افزایش غلظت صمغ فارسی ($P < 0.05$) و کاهش محتوای چربی ($P < 0.01$)، به صورت قابل توجهی منجر به افزایش L^* پنیرهای فراپالوده گردیده است (شکل ۲).

پراکنش نور در هر سیستم به یکنواختی مولکول‌ها [۳] و سطوح ریزساختار [۴] بستگی دارد. در مواد جامدی چون پنیر، نور از لایه‌های سطحی عبور کرده و بخش اعظم آن توسط گلبول‌های چربی شیر و هم‌چنین حفره‌های آب‌پنیری پراکنده می‌گردد [۲۲]. یافته‌های بررسی آماری اثر غلظت-های مختلف صمغ فارسی، صمغ بادام و سطوح مختلف چربی بر پارامتر رنگی L^* پنیر سفید ایرانی فراپالوده، در

Table 5 Analysis of variance (ANOVA) of the physicochemical characteristics of the ultrafiltrated low-fat cheese incorporated with Persian and almond gums as fat replacers (continued).

Source	DF	Sums of Squares		Mean Square		F-value		P-value	
		Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂
Regression	9	4.182	0.046	0.464	0.005	13.70	13.18	0.005	0.006
Linear	3	0.708	0.007	0.236	0.002	6.96	6.19	0.031	0.039
Quadratic	3	3.447	0.038	1.149	0.012	33.88	32.86	0.001	0.001
Interaction	6	0.026	0.000	0.008	0.000	0.26	0.51	0.848	0.694
Residual Errors	3	0.169	0.001	0.033	0.000				
Lack-of-Fit	5	0.140	0.000	0.046	0.000	3.26	0.37	0.244	0.788
Pure Error	3	0.028	0.001	0.014	0.000				
Total	14	4.352	0.048						
Other statistics		Y ₁		Y ₂					
Source		<i>b</i> -coefficient	<i>p</i> -value	<i>b</i> -coefficient	<i>p</i> -value				
Intercept		6.760	0.000	4.246	0.000				
X ₁		0.145	0.076	-0.017	0.055				
X ₂		0.253	0.011	-0.022	0.024				
X ₃		-0.056	0.427	-0.010	0.213				
X ₁ . X ₁		-0.067	0.513	0.026	0.049				
X ₂ . X ₂		-0.025	0.805	0.036	0.016				
X ₃ . X ₃		-0.965	0.000	0.096	0.000				
X ₁ . X ₂		-0.012	0.897	0.010	0.360				
X ₁ . X ₃		0.067	0.496	-0.005	0.636				
X ₂ . X ₃		0.045	0.646	-0.005	0.636				
R ²			0.961		0.959				
R ² -adjust			0.890		0.886				

Y₁ & Y₂ are WSN/TN and pH, respectively.

X₁, X₂, & X₃ are almond gum, Persian gum and milk fat, respectively.

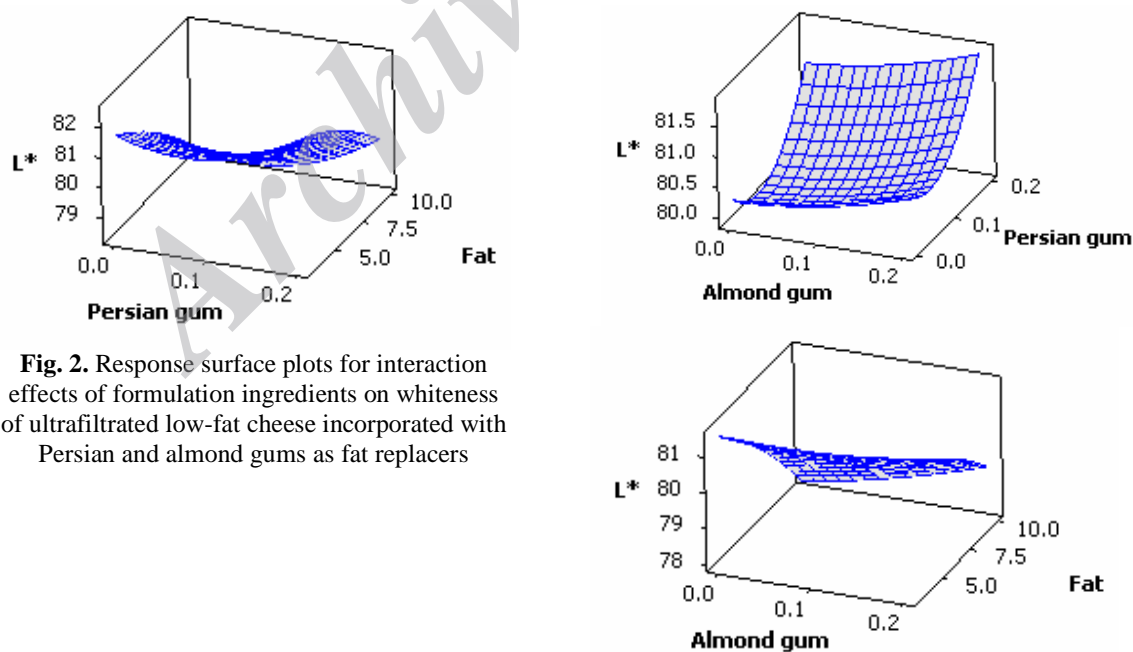


Fig. 2. Response surface plots for interaction effects of formulation ingredients on whiteness of ultrafiltrated low-fat cheese incorporated with Persian and almond gums as fat replacers

Table 6 Whiteness (L-value) of ultrafiltrated low-fat cheese incorporated with Persian and almond gums as fat replacers

Samples	Formulation ingredients			L*
	Almond (% gum)	Persian gum (%)	Fat (%)	
1	0	0	6.5	80.46
2	0.2	0	6.5	80.78
3	0	0.2	6.5	81.25
4	0.2	0.2	6.5	81.65
5	0	0.1	3	81.62
6	0.2	0.1	3	81.70
7	0	0.1	10	77.66
8	0.2	0.1	10	79.12
9	0.1	0	3	81.29
10	0.1	0.2	3	82.34
11	0.1	0	10	78.73
12	0.1	0.2	10	80.22
13	0.1	0.1	6.5	79.98
14	0.1	0.1	6.5	80.21
15	0.1	0.1	6.5	80.43

Table 7 Analysis of variance (ANOVA) of the whiteness (L-value) of the ultrafiltrated low-fat cheese incorporated with Persian and almond gums as fat replacers

Source	DF	Sums of Squares	Mean Square	F-value	P-value
		L*	L*	L*	L*
Regression	9	21.507	2.389	16.69	0.003
Linear	3	18.590	6.196	43.28	0.001
Quadratic	3	2.394	0.798	5.57	0.047
Interaction	3	0.522	0.174	1.22	0.394
Residual Error	5	0.715	0.143		
Lack-of-Fit	3	0.614	0.204	4.05	0.204
Pure Error	2	0.101	0.050	16.69	0.003
Total	14	22.223			
Other statistics			L*		
Source		b-coefficient		p-value	
Intercept		80.206		0.000	
X1		0.281		0.089	
X2		0.525		0.011	
X3		-1.403		0.000	
X1.X1		0.103		0.621	
X2.X2		0.728		0.014	
X3.X3		-0.286		0.206	
X1.X2		0.020		0.920	
X1.X3		0.343		0.129	
X2.X3		0.110		0.586	
R ²			0.967		
R ² -adjust			0.909		

همان‌گونه که انتظار می‌رفت، افزایش میزان چربی موجب افزایش قابل توجه ($P < 0.01$) نمره ارزیابی ویژگی رنگ و ظاهر، عطر و طعم و پذیرش کلی نمونه‌ها گردید (جدول ۹ و شکل ۳). وجود رطوبت بیش از حد موجود در پنیرهای کم‌چرب را می‌توان گواهی بر کاهش مقبولیت ویژگی‌های ارگانولپتیکی آنها قلمداد نمود [۴]. عطر و طعم پنیر ناشی از محتوای چربی موجود در آن می‌باشد و با کاهش چربی، نمره ارزیابی نمونه‌های کم‌چرب نیز کاهش یافت (شکل ۳) [۱۹].

داده‌های جدول حکایت از آن دارند که تغییر غلظت صمغ‌های یاد شده در فرمولاسیون پنیرهای سفید فرآپالوده، تأثیر معنی‌داری بر ظاهر و رنگ آنها نداشت. این در حالی است که پنیرهای دارای مقادیر بالاتر صمغ فارسی ($P < 0.05$)، از دیدگاه ارزیابان، بافت و پذیرش کلی به مراتب بهتری داشتند (جدول ۸ و ۹)، در مقابل صمغ بادام هرچند موجب بهبود پارامترهای حسی یاد شده گردید، اما نتوانست تأثیر ملموس و قابل توجهی را در این زمینه از خود بر جای بگذارد (شکل ۳).

۳-۴- بهینه‌سازی و تأیید آماری مدل‌های

رگرسیونی

روش سطح پاسخ نشان داد که با استفاده از غلظت بهینه ۱۰ درصد چربی در فرمولاسیون پنیر سفید ایرانی فرآپالوده حاوی ۰/۲ درصد صمغ فارسی و ۰/۱۴ درصد صمغ بادام می‌توان پنیری کم‌چرب با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رنگ و ارگانولپتیک نسبتاً خوشایند تولید کرد.

در مقابل، صمغ بادام از تأثیر معنی‌داری بر L^* نمونه‌های پنیر برخوردار نمی‌باشد (جدول ۷). قنبری و همکاران [۲۱] نیز طی بررسی پارامتر رنگی L^* پنیر سفید کم‌چرب محتوی جایگزین چربی نیز یافته‌های مشابهی را در این زمینه ارائه نمودند. این در حالی بود که جان^{۲۵} و همکاران [۲۳] در مطالعه پنیر کم‌چرب محتوی اینولین، مشاهده کردند که با کاهش محتوای چربی، میزان روشنایی نمونه‌های پنیر کاهش یافت. علت افزایش سفیدی در پنیرهای تیمار شده با صمغ فارسی را می‌توان به افزایش حفره‌های آب‌پنیری نسبت داد؛ یعنی با افزایش غلظت صمغ، تعداد حفره‌های آب‌پنیری و نواحی سطحی پخش‌کننده نور افزایش می‌یابد. افزایش هیدراتاسیون پروتئین‌ها و کاهش تعداد قطرات آب آزاد می‌تواند در کاهش پخش نور و سفیدی پنیر موثر واقع گردد. لازم به ذکر است بالا بودن ضریب تعیین یا همان R^2 و معنی‌دار نبودن پارامتر عدم تطابق مدل‌های پیشگویی تغییرات پارامترهای رنگی (جدول ۷) مهر تأییدی بر قابل اعتماد بودن مدل‌های رگرسیونی در توضیح تغییرات فاکتورهای رنگی پنیرهای تولید شده به روش فرآپالایش به موازات تغییر غلظت اجزای فرمولاسیون می‌باشد.

۳-۳ ارزیابی حسی

نتایج تحلیل آماری داده‌های حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر تولیدشده از فرمول‌بندی‌های مختلف صمغ‌های فارسی و بادام و همچنین، سطوح مختلف چربی در پایان دوره نگهداری ۶۰ روزه در جدول ۸ و ۹ ارائه شده است.

Table 8 Organoleptic characteristics of ultrafiltrated low-fat cheese incorporated with Persian and almond gums as fat replacers

Samples	Formulation ingredients			Organoleptic characteristics			
	Almond (%) gum	Persian gum (%)	Fat (%)	Appearance and Color	Flavour and Odor	Texture	Overall acceptance
1	0	0	6.5	6.30	6.80	5.15	6.20
2	0.2	0	6.5	6.35	7.00	5.80	6.51
3	0	0.2	6.5	6.45	7.15	6.20	6.73
4	0.2	0.2	6.5	6.40	7.00	5.95	6.57
5	0	0.1	3	3.95	2.65	3.45	3.15
6	0.2	0.1	3	4.90	3.80	3.50	3.93
7	0	0.1	10	7.20	7.05	6.80	7.01
8	0.2	0.1	10	7.15	7.10	7.05	7.10
9	0.1	0	3	3.35	3.75	3.20	3.51
10	0.1	0.2	3	4.70	4.05	4.75	4.39
11	0.1	0	10	8.05	6.95	6.35	6.99
12	0.1	0.2	10	7.15	7.85	7.65	7.65
13	0.1	0.1	6.5	6.55	6.90	6.05	6.58
14	0.1	0.1	6.5	6.20	7.10	6.40	6.71
15	0.1	0.1	6.5	6.35	7.25	5.75	6.62

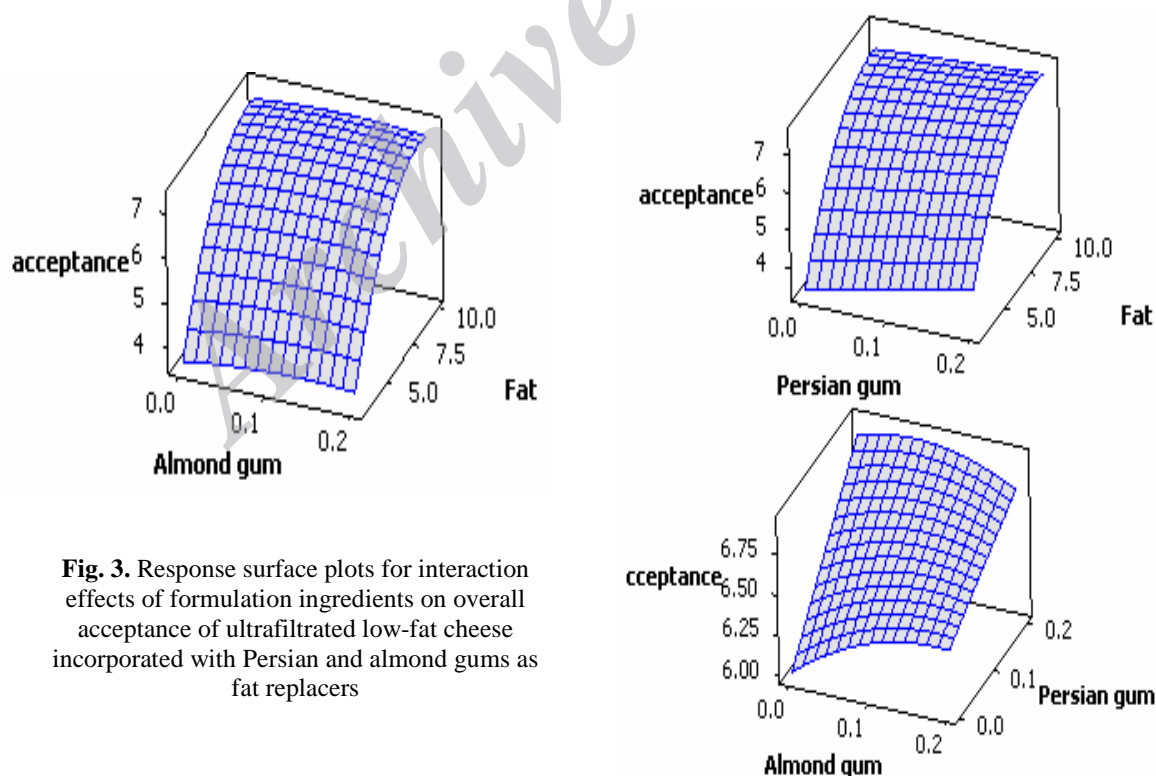


Fig. 3. Response surface plots for interaction effects of formulation ingredients on overall acceptance of ultrafiltrated low-fat cheese incorporated with Persian and almond gums as fat replacers

Table 9 Analysis of variance (ANOVA) of the organoleptic characteristics of the ultrafiltered low-fat cheese incorporated with Persian and almond gums as fat replacers

Source	DF	Sums of Squares				Mean Square				F-value				P-value			
		Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
Regression	9	22868	36121	24594	28440	2540	4013	2732	3160	2486	3446	1715	5145	0.001	0.001	0.003	0.000
Linear	3	20156	26613	23074	23955	6719	8817	7691	7988	6574	7617	4826	13022	0.000	0.000	0.000	0.000
Quadratic	3	1193	9468	1291	4286	0.397	3156	0.430	1.428	389	27.10	2.70	2326	0.089	0.002	0.156	0.002
Interaction	3	1518	0040	0228	0157	0.506	0.013	0.076	0.052	495	0.12	0.48	0.86	0.059	0.947	0.712	0.521
Residual error	5	0511	0582	0796	0307	0.102	0.116	0.159	0.061								
Lack-of-fit	3	0449	0520	0431	0293	0.149	0.173	0.144	0.097	486	5.63	0.79	1433	0.175	0.155	0.601	0.066
Pure Error	2	0061	0061	0365	0013	0.030	0.030	0.182	0.006								
Total	14	23379	26704	25391	28747												

Other statistics	Y ₁		Y ₂		Y ₃		Y ₄	
	b-coefficient	p-value	b-coefficient	p-value	b-coefficient	p-value	b-coefficient	p-value
Intercept	6366	0.000	7083	0.000	6000	0.000	6615	0.000
X ₁	0.112	0.365	0.018	0.883	0.087	0.562	0.058	0.532
X ₂	0.081	0.504	0.293	0.059	0.506	0.016	0.315	0.016
X ₃	1.581	0.000	1.800	0.000	1.618	0.000	1.701	0.000
X ₁ X ₂	-0.002	0.990	-0.000	0.748	-0.256	0.272	-0.810	0.440
X ₂ X ₃	0.010	0.953	-0.035	0.850	0.031	0.886	0.006	0.960
X ₁ X ₃	-0.564	0.019	-1.597	0.000	-0.543	0.047	-1.074	0.000
X ₁ X ₂	-0.025	0.882	-0.087	0.630	-0.225	0.311	-0.117	0.387
X ₁ X ₃	-0.250	0.179	-0.000	0.000	0.055	0.812	-0.035	0.789
X ₂ X ₃	-0.562	0.013	-0.050	0.781	-0.062	0.767	-0.156	0.263
R ²	0.971		0.984		0.968		0.989	
R ² -adjust	0.938		0.955		0.912		0.970	

Y₁, Y₂, Y₃ are appearance and color, flavour and odor, texture and overall acceptance, respectively
 X₁, X₂, & X₃ are almond gum, Persian gum and milk fat, respectively.

قرار گرفتند. نتایج تحلیل آماری نشان داد که بین مقادیر پیش‌بینی شده بوسیله مدل و مقادیر اندازه‌گیری شده در سطح معنی دار ۰/۰۵، اختلافی وجود ندارد (جدول ۱۰).

به منظور تأیید آماری صحت پیش‌گویی مدل‌های رگرسیونی، نمونه بهینه با فرمولاسیون پیشنهادی تهیه شد و پارامترهایی که ذکر آنها پیش‌تر رفت اندازه‌گیری شدند و با مقادیر پیش‌بینی شده بوسیله مدل‌های ریاضی، مورد مقایسه

Table 10 Performance of models in predicting optimum formulation ingredients

	Mean difference	Optimum formulation ingredients			Predicted value	Experimental value ^a	SE or mean	Mean difference	p-Value
		Almond gum (%)	Persian gum (%)	Fat (%)					
Moisture (%)	-0.786	0.14	0.20	10	64.01	63.22±0.33	0.193	-0.786	0.055
Protein (%)	-0.970				14.26	13.29±0.40	0.231	-0.970	0.052
M.P	0.280				4.48	4.76±0.31	0.182	0.280	0.264
L*	0.816				80.16	80.97±0.35	0.206	0.816	0.059
Appearance and Color (1-9)	-0.620				6.84	6.22±0.31	0.179	-0.620	0.075
Flavour and Odor (1-9)	-0.933				7.45	6.51±0.39	0.229	-0.933	0.056
Texture (1-9)	0.483				7.46	7.94±0.59	0.340	0.483	0.292
Overall acceptance (1-9)	-0.480				7.33	6.87±0.19	0.113	-0.480	0.052

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که با استفاده از روش سطح پاسخ و به کارگیری غلظت‌های بهینه‌ی صمغ‌های فارسی و بادام در فرمولاسیون پنیر تولیدی، می‌توان پنیر فرآلوده‌ای کم‌چرب با کیفیتی مطلوب تولید نمود. پنیر بهینه تولید شده از نقطه‌نظر خواص فیزیکوشیمیایی، رنگ و ویژگی‌های حسی شباهت زیادی به نمونه شاهد پرچرب داشت. در نتیجه، با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان نواقص حسی مربوط به کاهش چربی در تولید پنیر کم‌چرب را بهبود بخشید و فرآورده‌ای سلامت‌بخش با میزان کالری پایین تولید نمود.

۵- منابع

- cheeses containing fat replacers. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(2): 46-54.
- [7] Fadavi, Gh., Mohammadifar, M. A., Zargaran, A., and Azadnia, E. 2013. The study of composition, molecular weight and rheological characteristics of Zedo gum exudates from *Amygdalus scoparia*. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 7(5): 35-41.
- [8] Abbasi, S., and Rahimi, S. 2008. Introduction of unknown native plant gum: gum Zedu. *Monthly Flour and Food Magazine*, 4: 46-50.
- [9] Mahfoudhi, N., Chouaibi, M., Donsi, F., Ferrari, G., and Hamdi, S. 2012. Chemical composition and functional properties of gum exudates from the trunk of the almond tree (*Prunus dulcis*). *Food Science and Technology International*, 18(3): 241-250.
- [10] Mahfoudhi, N., Sessa, M., Chouaibi, M., Ferrari, G., Donsi, F., and Hamdi, S. 2014. Assessment of emulsifying ability of almond gum in comparison with gum arabic using response surface methodology. *Food Hydrocolloids*, 37: 49-59.
- [11] Goudarzi, M., Madadlou, A., Mousavi, M. E., and Emam-Djomeh, Z. 2015. Formulation of apple juice beverages containing whey protein isolate or whey protein hydrolysate based on sensory and physicochemical analysis. *International Journal of Dairy Technology*, 68(1): 70-78.
- [12] Hesari, J., Ehsani, M. R., Khosroshahi, A., and McSweeney, P. L. 2006. Contribution of rennet and starter to proteolysis in Iranian UF white cheese. *Le Lait*, 86(4): 291-302.
- [13] Jooyandeh, H. 2009. Effect of addition of fermented whey protein concentrate on texture of Iranian white cheese. *Journal Texture Studies*, 40: 497-510.
- [14] International Dairy Federation (IDF). 1997. Bovine rennets: Determination of total milk clotting activity. Standard 157A. IDF, Brussels, Belgium.
- [15] Khosrowshahi, A., Madadlou, A., Ebrahim Zadeh Mousavi, M., and Emam-
- [1] Fox, P. F., Mc. Sweeney, P. L., Cogan, T. M., and Guinee, T. P. (Eds.), 2004. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: General Aspects (Vol. 1)*. Academic Press.
- [2] Bylund, G. 1995. *Dairy processing handbook*. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB. 331-352.
- [3] Madadlou, A., Khosroshahi, A., and Mousavi, M. E. 2005. Rheology, microstructure, and functionality of low-fat Iranian white cheese made with different concentrations of rennet. *Journal of Dairy Science*, 88(9): 3052-3062.
- [4] Rudan, M. A., Barbano, D. M., Joseph Yun, J., and Kindstedt, P. S. 1999. Effect of fat reduction on chemical composition, proteolysis, functionality, and yield of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 82(4): 661-672.
- [5] Sadowska, J., Białobrzewski, I., Jeliński, T., and Markowski, M. 2009. Effect of fat content and storage time on the rheological properties of Dutch-type cheese. *Journal of Food Engineering*, 94(3): 254-259.
- [6] Nateghi, L., Roohinejad, S., Totosaus, A., Mirhosseini, H., Shuhaimi, M., Meimandipour, A and Manap, M. Y. A. 2012. Optimization of textural properties and formulation of reduced fat Cheddar

- [20] Azarnia, S, M. R. Ehsani, and S. A. Mirhanli. 1997. Evaluation of the physico-chemical Characteristics of the curd during the Ripening of Iranian Brine Cheese, *International Dairy Journal*, 7: 473-478.
- [21] Ghanbari, S. E., Khosrowshahi, A. A., Mortazavi, A., and Tavakolipour, H. 2012. Effect of xanthan gum on textual and reological properties of Iranian low-fat white cheese. *Iranian Journal of food Science and Technology*, 8(33): 35-45.
- [22] Sheehan, J. J., Huppertz, T., Hayes, M. G., Kelly, A. L., Beresford, T. P. and Guinee, T. P. 2005. High pressure treatment of reduced-fat Mozzarella cheese: Effects on functional and rheological properties, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6: 73-81.
- [23] Juan, B., Zamora, A., Quintana, F., Guamis, B., and Trujillo, A. J. 2013. Effect of inulin addition on the sensorial properties of reduced-fat fresh cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 66(4): 478-483.
- Djomeh, Z. 2006. Monitoring the Chemical and Textural Cheese During Ripening of Iranian White Cheese Made with Different Concentration of Starter, *Journal of Dairy Science*, 89: 3318-3325.
- [16] Cooke, D. R., Khosrowshahi, A., and McSweeney, P. L. H. 2013. Effect of gum tragacanth on the rheological and functional properties of full-fat and half-fat Cheddar cheese. *Dairy Science & Technology*, 93(1): 45- 62.
- [17] Koca, N., and Metin, M. 2004. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *International Dairy Journal*, 14(4), 365-373.
- [18] Rahimi, J., Khosrowshahi, A., Madadlou, A. and Aziznia, S. 2007. Texture of Low-Fat Iranian white cheese as influenced by gum tragacanth as a fat replacer. *Journal of Dairy Science*, 90: 4058-4070.
- [19] Zalazar, C. A., Zalazar, C. S., Bernal, S., Bertola, N., Bevilacqua, A., and Zaritzky, N. 2002. Effect of moisture level and fat replacer on physicochemical, rheological and sensory properties of low fat soft cheeses. *International Dairy Journal*, 12(1): 45-50.

Optimization of physicochemical, sensorial and color properties of ultrafiltrated low-fat Iranian white cheese containing fat replacers by Response Surface Methodology

Rostamabadi, H. ¹, Jooyandeh, H. ^{2*}, Hojjati, M. ³

1. M.Sc. Student, Department of Food Science and Technology, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran
 2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran
 3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran
- (Received: 94/3/15 Accepted: 94/8/30)

White cheese is one of the popular and well-known cheese varieties in the Middle East. In Iran, this type of cheese in the form of ultrafiltrated, has also considerable consumption as a major constituent of breakfast. Regarded to increasing public awareness of the fat consumption, demands for low fat products such as low-fat cheeses have been increased. Physicochemical, sensorial and color properties of ultrafiltrated low-fat Iranian white cheeses containing Persian gum (0, 0.1 and 0.2 %) and almond tree gum (0, 0.1 and 0.2 %), in three levels of fat (3, 6.5, 10%) optimized by Response Surface Methodology. Effect of fat reduction and use of both hydrocolloids were evaluated by response surface charts and the most desirable sample of low-fat cheese resemble to full fat control cheese (containing 16% fat) was determined. According to the optimized results and obtained model, the ultrafiltrated low-fat Iranian white cheese with formulation of 0.20 % Persian gum, 0.14 % almond tree gum and 10% fat with desirable physicochemical, textural, sensory and color properties can be produced. Results showed that by utilization of the native hydrocolloids as fat replacers in low fat cheese formulation, the disadvantages of fat reduction in the product can be improved.

Keywords: Ultrafiltrated low-fat cheese, Almond tree gum, Persian gum, Retentate

* Corresponding Author E-Mail Address: hosjooy@yahoo.com