

بهینه‌یابی فرمولاسیون پنیر پیتزای پروسس با استفاده از طرح آزمایشی مخلوط محدود شده

رضا حاجی محمدی فریمانی^{۱*}، محمدباقر حبیبی نجفی^۲، سیدمحمدعلی رضوی^۳

۱- کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۸۷/۶/۲۴ تاریخ پذیرش: ۸۷/۹/۱۷)

چکیده

در این تحقیق تاثیر افزودن پنیر سفید در دامنه ۰ تا ۳۰ درصد و تری سدیم سیترات در دامنه ۰ تا ۲ درصد به فرمول، بر ویژگی‌های شیمیایی و رفتاری پنیر پیتزای پروسس مورد بررسی قرار گرفت. افزودن پنیر سفید به کاهش معنی‌دار ($p \leq 0/05$) pH و پروتئین و افزایش معنی‌دار ($p \leq 0/05$) چربی و نمک منجر شد. افزودن تری سدیم سیترات موجب شد pH و چربی محصول افزایش و رطوبت کاهش یابد. تاثیر اجزای مخلوط بر درجه ذوب پنیر پیتزای پروسس معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود. با این وجود در ارتباط با نسبت اجزای مخلوط روند خاصی مشاهده نشد. میزان روغن آزاد تحت تاثیر نسبت تری سدیم سیترات در مخلوط قرار گرفت به طوری که با افزایش نمک ذوب، از میزان روغن آزاد کاسته شد. طول کش محصول با افزایش میزان پنیر سفید کاهش یافت. مقایسه داده‌های حاصل از طول کش، از وجود همبستگی معنی‌دار ($p \leq 0/001$) با ضریب همبستگی پیرسون ۰/۹۰۶ بین آزمون چنگال و آزمون حلقه و گلوله حکایت داشت. لزوم استفاده از تری سدیم سیترات به عنوان نمک ذوب، جهت تولید توده‌ای یکنواخت با قابلیت ایجاد ورقه‌ای صاف و یکدست بدون ایجاد شکستگی به اثبات رسید. بررسی آماری نتایج با طرح آزمایشی مخلوط نشان داد بهترین پنیر پیتزای پروسس زمانی تولید می‌شود که فرمول آن حاوی ۹۰ درصد پایه، ۸/۶ درصد پنیر سفید و ۱/۴ درصد تری سدیم سیترات باشد. در این پژوهش، دو روش اندازه‌گیری که حاصل اصلاح و بهبود روش‌های پیشین بود، جهت مطالعه خواص فیزیکی پنیر پیتزا مورد استفاده قرار گرفت.

کلید واژگان: طرح آزمایشی مخلوط، قابلیت ذوب، روغن آزاد، قابلیت کشش پذیری

۱- مقدمه

روش‌های متعددی جهت مطالعه این خواص توسعه یافته‌اند. جزئیات این روش‌ها توسط گاناسکران و ایکی (۲۰۰۳) تشریح شده است [۳].

رشد تولید و مصرف پنیر پیتزا در تهیه بسیاری از غذاها موجب شده در حال حاضر یکی از موضوعات مورد مطالعه و تحقیق در سراسر جهان باشد. خواص رئولوژیکی این محصول از جمله قابلیت ذوب و قابلیت کشش، کیفیت آن را تعیین می‌کند [۲ و ۱].

* مسئول مکاتبات: reza_farimani@yahoo.com

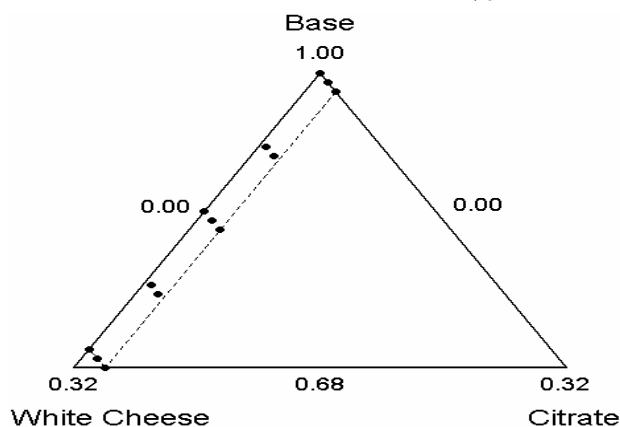
۲- مواد و روش

۲-۱- تهیه و آماده‌سازی مواد اولیه:

در این پژوهش مواد اولیه مورد استفاده عبارت بود از: پنیر اولیه (فرآورده‌های لبنی رضوی، مشهد)، پنیر سفید تولید شده به روش فراپالایش (فرآورده‌های لبنی امین، اصفهان)، خامه (پایلوت لبنی مجتمع آموزش عالی هاشمی‌نژاد مشهد) و تری سدیم سیترات (Dalian Chem Imp. & Exp. Group Co., Ltd. China).

۲-۲- طرح آزمایشی و آنالیز آماری:

با توجه به محدودیت‌هایی که از نظر مواد تشکیل دهنده وجود دارد از «طرح مخلوط محدود شده» جهت بهینه‌یابی فرمولاسیون پنیر پیتزای پروسس استفاده شد [۱۲]. نسبت اجزای فرمول شامل مخلوط پنیر اولیه - خامه به عنوان پایه فرمول به میزان ۶۸ تا ۱۰۰ درصد، پنیر سفید به میزان ۰ تا ۳۰ درصد و تری سدیم سیترات به میزان ۰ تا ۲ درصد تعریف شد. سیزده فرمول بدست آمده از نرم‌افزار Minitab 13.20 جهت اجرای آزمون‌های مربوطه تولید شد (جدول ۱ و شکل ۱). آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($\alpha = 0.05$) با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C نسخه ۱.۴۲ انجام شد. معادلات رگرسیونی پیشگوی هر متغیر، نمودارهای کنتور و همبستگی بین متغیرها با استفاده از نرم‌افزار Minitab 13.20 بدست آمد. به منظور بهینه‌یابی فرمول، نمودارهای کنتور مربوطه روی هم قرار گرفت تا ناحیه مطلوب بدست آید.



شکل ۱ ترکیب سیزده‌گانه مورد بررسی در طرح مخلوط محدود شده.

تمپلتون و سامر^۲ (۱۹۳۶)؛ کری اوکشتن^۳ و همکاران (۱۹۷۳)؛ گوپتا^۴ و همکاران (۱۹۸۴) به بررسی انواع نمک امولسیون کننده قابل استفاده در تولید پنیر پروسس پرداختند. نتایج آنان از مطلوب بودن کاربرد تری سدیم سیترات حکایت داشت [۴، ۵، ۶]. در یک پژوهش، میزونو و لوسی^۵ (۲۰۰۵)، اثر تری سدیم سیترات را بر خواص رفتاری پنیر پاستافیلاتای غیر چرب بررسی کردند. بنابراین پژوهش با افزایش غلظت تری سدیم سیترات، قابلیت ذوب افزایش یافت. علاوه بر این پنیر تهیه شده با یک درصد تری سدیم سیترات در مقایسه با پنیر شاهد قابلیت کشش‌پذیری بهتری داشت [۷]. در تحقیقی دیگر، شیرشوجی^۶ و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی اثر غلظت تری سدیم سیترات در دامنه ۰/۲۵ درصد تا ۲/۷۵ درصد بر خواص فیزیکوشیمیایی پنیر پروسس پاستوریزه پرداختند. بر اساس پژوهش این محققین، قابلیت ذوب پنیر پروسس با افزایش غلظت تری سدیم سیترات کاهش یافت [۸]. کلاب^۷ و همکاران (۱۹۹۱) اثر پنیر سفید بر قابلیت ذوب پنیر پروسس را مورد بررسی قرار دادند. میزان تری سدیم سیترات مورد استفاده در این تحقیق ۲/۵ درصد بود. بر اساس نتایج پژوهش این محققین، بیشترین و کمترین قابلیت ذوب به ترتیب به مخلوط‌های حاوی ۸ و ۳۳ درصد پنیر سفید تعلق داشت [۹].

تولید پنیر پیتزا به روش‌های مختلفی امکان‌پذیر است. مهمترین روش تولید این محصول در دنیا روش لاکتیکی می‌باشد؛ علاوه بر این به روش سیتریکی و روش «مخلوط چند پنیر^۸» نیز تولید می‌شود [۱۰]. روش اخیر متداولترین روش تولید پنیر پیتزا در ایران است [۱۱]. نامشخص و متغیر بودن فرمول تولیدی، عدم اطلاع از نقش و اثر مواد اولیه مصرفی و انجام سعی و خطا در تولید این محصول، استفاده از مواد اولیه با کیفیت پایین، روش سنتی تولید و عدم بهینه بودن فرآیند، بسته‌بندی نامناسب و عدم وجود روش‌های استاندارد و مناسب جهت بررسی ویژگی‌های فیزیکی محصول از جمله مشکلات تولید این محصول می‌باشد. هدف از این پژوهش، بهینه‌یابی فرمول پنیر پیتزا با تاکید بر روش تولید و مواد اولیه مصرفی در کارخانه‌های تولید کننده این محصول در ایران می‌باشد. علاوه بر این دو روش اندازه‌گیری جهت مطالعه خواص فیزیکی پنیر پیتزا توسعه یافت.

2. Templeton and Sommer
3. Kairy
4. Gupta
5. Mizuno and Lucey
6. Shirashoji
7. Kalab
8. Cheese Blend

۲-۵- اندازه‌گیری قابلیت ذوب و میزان روغن

آزاد:

۲-۵-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها و انجام آزمون:

در این تحقیق از روش اصلاح شده آزمون شرایبر^{۱۰} با کمک فناوری پردازش تصویر استفاده شد. در ابتدا ورقه‌ای به ضخامت ۵ میلی‌متر با استفاده از دستگاه ورقه‌زن (NOAW, Italy) از کلیه فرمول‌ها تهیه شد. ورقه‌های حاصل در فویل پلاستیک بسته‌بندی شده و پس از کد گذاری تا زمان آزمون در یخچال در دمای ۴ °C نگهداری شدند. پیش از آزمون ورقه پنیر از یخچال خارج و با کمک حلقه‌ای به قطر تقریبی ۲۲ میلی‌متر قطعات پنیر از میان ورق پنیر پیتزا جدا و در مرکز پلیت شیشه‌ای دارای کاغذ صافی (Schleicher & Schuell) گذاشته شد، سپس درپوش شیشه‌ای روی آن قرار گرفت. وزن پلیت، کاغذ صافی، قطعه پنیر و درپوش در هر آزمایش ثبت گردید. سپس پلیت شیشه‌ای درپوش‌دار به همراه کاغذ صافی و نمونه به آونی با سیستم گردش هوای اجباری (Paat Ariya Co. SH2006) وارد شد. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۰ °C حرارت دید. پس از خروج از آون، درپوش پلیت شیشه‌ای برداشته شده و به مدت ۵ دقیقه خنک شد. عکس‌برداری از نمونه‌ها با کمک سیستم کامپیوتر بینایی و پردازش تصویر قبل و بعد از حرارت‌دهی در آون انجام شد. این آزمایش برای هر فرمول در سه تکرار انجام شد.

۲-۵-۲- سیستم کامپیوتر بینایی و پردازش تصویر:

این سیستم شامل یک اتاقک نورپردازی به رنگ مشکی با ابعاد ۵۰ در ۵۰ در ۱۰۰ سانتی‌متر، مجهز به دو عدد لامپ فلورسنت ۱۰ وات، یک دوربین دیجیتال (Canon - Power Shot A550)، یک پایه جهت دوربین و یک کامپیوتر می‌باشد. از آنجایی که هدف تعیین سطح ذوب شده می‌باشد از سیستم نورپردازی از پشت^{۱۱} استفاده شد. کلیه تصاویر از طریق یک درگاه USB از دوربین به کامپیوتر انتقال یافت.

۲-۵-۳- گرفتن تصویر و استخراج خصوصیات:

روشنایی به گونه‌ای تنظیم گردید که روشنایی و تضاد مناسب به دست آید. دوربین در فاصله ۱۵ سانتی‌متری از نمونه‌ها تنظیم شد. تنظیمات انجام شده در طول دوره آزمایش ثابت ماند.

جدول ۱ سطوح و ترکیب مواد اولیه پنیر پیتزای پروسس

ردیف	سیدیم سیترات (%)	پایه (خامه و پنیر اولیه به نسبت ۸ به ۱۷) (%)	سطح			مخلوط
			X3	X2	X1	
۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۱	۱
۰	۱۵	۸۵	۰	۰/۱۵	۰/۸۵	۲
۰	۳۰	۷۰	۰	۰/۳	۰/۷	۳
۲	۳۰	۶۸	۰/۰۲	۰/۳	۰/۶۸	۴
۲	۱۵	۸۳	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۸۳	۵
۲	۰	۹۸	۰/۰۲	۰	۰/۹۸	۶
۱	۰	۹۹	۰/۰۱	۰	۰/۹۹	۷
۱	۳۰	۶۹	۰/۰۱	۰/۳	۰/۶۹	۸
۱	۱۵	۸۴	۰/۰۱	۰/۱۵	۰/۸۴	۹
۱,۵	۷,۵	۹۱	۰/۰۱۵	۰/۰۷۵	۰/۹۱	۱۰
۰,۵	۷,۵	۹۲	۰/۰۰۵	۰/۰۷۵	۰/۹۲	۱۱
۰,۵	۲۲,۵	۷۷	۰/۰۰۵	۰/۲۲۵	۰/۷۷	۱۲
۱,۵	۲۲,۵	۷۶	۰/۰۱۵	۰/۲۲۵	۰/۷۶	۱۳

۲-۳- تولید مخلوط:

در این پژوهش از یک دیگ پخت آزمایشگاهی به ظرفیت ۱/۵ کیلوگرم و توان ۱۸۰ وات جهت تولید پنیر پیتزای پروسس استفاده شد. دما و سرعت تیغه دستگاه به ترتیب برابر بود با ۸۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۴ دور بر دقیقه. کلیه فرمول‌ها طبق برنامه زمانی جدول ۲ تولید شد.

جدول ۲ مراحل تولید پنیر پیتزای پروسس

مرحله	زمان (دقیقه)
۱	افزودن پنیر اولیه
۲	افزودن نیمی از خامه و سیترات
۳	افزودن پنیر سفید
۴	افزودن نیمه دیگر خامه و سیترات
۵	تخلیه
۶	انتقال به یخچال

۲-۴- اندازه‌گیری خواص شیمیایی:

اندازه‌گیری pH، چربی، ماده خشک، پروتئین و نمک به ترتیب بر اساس استاندارد ملی ایران انجام شد [۱۳-۱۷].

10. Schreiber test

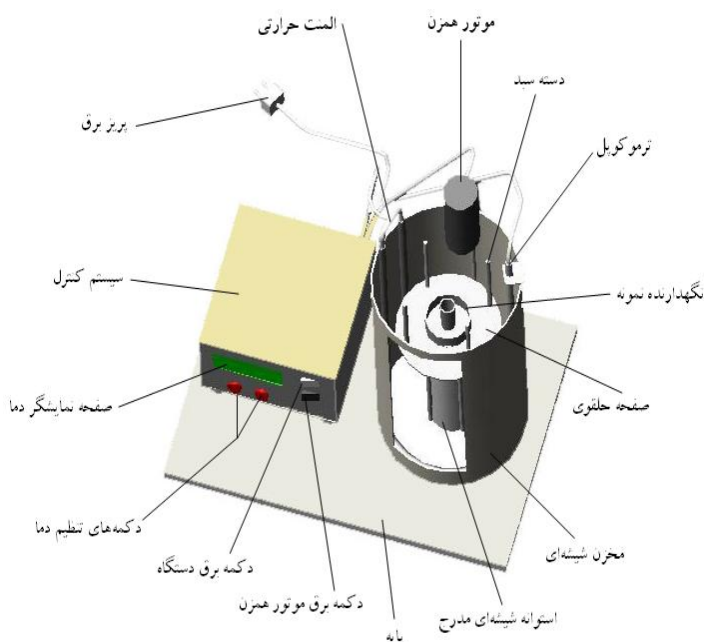
11. Back Lighting

پس از خروج پیتزا از آون به مدت ۳۰ الی ۶۰ ثانیه به حال خود گذاشته شد تا خنک شود، سپس یک چنگال به داخل توده پنیر فرو رفته و در جهت بالا کشیده شد. طول رشته‌های پنیر در هنگام پاره شدن به عنوان اندازه کش ثبت گردید [۲].

۲-۷- اندازه‌گیری طول کش به روش حلقه و

گلوله:

روشی که برای ارزیابی قابلیت کشش‌پذیری پنیر پیتزا در این تحقیق به کار گرفته شد بر اساس اصول آزمون حلقه و گلوله^{۱۶} توسعه یافته توسط هیگسگمز^{۱۷} و همکاران (۲۰۰۴) می‌باشد [۲]. در این روش با استفاده از یک ورقه نازک پنیر و غوطه‌ور کردن تمام مجموعه در یک حمام روغنی، افت رطوبت و دما طی اجرای آزمون کنترل می‌گردد. طول کشش در هنگام پارگی به عنوان میزان کشش‌پذیری ثبت گردید. تصویر دستگاه در شکل شماره ۲ ارائه شده است.



شکل ۲ دستگاه اندازه‌گیری کشش پنیر پیتزا

نمونه‌های مورد بررسی خواه به صورت تازه و یا منجمد باید حدود ۱۲ تا ۲۴ ساعت در یخچال (دمای حدود ۴°C) نگهداری شده باشند. در صورتی که نمونه بصورت ورقه‌ای نباشد لازمست ابتدا آن را توسط دستگاه ورقه‌زن، به ضخامت ۳ میلی‌متر برش زده، تا زمان آزمون در یخچال نگهداری کرد. پس از گرم شدن حمام پارافین و رسیدن دمای دستگاه به

تصاویر گرفته شده جهت آنالیز بعدی به فرمت RGB ذخیره شد. تصویر نمونه پنیر از زمینه عکس با کمک نرم‌افزار Adobe Photoshop CS2 ME نسخه ۹،۰ جدا شد. سپس عملیات آستانه‌یابی^{۱۲} و تعیین مساحت نمونه با استفاده از نرم‌افزار Clemex نسخه ۴،۰،۲۱ انجام شد.

۲-۵-۴- تعیین خصوصیت ذوب:

خصوصیت ذوبی پنیر با درجه ذوب^{۱۳} تعیین شد. برای اندازه‌گیری درجه ذوب، سطح ورقه‌های پنیر از تصاویر گرفته شده استخراج گردید و درجه ذوب به صورت نسبت سطح قبل و بعد از پخت محاسبه شد [۱۸]:

$$MD_f = (A_f / A_0) \times 100 \quad (1)$$

که A_f و MD_f به ترتیب عبارتند از درجه ذوب (درصد) و سطح (mm^2) پنیر در انتهای آزمون ذوب و A_0 سطح اولیه نمونه (mm^2) می‌باشد.

۲-۵-۵- تعیین خصوصیت پس دادن روغن:

این خصوصیت با عبارت «درصد سطح روغنی شده»^{۱۴} بیان شد. درصد سطح روغنی شده به صورت درصد نسبت کل سطح روغنی شده پس از آزمون حرارت‌دهی به سطح اولیه قطعه پنیر پیش از حرارت‌دهی محاسبه شد [۱۹]:

$$POA = (A_f / A_0) \times 100 \quad (2)$$

در این معادله A_f و A_0 به ترتیب مساحت مساحت نمونه پنیر (mm^2) پیش از ذوب و مساحت سطح روغنی شده کاغذ صافی (mm^2) در انتهای آزمون ذوب می‌باشد.

۲-۶- اندازه‌گیری طول کش به روش آزمون

چنگال^{۱۵}:

در این آزمون از خمیر پیتزایی به قطر ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد. سطح فوقانی خمیر پیتزا با ۶۰ گرم سس گوجه‌فرنگی پوشیده شد، سپس ۵۰ گرم پنیر رنده شده از هر فرمول بر یک چهارم سطح خمیر پیتزا پاشیده شد. کف سینی مورد استفاده چرب شده و پیتزا وارد آون (Shel Lab, Sheldon manufacturing Inc. USA, Model No. 1410D-2E) با دمای ۱۶۰°C شد و به مدت ۱۰ دقیقه حرارت دید.

12. Thermoimaging

13. Melting Degree

14. Percentage Oil Area (POA)

15. Fork Test

16. Ring and Ball

17. Hicsasmaz

جدول ۴ ترکیب شیمیایی مخلوط‌های مورد بررسی

مخلوط	pH	رطوبت	چربی	پروتئین	نمک
۱	۵/۵۷ ^e	۵۳/۲۳ ^a	۵/۲۵ ⁱ	۲۸/۱۶ ^a	۰/۱ ⁱ
۲	۵/۴۰ ^h	۴۸/۵۴ ^c	۱۸/۵ ^f	۲۳/۳۶ ^{cd}	۰/۶۷ ^e
۳	۵/۱۶ ^j	۴۸/۹۴ ^c	۲۱ ^c	۲۱/۲۰ ^{efg}	۱/۳۹ ^b
۴	۵/۵۵ ^e	۴۶/۸۶ ^d	۲۳ ^a	۱۹/۸۷ ^g	۱/۳۳ ^b
۵	۵/۸۶ ^c	۴۵/۲۸ ^e	۲۲ ^b	۲۱/۶۷ ^{def}	۰/۵۶ ^f
۶	۶/۰۳ ^a	۴۸/۱۰ ^{cd}	۲۰ ^d	۲۴/۵۲ ^{bc}	۰/۳۲ ^g
۷	۵/۹۱ ^b	۴۸/۳۱ ^{cd}	۱۷/۷۵ ^g	۲۵/۳۰ ^b	۰/۲۳ ^h
۸	۵/۲۴ ⁱ	۵۱/۱۵ ^b	۲۱ ^c	۲۰/۵۱ ^{fg}	۱/۵۵ ^a
۹	۵/۵۰ ^f	۵۰/۵۶ ^b	۱۹/۷۵ ^{de}	۲۰/۵۶ ^{fg}	۰/۸۷ ^c
۱۰	۵/۷۵ ^d	۴۸/۹۷ ^c	۲۰ ^d	۲۲/۴۷ ^{de}	۰/۷۴ ^d
۱۱	۵/۵۸ ^e	۵۰/۷۹ ^b	۱۴/۷۵ ^h	۲۵/۹۳ ^b	۰/۶۲ ^{ef}
۱۲	۵/۲۷ ⁱ	۴۸/۶۹ ^c	۱۷/۵ ^g	۲۱/۴۵ ^{efg}	۱/۳۲ ^b
۱۳	۵/۴۴ ^g	۴۸/۳۱ ^{cd}	۱۹/۲۵ ^e	۲۲/۰۱ ^{def}	۱/۳۷ ^b

کمیت‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح $\alpha = 0/05$).

بررسی روند تغییرات pH نشان می‌دهد با افزایش نسبت پنیر سفید در مخلوط از مقدار pH کاسته می‌شود. این پدیده با توجه به pH پنیر اولیه و پنیر سفید کاملاً طبیعی می‌باشد. با افزایش نسبت تری سدیم سیترات مقدار pH افزایش می‌یابد. علت این افزایش طبیعت قلیایی تری سدیم سیترات می‌باشد [۲۰]. در ارتباط با اثر تری سدیم سیترات بر pH پنیر، نتایج مشابهی توسط تمپلتون و سامر (۱۹۳۶) گزارش شد [۴].

فرآیند تولید مخلوط‌های پنیر پیتزای پروسس، یک فرآیند اختلاط همراه با حرارت‌دهی می‌باشد. بنابراین همزمان با اختلاط، افت رطوبت به دلیل تبخیر اتفاق می‌افتد. با افزایش میزان تری سدیم سیترات رطوبت مخلوط کاهش یافت. مخلوط شماره یک از نظر میزان چربی کاملاً متفاوت از سایر مخلوط‌ها بود. این مخلوط جذب روغن بسیار کمی داشت. به گونه‌ای که بخش عمده‌ای از خامه محاسبه شده جذب بافت نشد و در داخل دیگ پخت باقی ماند. به نظر می‌رسد این موضوع به نبود تری سدیم سیترات و نمک مربوط باشد. از جمله نقش‌هایی که برای نمک‌های ذوبی همچون تری سدیم سیترات ذکر شده است می‌توان به امولسیون کردن چربی و پایدار کردن امولسیون چربی در آب اشاره کرد [۲۱].

۵۰ °C، قطعه‌ای از ورقه پنیر به کمک یک قالب به ابعاد ۶ سانتی‌متر برش زده و وزن و ضخامت آن به ترتیب توسط یک ترازوی دو صفر و یک میکرومتر اندازه‌گیری و ثبت شد. پس از قرار گرفتن نمونه در وسط صفحه حلقوی و گذاشتن نگهدارنده پنیر روی آن، سبدهای حاوی نمونه در حمام پارافین وارد شد. سپس گلوله فلزی از بالای نگهدارنده از ارتفاع ثابت رها شد. داده‌های مربوط به طول کش در مقابل زمان بر اساس ثبت زمان در مقابل هر یک سانتی‌متر کش برای پنج سانتی‌متر اول، به علاوه زمان پاره‌شدن کش و معدل‌گیری از مشاهدات جمع‌آوری گردید.

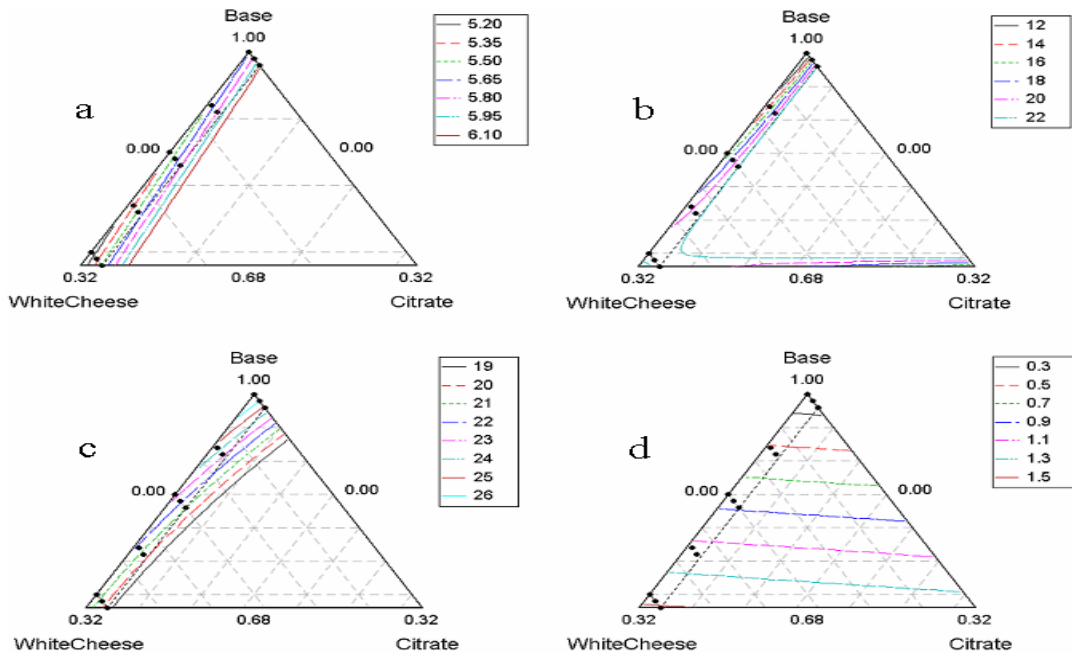
۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات شیمیایی:

ترکیب شیمیایی مواد اولیه و نمونه‌های تجاری در جدول ۳ و ترکیب شیمیایی مخلوط‌های مورد بررسی در جدول ۴ ارائه شده است. کلیه ویژگی‌های شیمیایی تحت تاثیر ترکیب مخلوط قرار گرفت.

جدول ۳ ترکیب شیمیایی مواد اولیه و نمونه‌های تجاری

نمک (درصد)	پروتئین (درصد)	رطوبت (درصد)	چربی (درصد)	pH	نوع پنیر
۰	۳۶/۸۹	۵۶/۰۹	۰/۵	۵/۲۳	پنیر اولیه
۴/۰۹	۱۸/۵۶	۵۷/۷۶	۲۰	۴/۱۱	پنیر سفید
--	--	--	۶۹	--	خامه
۰/۸۳	۲۰/۷۹	۴۸/۷۷	۲۴	۵/۰۷	پنیر موزارلا (پیتزا) A
۰/۷۷	۲۵/۶۱	۴۹/۰۶	۱۶	۵/۰۶	پنیر پیتزای B
۰/۲۳	۲۶/۶۷	۵۰	۱۶/۵	۵/۷۲	پنیر پیتزای پروسس C



شکل ۳ نمودار کنتور خصوصیات شیمیایی پنیر پیتزای پروسس. (a) pH، (b) چربی، (c) پروتئین و (d) نمک.

جدول ۵ ضرایب همبستگی متغیرها^a

-a سه ستاره ($P \leq 0.001$)، دو ستاره ($P \leq 0.01$)، -b یک ستاره ($P \leq 0.05$) و ns (بی‌معنی).

	pH	چربی	رطوبت	پروتئین	نمک	درجه ذوب	پس دادن روغن	طول کش (آزمون چنگال)
چربی	-0.010 ns							
رطوبت	-0.340 ns	-0.730 **						
پروتئین	0.418 ns	-0.835 ***	0.468 ns					
نمک	-0.737 **	0.581 *	-0.165 ns	-0.831 ***				
درجه ذوب	-0.150 ns	0.650 *	-0.652 *	-0.521 ns	0.292 ns			
پس دادن روغن	-0.047 ns	-0.072 ns	-0.003 ns	0.283 ns	-0.171 ns	0.230 ns		
طول کش (آزمون چنگال)	0.420 ns	-0.812 ***	0.404 ns	0.897 ***	-0.871 ***	-0.447 ns	0.202 ns	
طول کش (آزمون حلقه و گلوله)	0.343 ns	-0.800 ***	0.471 ns	0.883 ***	-0.797 ***	-0.438 ns	0.229 ns	0.906 ***

رگرسیون بدست آمده برای خصوصیات شیمیایی مخلوط‌ها در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶ مدل‌های پیشگو برای ویژگی‌های شیمیایی پنیر پیتزای پروسس بر اساس متغیرهای فرمول^a.

متغیر	مدل پیشگو	R ²	R ² (adj)
pH	$Y = 5.614X_1 + 3.833X_2 + 26.757X_3$	٪۹۴/۴۵	٪۹۳/۳۵
چربی	$Y = 8X_1 + 52X_2 - 1434X_3 + 2147X_1X_3$	٪۸۲/۵۳	٪۷۶/۷۰
چربی در ماده خشک	$Y = 17X_1 + 105X_2 + 1467X_3 - 4317X_2X_3$	٪۸۱/۶۴	٪۷۵/۵۲
پروتئین	$Y = 26.72X_1 + 8.66X_2 - 90.56X_3$	٪۸۲/۶۴	٪۷۹/۱۶
نمک	$Y = 0.1776X_1 + 4.3823X_2 + 3.9633X_3$	٪۹۰/۰۸	٪۸۸/۰۹

a پایه فرمول (X₁)، پنیر سفید (X₂)، تری سدیم سیترات (X₃).

۳-۲- قابلیت ذوب:

درجه ذوب فرمول‌های مورد بررسی در جدول ۷ ارائه شده است. محتوای بالاتر چربی اجازه می‌دهد پنیر بهتر ذوب شود [۲۳]. به هر حال رواگ^{۲۰} و همکاران (۱۹۹۱) گزارش کردند قابلیت ذوب پنیر همیشه با محتوای چربی مرتبط نیست [۲۴]. بر اساس جدول ۵ بین درجه ذوب با میزان چربی مخلوط همبستگی معنی‌دار در سطح (P ≤ ۰/۰۵) وجود دارد. اُلسون و بوجنریف^{۲۱} (۱۹۹۵) گزارش کردند تغییر چربی در ماده خشک از ۱۸ درصد تا ۴۵ درصد اثر اندکی بر قابلیت ذوب داشت اما در چربی در ماده خشک بالای ۴۵ درصد، قابلیت ذوب به صورت قابل توجهی افزایش یافت [۲۵]. در بین مخلوط‌های مورد بررسی تنها مخلوط شماره یک با چربی در ماده خشک برابر با ۱۱/۲ درصد قرار دارد. چربی در ماده خشک سایر مخلوط‌ها بین ۳۰ (مربوط به فرمول شماره ۱۱) تا ۴۳/۳ (مربوط به فرمول شماره چهار) در نوسان می‌باشد. بنابراین پایین بودن میزان چربی در ماده خشک مخلوط شماره یک را می‌توان دلیل احتمالی درجه ذوب پایین تفسیر کرد. از این نظر نتایج این پژوهش با تحقیق اولسون و بوجنریف (۱۹۹۵) مطابقت دارد.

بنابراین وجود تری سدیم سیترات موجب شد کلیه فرمول‌های دارای تری سدیم سیترات در مقایسه با مخلوط شماره یک از نظر میزان چربی در سطح بالاتری باشند. به عبارت دیگر افزودن تری سدیم سیترات به مخلوط، قابلیت جذب چربی توسط بافت پنیر را افزایش داده است. از این جهت مخلوط شماره یازده که بیشترین شباهت را از نظر ترکیبات مورد استفاده در فرمول به مخلوط شماره یک دارد از نظر چربی نیز در مقایسه با سایر مخلوط‌ها به مخلوط شماره یک نزدیک‌تر می‌باشد. بر اساس مشاهدات حین آماده‌سازی و تهیه فرمول‌ها، مخلوط‌های شماره ۱۲، ۷ و ۲ که در همسایگی مخلوط‌های ۱۱ و ۱ قرار دارند، اندکی در جذب چربی مشکل داشتند. گینی^{۱۸} و همکاران (۲۰۰۰) افزایش معنی‌دار رطوبت، پروتئین، خاکستر و کاهش درصد رطوبت در بخش غیر چرب (MNFP)، چربی در ماده خشک و نمک (S/M) بر اثر کاهش میزان چربی پنیر چدار را گزارش کردند [۲۲]. بر اساس جدول ۵، همبستگی معنی‌دار (p ≤ ۰/۰۱) بین چربی و رطوبت با ضریب همبستگی پیرسون^{۱۹} برابر با -۰/۷۳- و همبستگی معنی‌دار (p ≤ ۰/۰۰۱) با ضریب پیرسون مساوی با -۰/۸۳۵- بین چربی و پروتئین وجود دارد. از طرف دیگر بین چربی و نمک نیز همبستگی معنی‌دار (p ≤ ۰/۰۱) وجود دارد. لذا یافته‌های این پژوهش با نتایج گینی و همکاران (۲۰۰۰) مطابقت دارد.

با افزایش نسبت پنیر سفید، پروتئین مخلوط پنیر پیتزای پروسس کاهش یافت. این موضوع به تفاوت بین میزان پروتئین پنیر اولیه (۳۶/۸۹ درصد) و پنیر سفید (۱۸/۵۶ درصد) مربوط می‌شود. علاوه بر این افزایش میزان پنیر سفید، مقدار نمک مخلوط را بصورت معنی‌دار (p ≤ ۰/۰۵) افزایش داد. این پدیده به وجود حدود چهار درصد نمک در پنیر سفید مورد استفاده مربوط می‌شود. از آنجایی که منبع اصلی وارد کننده نمک به مخلوط، پنیر سفید می‌باشد و از طرف دیگر چربی پنیر سفید در مقایسه با پنیر اولیه بالاتر می‌باشد، بنابراین روند تغییرات این دو تقریباً در یک جهت می‌باشد. به عبارت دیگر وجود همبستگی مثبت بین چربی و نمک به دلیل اختلاف در ترکیب مواد اولیه می‌باشد. نمودار کتور خصوصیات شیمیایی پنیر پیتزای پروسس در شکل ۳ به نمایش درآمده است. مدل‌های

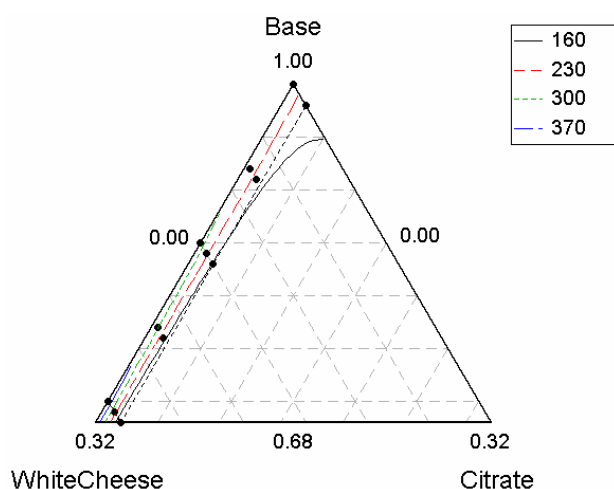
20. Ruegg

21. Olson and Bogenrief

18. Guinea

19. Pearson Correlation

می‌یابد. نقش اصلی عوامل امولسیون کننده در تولید پنیر پروسس تکمیل قابلیت امولسیون کنندگی پروتئین‌های پنیر می‌باشد. این نقش با حذف کلسیم از سیستم پروتئین؛ پپتیزه، انحلال و انتشار پروتئین‌ها؛ هیدراته و متورم کردن پروتئین‌ها؛ امولسیون کردن چربی و پایدار کردن امولسیون؛ کنترل pH و تثبیت آن؛ و تشکیل یک ساختار مناسب در محصول پس از سرد کردن اجرا می‌شود [۲۱]. مقایسه روغن آزاد مخلوط‌های پنیر پیتزای پروسس از عدم تاثیرگذاری پنیر سفید مصرفی در دامنه ۰ تا ۳۰ درصد، بر میزان سطح روغنی شده حکایت دارد.



شکل ۴ نمودار کنتور پس دادن روغن - درصد سطح روغنی شده (POA).

تشکیل روغن آزاد به شدت به میزان چربی کل پنیر بخصوص چربی در ماده خشک وابسته می‌باشد. به طور کلی با افزایش چربی در ماده خشک، میزان روغن آزاد افزایش می‌یابد [۲۷]. افزایش روغن آزاد پس داده بر اساس درصد سطح روغنی شده (POA) از POA برابر با ۱۷۶ برای مخلوط شماره یک به POA برابر با ۳۶۵ برای مخلوط شماره دو می‌تواند به دلیل تفاوت معنی‌دار میزان چربی مخلوط‌های مذکور باشد. با این حال همبستگی معنی‌داری بین میزان چربی و روغن آزاد مشاهده نشد. علاوه بر این، همبستگی معنی‌داری بین درصد سطح روغنی شده با سایر ویژگی‌های شیمیایی مشاهده نشد. مخلوط‌های شماره یک، دو، هفت، یازده و دوازده طی اختلاط و تولید، در جذب خامه محاسبه شده مشکل داشتند بنابراین همانطور که به دشواری خامه را جذب کرده‌اند، احتمالاً به آسانی طی حرارت‌دهی آن را به صورت روغن آزاد پس داده‌اند.

جدول ۷ درجه ذوب و درصد سطح روغنی شده پنیر پیتزای

مخلوط	درجه ذوب (درصد)	درصد مساحت روغنی شده
۱	۱۱۸ ^f	۱۷۶ ^d
۲	۱۴۵ ^{ab}	۳۶۵ ^b
۳	۱۵۱ ^a	۴۳۹ ^b
۴	۱۴۱ ^{bcd}	۱۵۳ ^d
۵	۱۴۳ ^{abc}	۱۵۸ ^d
۶	۱۳۲ ^{de}	۱۹۹ ^d
۷	۱۳۱ ^{de}	۵۷۲ ^a
۸	۱۲۶ ^{ef}	۱۷۳ ^d
۹	۱۳۴ ^{cde}	۱۹۷ ^d
۱۰	۱۳۰ ^e	۲۲۳ ^{cd}
۱۱	۱۲۷ ^{ef}	۳۶۳ ^b
۱۲	۱۲۹ ^e	۳۳۱ ^{bc}
۱۳	۱۲۹ ^e	۱۶۱ ^d

کمیت‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن در سطح $\alpha = 0/05$).

بررسی روند تغییرات نمک نیز از افزایش معنی‌دار آن همزمان با افزایش میزان پنیر سفید در هر یک از سطوح تری سدیم سیترات مصرفی حکایت دارد. آلسون (۱۹۸۲) گزارش کرد پنیر موزارلا با میزان بالای نمک به مقدار ۱/۷۸ درصد قابلیت ذوب کمتری نسبت به پنیر با دوره رسیدگی مشابه و میزان نمک ۱/۰۶ درصد دارد [۲۶]. میزان نمک مخلوط‌های مورد بررسی در این پژوهش بین ۰ تا ۱/۵۵ درصد متغیر بود. بنابراین انتظار می‌رفت قابلیت ذوب نمونه‌های مختلف متفاوت باشد. به هر حال عدم وجود اختلاف معنی‌دار در قابلیت ذوب مخلوط‌هایی که از نظر نمک با هم متفاوت بودند از نبود ارتباط بین میزان نمک و درجه ذوب در دامنه مورد بررسی حکایت دارد. همبستگی بین چربی و رطوبت با درجه ذوب و نبود همبستگی معنی‌دار بین نمک و درجه ذوب تاییدی بر این موضوع می‌باشد (جدول ۵).

۳-۳- روغن آزاد:

میزان روغن پس داده بر حسب «درصد سطح روغنی شده» مخلوط‌های مورد بررسی در جدول ۷ گزارش شده است. از مقایسه میانگین در هر یک از سطوح پنیر سفید مصرفی چنین نتیجه‌گیری می‌شود که با افزایش میزان تری سدیم سیترات از میزان روغن آزاد کاسته می‌شود. این در حالی است که همزمان با افزایش تری سدیم سیترات، میزان چربی مخلوط نیز افزایش

جدول ۸ مدل پیشگو برای درصد روغن پس داده (POA) پنیر پیتزای پروسس بر اساس متغیرهای فرمول^a.

متغیر	مدل پیشگو	R ²	R ² (adj)
درصد روغن پس داده (POA)	$Y = 245X_1 + 841X_2 - 1367X_3 - 49255X_2X_3$	۰/۷۱،۵۱	۰/۶۰،۸۲

a پایه فرمول (X₁)، پنیر سفید (X₂)، تری سدیم سیترات (X₃).

۳-۴- قابلیت کشش:

داده‌های مربوط به طول کش حاصل از دو آزمون چنگال و آزمون حلقه و گلوله در جدول ۹ گزارش شده است. صرف نظر از روش بکار رفته، بیشترین طول کش مربوط به فرمول یک می‌باشد. این فرمول تنها فرمولی است که بطور کامل از پایه تشکیل شده است. در فرمول‌های ۳، ۴ و ۸ با ۳۰ درصد پنیر سفید و فرمول‌های ۱۲ و ۱۳ با ۲۲،۵ درصد پنیر سفید، کمترین میزان طول کش مشاهده گردید. شکل ۵ روند تغییرات طول کش پنیر پیتزای پروسس را با توجه به اجزای مخلوط نشان می‌دهد. معادلات پیشگوی مربوطه در جدول ۱۰ ارائه شده است. بر این اساس، افزودن پنیر سفید موجب کاهش معنی‌دار (P ≤ ۰/۰۰۱) طول کش تیمارها شد. اثر متقابل بین پایه فرمول و تری سدیم سیترات، موجب کاهش طول کش از طریق معادله درجه دوم (P ≤ ۰/۰۰۱) برای آزمون حلقه و گلوله و معادله درجه دوم (P ≤ ۰/۰۰۵) برای آزمون چنگال شد. خواص رفتاری پنیرها در صورتی که با دیگر پنیرها مخلوط شوند تحت تاثیر قرار می‌گیرد [۲۸]. خواص کشش‌پذیری پنیر موزارلا ممکن است با مقادیر بالای کازئین دست نخورده و پپتیدهای بزرگ مرتبط باشد [۲۹]. بنابراین کاهش طول کش در نمونه‌های با نسبت بالاتر پنیر سفید را می‌توان به سهم بالاتر پروتئین‌های هیدرولیز شده و کاهش پروتئین کل نسبت داد.

بر اساس جدول ۵ طول کش با میزان پروتئین همبستگی معنی‌دار (P ≤ ۰/۰۰۱) مثبت با ضریب پیرسون برابر با ۰/۸۹۷ برای آزمون چنگال و ضریب پیرسون ۰/۸۸۳ برای آزمون حلقه و گلوله دارد. علاوه بر این صرف نظر از آزمون به کار رفته جهت اندازه‌گیری کشش، طول کش با نمک و چربی مخلوط پنیر پیتزای پروسس، همبستگی معنی‌دار (P ≤ ۰/۰۰۱) منفی دارد.

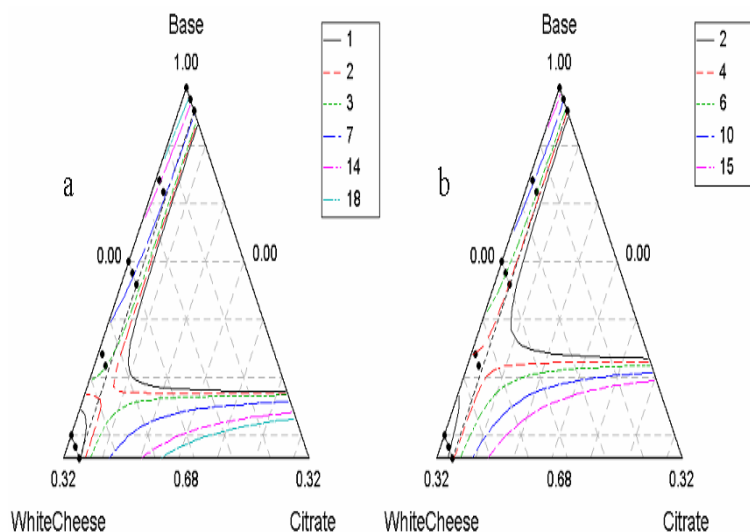
جدول ۹ طول کش مخلوطها اندازه‌گیری شده به دو روش آزمون چنگال و آزمون حلقه و گلوله

طول کش (cm)		مخلوط
آزمون حلقه و گلوله	آزمون چنگال	
۱۸ ^a	۲۸ ^a	۱
۱۱ ^b	۱۳/۵ ^c	۲
۰ ^f	۰ ^g	۳
۴ ^{cd}	۰ ^g	۴
۴ ^{cd}	۷/۵ ^{de}	۵
۵ ^c	۱۱ ^{cd}	۶
۱۲ ^b	۱۸/۵ ^b	۷
۳ ^{def}	۲ ^{fg}	۸
۴ ^{cd}	۴ ^{efg}	۹
۶ ^c	۴/۵ ^{ef}	۱۰
۱۲ ^b	۹ ^d	۱۱
۱ ^{ef}	۳/۵ ^{efg}	۱۲
۳ ^{cde}	۳/۵ ^{efg}	۱۳

کمیت‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت

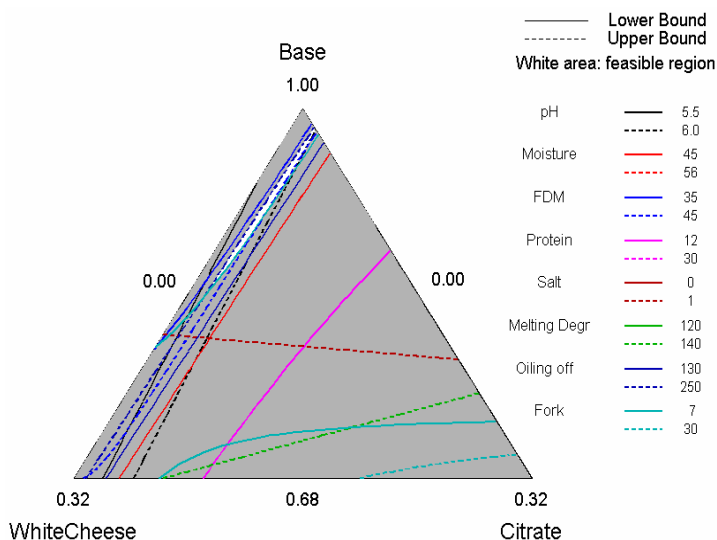
معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای

دانکن در سطح α = ۰/۰۵).



شکل ۵ نمودار کنتور طول کش پنیر پیتزای پروسس. (a) آزمون

چنگال و (b) آزمون حلقه و گلوله.



شکل ۶ نمودار کنتور همپوش خواص شیمیایی و فیزیکی پنیر پیتزای پروسس. ناحیه سفید: منطقه مطلوب

۴- نتیجه گیری

بر اساس نتایج این پژوهش کلیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پنیر پیتزای پروسس بطور معنی‌داری ($P \leq 0/05$) تحت تاثیر اجزای مخلوط قرار گرفت. افزایش نسبت پنیر سفید در مخلوط، با کاهش pH و پروتئین و افزایش چربی و نمک همراه بود. افزایش نسبت تری سدیم سترات موجب شد pH، چربی و چربی در ماده خشک افزایش و رطوبت پنیر پیتزای پروسس کاهش یابد. تاثیر اجزای مخلوط بر درجه ذوب پنیر پیتزای پروسس معنی‌دار ($P \leq 0/05$) بود. با این وجود در ارتباط با نسبت اجزای مخلوط روند خاصی مشاهده نشد. میزان روغن آزاد تحت تاثیر نسبت تری سدیم سترات در مخلوط قرار گرفت به طوری که با افزایش نمک ذوب، از میزان روغن آزاد کاسته شد. طول کش محصول با افزایش میزان پنیر سفید کاهش یافت. بررسی همبستگی بین متغیرهای مختلف نشان داد بین درجه ذوب با چربی و چربی در ماده خشک همبستگی مثبت وجود دارد. صرف نظر از آزمون بکار رفته جهت اندازه‌گیری طول کش، همبستگی مثبت بین طول کش با میزان پروتئین و همبستگی منفی بین طول کش با میزان چربی و چربی در ماده خشک و نمک مشاهده شد. مقایسه داده‌های حاصل از طول کش، از وجود همبستگی معنی‌دار ($0/001 \leq P$) با ضریب همبستگی پیرسون $0/906$ بین آزمون چنگال و آزمون حلقه و گلوله حکایت داشت.

جدول ۱۰ مدل‌های پیشگو برای طول کش پنیر پیتزای پروسس

بر اساس متغیرهای فرمول^a.

متغیر	مدل پیشگو	R ²	R ² (adj)
طول کش (آزمون چنگال)	$Y = 25X_1 - 61X_2 + 2092X_3 - 2925X_1X_3$	۰/۸۵۰۴	۰/۸۰۰۵
طول کش (آزمون حلقه و گلوله)	$Y = 18X_1 - 44X_2 + 2226X_3 - 2973X_1X_3$	۰/۹۳۹۹	۰/۹۱۹۸

a پایه فرمول (X_1)، پنیر سفید (X_2)، تری سدیم سترات (X_3).

آلسون (۱۹۸۲) گزارش کرد پنیر موزارلا با میزان بالای نمک به مقدار ۱,۷۸ درصد قابلیت رشته‌ای شدن کمتری نسبت به پنیر با دوره رسیدگی مشابه و میزان نمک ۱,۰۶ درصد دارد [۲۶]. دلیل احتمالی دیگری که می‌توان به پایین بودن طول کش در فرمول‌های حاوی نسبت‌های بالاتر پنیر سفید نسبت داد را می‌توان به علت بالاتر بودن نمک این مخلوط‌ها در مقایسه با مخلوط‌های فاقد پنیر سفید دانست. وجود همبستگی معنی‌دار ($p \leq 0,001$) منفی بین نمک و طول کش اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون‌های کشش (جدول ۵) تاییدی بر این موضوع می‌باشد.

۳-۵- فرمول بهینه:

در این پژوهش به منظور بهینه‌یابی فرمولاسیون پنیر پیتزای پروسس، بر اساس بررسی منابع از جمله استانداردهای مربوطه [۳۱ و ۳۲]، تجربیات کسب شده و ارزیابی سه نمونه معروف پنیر پیتزای موجود در بازار، متغیرهای وابسته تعریف شد. بر اساس حدود تعریف شده برای متغیرهای وابسته، ناحیه بهینه با استفاده از نمودار کنتور همپوش به صورت شکل ۶ تعیین گردید. سپس بهترین نقطه از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بدست آمد. به منظور اطمینان از صحت نتایج، فرمول پیشگویی شده حاصل از ناحیه بهینه به همراه دو فرمول از ناحیه غیر بهینه مجدد تولید و خواص آن بررسی شد. فرمول بهینه مورد تایید قرار گرفت. بر اساس این پژوهش، با اختلاط ۹۰ درصد پایه با ۸,۶ درصد پنیر سفید و ۱,۴ درصد تری سدیم سترات، پنیر پیتزای پروسسی با ویژگی‌های مطلوب بدست می‌آید. در این حالت pH برابر ۵,۷، رطوبت ۴۸,۷ درصد، چربی در ماده خشک ۳۸,۹ درصد، پروتئین ۲۳ درصد، نمک ۰,۶ درصد، درجه ذوب ۱۳۱ درصد، سطح روغنی شده ۲۵۲ درصد و طول کش ۹,۵ سانتی‌متر بدست آمد.

۵- تقدیر و تشکر

با تشکر از وزارت صنایع و معادن و شرکت فرآورده‌های لبنی ساتل به دلیل حمایت مالی از این پژوهش و با سپاس از جناب آقای مهندس زارعی کارشناس مجتمع آموزش عالی شهید هاشمی‌نژاد که امکان تامین مواد اولیه را جهت این پژوهش فراهم نمودند.

۶- منابع

- [1] Oberg, C. J. 1991. Factor affecting stretch, melt, and cook color in mozzarella cheese. Marschall Italian & Specialty Cheese seminars.
- [2] Hicsasmaz, Z., Shippelt, L., and Rizvi, S. H. 2004. Evaluation of Mozzarella Cheese Stretchability by the Ring and Ball Method. *Journal of Dairy Science*, 87: 1993-1998.
- [3] Gunasekaran, S., and Ak, M. M. 2003. *Cheese Rheology and Texture*. CRC Press.
- [4] Templeton, H. L., and Sommer, H. H. 1936. Studies on the Emulsifying Salts used in Processed Cheese. *Journal of Dairy Science*. 19:561-572.
- [5] Kairyukshtene, I., Ramanauskas, R., Antanavichyus, A., Butkus, K. & Lashas, V., 1973. *Trudy. Litov. Filial Vsesoyuz. Nauchno-Isled. Inst. Maslodol. Syrodel. Prom.*, 8, 85.
- [6] Gupta, S. K., Karahadian. C., and Lindsay, R. C. 1984. Effect of Emulsifier Salts on Textural and Flavor Properties of Processed Cheeses. *Journal of Dairy Science*, 67: 764-778.
- [7] Mizuno, R., and Lucey, J. A. 2005. Effect of two type of emulsifying salts on the functionality of nonfat pasta filata cheese. *Journal of Dairy Science*, 88: 3411-3425.
- [8] Shirashoji, N., Jaeggi, J. J., and Lucey, J. A. 2006. Effect of Trisodium Citrate Concentration and Cooking Time on the Physicochemical Properties of Pasteurized Process Cheese. *Journal of Dairy Science*, 89: 15-28.
- [9] Kalab, M., Modler, H. W. Caric, M. and Milanovic, S. 1991. Structure, Meltability, and Firmness of Process Cheese Containing White Cheese. *Food Structure* 10:193-201.
- [10] Law, B. A. 1999. *Technology of CheeseMaking*. Sheffield Academic Press.
- [11] Hajimohamadi Farimani, R. 2008. *Pizza Processed Cheese Formulation*. MSc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad.
- [12] Hu, R. 1999. *Food Product Design*. CRC press. Translated by Mortazavi, A. and et al. Mashhad, Jahankade, pp 171-173.
- [13] Anon. Milk and milk products – Determination of titrable acidity and pH value – Test method, Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI Number 2852.
- [14] Anon. Determination of fat content of cheese and processed cheese. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI Number 760.
- [15] Anon. Cheese and Processed cheese - Determination of total solids content (reference method). Test method. 2002. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI Number 1753.
- [16] Anon. Determination of protein Content of Processed Cheese. 1998. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI Number 1811.
- [17] Anon. Determination of chloride content (reference method). Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI Number 1809.
- [18] Wang, H.-H. and Sun, D.-W. 2002. Melting characteristics of cheese: analysis of effects of cooking conditions using computer vision technology. *Journal of Food Engineering* 51:305-310.
- [19] Wang, H.-H., and Sun, D.-W. 2004. Evaluation of Oiling off property of cheese with computer vision: Influence of cooking conditions and sample dimensions. *Journal of Food Engineering*, 61: 57-66.
- [20] Meyer, A. 1973. *Processed Cheese Manufacture*. Food Trade Press LTD, London.
- [21] Fox, P. F. 1999. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol, 2. 2nd edition. ASPEN Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland.
- [22] Guinee, T.P., Auty, A.E. and Fenelon, M.A. 2000. The effect of fat content on the rheology, microstructure and heat-induced functional characteristics of Cheddar cheese. *International Dairy Journal* 10:277-288.
- [23] Masi, P. and Addeo, F. 1986. An examination of some mechanical properties of a group of Italian cheeses and their relationship to structure and conditions of

- Mozzarella/non- Mozzarella cheese blends. *Cultured Dairy Products Journal* 27(2):24–29.
- [29] McMahon, D.J., Oberg, C.J. and McManus, W. 1993. Functionality of Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology* 48(2): 99–104.
- [30] Anon. Milk and milk products – Mozzarella (pizza cheese) - Specification and test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI Number 4658.
- [31] Anon. Milk and milk products - Processed cheese - Specifications, Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI Number 4659.
- [32] Anon. USDA specifications for Mozzarella Cheese. 1980. United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, Dairy Division.
- manufacture. *Journal of Food Engineering* 5:217.
- [24] Ruegg, M., P. Eberhard, Popplewell, L.M. and Peleg, M. 1991. Melting properties of cheese, in *Rheological and Fracture Properties of Cheese*, IDF Bulletin No. 268, 36–43. Brussels: International Dairy Federation.
- [25] Olson, N.F. and Bogenrief, D.D. 1995. Functionality of Mozzarella and Cheddar cheeses, in *Proc. 4th Cheese Symp.*, T.M. Logan, P.F. Fox, and P. Ross, Eds., pp 15–23. Cork, Ireland.
- [26] Olson, N.F. 1982. The effect of salt levels on the characteristics of Mozzarella cheese before and after frozen storage. *Proceedings of the 19th Annual Marschall Italian Cheese Seminar*, Madison, WI.
- [27] Kindstedt, P. S. and Kiely, L. J. 1990. Cause and prevention of oiling off in mozzarella cheese. *Marschall Italian & Specialty cheese seminars*.
- [28] Kiely, L.J., McConnell, S.L. and Kindstedt, P.S. 1992. Melting behavior of

Optimization of Pizza Processed Cheese Formulation using Constrained Mixture Design

Hajimohamadi Farimani R^{1*}, Habibi Najafi, M.B.² and Razavi, M.A.³

1- M.Sc. Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

3- Associate professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

(Received:87/9/3 Accepted: 88/7/15)

In this research, the effects of different levels of White cheese (0-30%) and tri-sodium citrate (0-2%) on chemical and physical properties of Pizza processed cheese was investigated. Adding White cheese resulted in significant decrease ($p \leq 0.05$) in pH, protein and significant increase in fat and salt content. Adding tri-sodium citrate induced the increase in pH and fat and decrease in moisture. The effect of mixture components on melting degree was significant ($p \leq 0.05$). Free oil was affected by tri-sodium citrate ratio in the mixture. The oiling off was decreased by increasing melting salt, Length of stretch was decreased by increasing White cheese ratio in blend. Comparison of stretch length indicated a meaningful ($p \leq 0.001$) correlation between "Fork test" and "Ring & Ball" method with Pearson coefficient of 0.906. The necessity of using tri-sodium citrate as melting salt for producing a homogenous cheese mass with the ability of exhibiting smooth slices without any fracture was approved in this study. Statistical analysis using mixture design showed that the optimum formula of Pizza Processed cheese was achieved by blending 90% base, 8.6% White cheese and 1.4% tri-sodium citrate. In addition to above, two new methods for measuring physical properties of Pizza cheese were also developed.

Keyword: Mixture experimental design, Meltability, Oiling off, Stretchability

*Corresponding author E-mail address: reza_farimani@yahoo.com