www.journals.rifst.ac.ir
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۵، جلد ۵، شماره ۴، صفحات ۳۸۲-۳۶۹
Doi: 10.22101/JRIFST.2017.02.26.005

JRIFST

بهینه‌سازی فرمولاسیون پنیر پروسس پخش‌پذیر با استفاده از هیدروکلوئیدهای کنجاک و زانتان

مصطفی محروقی[۱]، محسن قدس‌روحانی[۲*]، حسن رشیدی[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، تولید فرآورده‌های نوین لبنی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد

۲و۳- گروه صنایع غذایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد

* نویسندهٔ مسئول (Qhods@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۰۶

واژه‌های کلیدی
ارزیابی حسی
بهینه‌سازی
پنیر پروسس پخش‌پذیر
صمغ زانتان
صمغ کنجاک گلوکومانان

چکیده

در این تحقیق اثر مقادیر مختلف کرهٔ پاستوریزه (۳ تا ۹ درصد) و هیدروکلوئیدهای کنجاک (۰ تا ۰/۴ درصد) و زانتان (۰ تا ۰/۴ درصد) بر ویژگی‌های سفتی، طعم، پخش‌پذیری، رنگ، پذیرش کلی و pH پنیر پروسس پخش‌پذیر بررسی شد. نتایج در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD) بررسی و به روش سطح پاسخ (RSM) مدل‌سازی و تجزیه‌وتحلیل شد. ضریب تبیین برای مدل‌های رگرسیون برازش‌شده سفتی، طعم، پخش‌پذیری، رنگ، پذیرش کلی و pH به‌ترتیب ۰/۸۳۴، ۰/۸۵۲، ۰/۹۵۹، ۰/۸۸۶، ۰/۸۱۳ و ۰/۸۷۱ بود، ضمن اینکه فاکتور عدم برازش برای مدل تمامی صفات معنی‌دار نبود ($P<0/05$). بنابراین صحت مدل برای برازش اطلاعات تأیید گردید. باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده، اثر افزودن هیدروکلوئیدهای یادشده و مقادیر مختلف کره بر ویژگی‌های حسی و شیمیایی پنیر پروسس پخش‌پذیر در سطوح مختلف معنی‌دار بود. نقطهٔ بهینهٔ متغیرهای تولید برای دست یافتن به پنیری که حتی‌الامکان کمترین امتیاز سفتی و بیشترین مجموع امتیاز طعم، پخش‌پذیری، رنگ و پذیرش کلی و نیز pH مناسب را داشته باشد، ۰/۰۶۶ درصد کنجاک، ۰/۰۲۴ درصد زانتان و ۸/۵۳ درصد می‌باشد. چنین محصولی دارای امتیاز سفتی ۲/۸۸، امتیاز طعم ۳/۹۹، امتیاز رنگ ۴/۱۱، امتیاز پخش‌پذیری ۴/۸۸، امتیاز پذیرش کلی ۴/۰۳ و درنهایت pH: ۵/۵۱ و عدد مطلوبیت ۹۳/۰۶ درصد بود.

مقدمه

پنیر نوعی شیر تغلیظ‌شده است که عمدهٔ مواد جامد آن را پروتئین (بخصوص کازئین) و چربی تشکیل می‌دهد. به‌دلیل تنوع زیاد این محصول، نمی‌توان تعریف دقیق و فراگیری برای آن بیان نمود (فرهنودی، ۱۳۷۷). پنیر پروسس که با پنیر طبیعی متفاوت بوده محصولی است لبنی که در حقیقت به‌طور مستقیم از شیر ساخته نمی‌شود. بااین‌وجود، جزء اصلی پنیر پروسس، پنیر طبیعی می‌باشد. این نوع پنیر در اثر مخلوط‌کردن پنیرهای طبیعی با درجه‌های رسیدگی و سنین مختلف به‌دست می‌آید. این امر با استفاده از نمک‌های امولسیون‌کننده و ترکیبات غیرلبنی دیگر، همراه با حرارت‌دهی و هم‌زدن مداوم (تا رسیدن به ساختاری یکنواخت) صورت می‌گیرد (Guinee *et al.*, 2004). در تولید پنیر پروسس، شماری از تغییرات فیزیکوشیمیایی سبب تبدیل شبکهٔ پنیر طبیعی به

محصولی با ویژگی‌های بافتی متفاوت می‌شوند (Lee *et al*., 2004; Mihaela *et al*., 2013). برحسب نوع پنیر پروسس، ۵۱ تا بیش از ۸۰ درصد از آن را پنیر معمولی تشکیل می‌دهد (FDA, 2006). پنیرهای پروسس براساس حداقل چربی، حداکثر رطوبت و حداقل pH مورد نیاز و نیز براساس مقدار و تعداد اجزای اختیاری که استفاده از آنها در آن گروه از پنیر پروسس مجاز شمرده شده است، از هم متمایز می‌شوند. به‌این‌ترتیب سه گروه مهم پنیر پروسس که توسط قوانین فدرال توصیف شده‌اند، عبارتند از: پنیر پروسس پاستوریزه، پنیر پروسس غذایی پاستوریزه و پنیر پروسس پاستوریزهٔ پخش‌پذیر (FDA, 2006). تولیدکنندگان پنیر پروسس مجاز به استفاده از منابع پروتئینی و چربی غیرلبنی هستند که می‌توانند به نسبت معینی جایگزین گردند. عوامل اصلی و اختیاری دیگری که در تهیهٔ پنیر پروسس برحسب نوع آن مورد استفاده قرار می‌گیرد، عبارت از اجزای لبنی، نمک‌های امولسیون‌کننده، پایدارکننده‌ها، طعم‌دهنده‌ها، عوامل اسیدی‌کننده، شیرین‌کننده، رنگ، نگهدارنده، سبزی، میوه، گوشت، آجیل و آب می‌باشند (Guinee *et al*., 2004; Kapoor & Metzger, 2008). در میان انواع مختلف پنیر پروسس، پنیر پروسس پخش‌پذیر، پنیر پروسسی است که دارای مواد افزودنی از قبیل هیدروکلوئیدهای نوع غذایی مانند صمغ گوار، صمغ زانتان، کربوکسی‌متیل‌سلولز، کاراگینان و قندهای طبیعی و عوامل شیرین‌کنندهٔ مجاز می‌باشد، به نحوی‌که قابلیت مالیدن یا پهن شدن بر نان را دارد (استاندارد ملی ایران، ۱۳۹۱). در تولید پنیر پروسس، نمک‌های امولسیون‌کنندهٔ فسفاته نقش مهمی در تولید محصولی یکنواخت با ویژگی‌های فیزیکی و حسی مناسب ایفا می‌کنند، بااین‌وجود استفاده بیش از حد از این نمک‌ها ممکن است منجر به بروز بسیاری از بیماری‌ها در انسان گردد؛ ازاین‌رو با در نظرگرفتن کیفیت محصول و صرفه‌جویی در هزینه می‌توان از انواع هیدروکلوئیدهای مناسب استفاده کرد. برطبق قوانین فدرال ایالات متحده، استفاده از صمغ‌ها و هیدروکلوئیدها در سطوح کمتر از ۰/۸ درصد در پنیر پروسس پخش‌پذیر مجاز شمرده می‌شود. ازآنجاکه پنیر پروسس پخش‌پذیر محتوای رطوبت بالایی دارد (تا حدود ۶۰ درصد)، مهم‌ترین عملکرد صمغ در این نوع پنیر برقراری اتصال با آب و ایجاد غلظت یا ویسکوزیتهٔ مناسب در محصول و نیز بهترکردن احساس دهانی است (Kapoor & Metzger, 2008). افزودن هیدروکلوئیدها سبب افزایش استحکام و کاهش ذوب‌پذیری شده و اثرات متفاوتی در قابلیت پخش‌پذیری دارد. انتخاب صمغ‌ها بستگی به قابلیت پراکندگی، حلالیت، رفتار هیدراتاسیون، قابلیت نگهداری آب، ویسکوزیتهٔ پخت و سازگاری با پروتئین‌های شیر و دیگر ترکیبات موجود در پنیر پروسس دارد (Zehren & Nusbaum, 2000). Cernıkova و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر افزودن کاپا- و یوتا-کاراگینان را بر خصوصیات ویسکوالاستیک پنیر پروسس بررسی کرده و نشان دادند، افزایش غلظت هر دو هیدروکلوئید نامبرده سبب افزایش سفتی پنیر حاصله شده و دراین‌میان یوتا-کاراگینان در مقایسه با کاپا-کاراگینان مؤثرتر بوده است. بررسی‌های صورت‌گرفته درخصوص تأثیر نشاسته‌های مختلف بر خصوصیات رئولوژیکی و ریزساختاری پنیر پروسس نیز نشان دادند، جایگزینی بخشی از پروتئین پنیر با نشاستهٔ سیب‌زمینی، بیشترین اثر را در خصوصیات بافتی پنیر پروسس به ویژه قوام آن دارا بوده است. به‌علاوه، علیرغم اثر نشاسته در بهبود ویژگی‌های حسی و طعم نمونه‌های پنیر با پروتئین کم، غلظت‌های بالای نشاسته سبب بروز بافت خمیری نمونه‌ها و چسبندگی آنها به در دیگ می‌شود (Trivedi *et al.*, 2008). همچنین Macků و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر افزودن پکتین را بر خصوصیات ویسکوالاستیک پنیرهای پروسس با ۴۰ و ۵۰ درصد مادهٔ خشک پس از ۴۲ روز نگهداری در دمای ۲±۶ درجهٔ سانتی‌گراد بررسی کردند. نتایج نشان داد که نمونه‌های حاوی پکتین، بیشترین میزان سفتی و کمترین مالش‌پذیری را در مقایسه با نمونه‌های پنیر پروسس فاقد پکتین داشتند. همبستگی استحکام پنیر پروسس با غلظت پکتین به‌صورت خطی بود. ظاهر و طعم پنیرهای پروسس حاوی پکتین نیز مطلوب بود. Cernıkova و همکاران (۲۰۱۰) امکان استفاده از هیدروکلوئیدها را به‌عنوان جایگزین نمک‌های

امولسیفایر، سیترات و فسفات در تولید پنیر پروسس مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه تأثیر صمغ لوبیای اقاقیا (LBG)، کاراگینان، پکتین با درجهٔ متوکسیل پایین و نشاستهٔ اصلاح شده بررسی شد. نتایج حاصله حاکی‌ازآن بود که LBG ، پکتین با درجهٔ متوکسیل پایین و نشاستهٔ اصلاح‌شده را نمی‌توان به عنوان جایگزین نمک‌های امولسیفایر معرفی کرد؛ ازطرفی، کاپا- و یوتا-کاراگینان جایگزین‌های مناسبی برای نمک‌های امولسیون‌کننده هستند و موجب افزایش قوام و بهبود بافت پنیر حاصله می‌شوند. بررسی انجام‌شده توسط گیوه‌چی و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد درصورت افزودن مقادیر مختلف صمغ گوار و کاراگینان و استفاده از کنسانترهٔ پروتئینی آب‌پنیر در فرمولاسیون پنیر پروسس کم‌چرب، صمغ گوار به میزان ۰/۲ درصد به همراه ۱ درصد پروتئین تغلیظ‌شده آب‌پنیر، بالاترین امتیاز طعم را خواهد داشت. در تحقیقی دیگر توسط Hosseini-Parvar و همکاران (۲۰۱۵) درخصوص ویژگی‌های ریزساختار، رئولوژی و بافتی پنیر پروسس حاصل از کازئین انعقادی و صمغ دانهٔ ریحان (LBG)، مشخص شد، افزایش میزان صمغ دانهٔ ریحان، باعث افزایش رفتار الاستیک در ساختمان پنیر پروسس شده و سفتی بیشتری در محصول ایجاد می‌کند ولی خصوصیات ذوب پنیر را کمی کاهش می‌دهد. از دیگر صمغ‌های قابل استفاده در فراورده‌های غذایی، کنجاک گلوکومانان[1] (KGM) می‌باشد. این صمغ از غده‌های گیاه (*Amorphophallus Konjac*) از خانواده *Araceae* استحصال می‌گردد. این پلی‌ساکارید خنثی به‌خاطر توانایی جذب آب بالا، به‌عنوان تشکیل‌دهندهٔ ژل و عامل سفت‌کننده در غذاهای سنتی آسیایی استفاده می‌شود (Zhang *et al*., 2015). به‌علاوه، از آن به‌عنوان یکی از ویسکوزترین فیبرهای رژیمی یاد می‌کنند. استفادهٔ آن در کشورهای غربی به‌عنوان یک جز در غذاهای فراسودمند روبه‌گسترش است. محصولات کنجاک توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) در لیست «۱۰ غذای سالم برتر» قرار گرفته‌اند (Al-Ghazzewi *et al.,* 2007; Takigami *et al*., 1997). همچنین استفاده از آن به‌عنوان یک افزودنی غذایی در اروپا مجاز شناخته شده است و به‌عنوان (GRAS[2]) توسط سازمان غذا و دارو (FDA) طبقه‌بندی می‌گردد. استفاده از کنجاک به خاطر نقش مهم آن در کنترل وزن، اصلاح متابولیسم میکروبی روده، خارج ساختن رادیکال‌های آزاد، ممانعت از رشد تومورهای نهفته و پیشرفتهٔ نادر، بسیار مورد توجه است (Zhang *et al*., 2015). صمغ کنجاک در ترکیب با سایر صمغ‌ها ازجمله زانتان، ژل‌های بسیار الاستیک و برگشت‌پذیر در حضور حرارت، به‌وجود می‌آورد (Imeson, 2010). ترکیب این دو صمغ، در گوشت و ماهی‌های فراوری‌شده استفاده شده و الاستیسیتهٔ حاصل از این دو هیدروکلوئید به همراه نشاسته، برای پنیرهای عمل‌آوری‌شده بسیار مناسب می‌باشد. ویژگی‌های هم‌افزایی کنجاک در ترکیب با سلولز میکروکریستاله و زانتان احساس دهانی خامه‌ای و قوی در محصولاتی که چربی آنها کاهش یافته و یا در محصولات با چربی بدلی ایجاد می‌کند (Karimi *et al*., 2014).

علی‌رغم پتانسیل بالای صمغ کنجاک برای استفاده در فراورده‌های لبنی، متأسفانه تاکنون درخصوص استفاده از آن در تولید پنیر پروسس و به‌ویژه تولید پنیر پروسس پخش‌پذیر، تحقیقی صورت نگرفته است و عملاً هیچ‌گونه سابقهٔ قبلی برای اجرای این طرح در داخل و خارج کشور وجود ندارد، لذا این طرح باهدف استفاده از پنیرهای تولیدشده در ایران در فرمولاسیون پنیر پروسس پخش‌پذیر، به مرحلهٔ اجرا درآمد. همچنین به‌دلیل اثرات هم‌افزایی هیدروکلوئیدهای کنجاک و زانتان در تشکیل ژل‌های قوی و احتمال اثر مثبت این هم‌افزایی بر ویژگی‌های پنیر پروسس پخش‌پذیر، استفاده هم‌زمان این دو هیدروکلوئید، در این تحقیق مورد بررسی قرارگرفت.

مواد و روش‌ها

پنیر سفید فراپالایش (۷-۴ روز پس از تولید)، پنیر خامه‌ای (۷-۴ روز پس از تولید)، (کرهٔ پاستوریزهٔ شیرین بدون نمک از شرکت فرآورده‌های لبنی پالود پارسیان نیشابور)؛ شیر خشک بدون چربی ساخت

[1] Konjac Glucomanan

[2] Generaly Recognize As Safe

شرکت فونترا نیوزیلند و پودر پروتئین تغلیظ‌شده شیر ساخت شرکت Emmi فرانسه تهیه گردید. ترکیبات فسفاته و سیتراته (S9) از شرکت جوها (JOHA, Benckiser-Knapsack, Ladenburg) آلمان، همچنین شرکت فودکم[1] ساخت چین و پودر لاکتوز و نمک طعام از شرکت سیگما آلدریچ[2] تهیه شدند. مشخصات شیمیایی کلیهٔ مواد اولیهٔ خام در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱ - مشخصات شیمیایی مواد اولیه

*مواد اولیه/آزمایش	pH	مواد خشک کل*	پروتئین*	چربی*	لاکتوز*	نمک*
پنیر سفید بدون نمک	۴/۷۵-۴/۸۵	۳۰-۳۱	۱۲-۱۴	۱۳-۱۵	۳-۴	۰/۲-۰/۵
پنیر خامه‌ای بدون نمک	۴/۸۰-۴/۹۰	۳۲-۳۳	۶-۷	۲۴-۲۵	۲-۳	۰/۱-۰/۳
کرهٔ شیرین بدون نمک	۶/۴۰-۶/۴۵	۸۳-۸۴	-	۸۲	۰/۱-۰/۳	-
پودر پروتئین تغلیظ‌شده شیر	۷/۰۵-۷/۱۰	۹۵-۹۶	۸۵-۸۶	-	۲-۳	۰/۲-۰/۵
شیرخشک بدون چربی	۶/۵۵-۶/۶۵	۹۵-۹۶	۳۱-۳۳	۰/۵-۰/۱	۵۰-۵۵	۰/۱-۰/۳

تولید پنیر پروسس پخش‌پذیر

تیمارهای مختلف محصول در این تحقیق، توسط دستگاه ترمو میکسر (مدل Mycook 1.8 به ظرفیت حداکثر ۲ لیتر ساخت کشور اسپانیا) تهیه شدند. ابتدا پنیر سفید فراپالایش به‌صورت مکعب‌های تقریباً ۵×۵×۵ سانتی‌متری بریده شده و در داخل حمام آب‌گرم ۴۵ تا ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد جهت ایجاد بافتی یکنواخت همگن شد. سپس به داخل کاسهٔ دستگاه پخت ریخته شده و در دمای ۴۵ تا ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه با سرعت مرحلهٔ سه دستگاه (حدوداً ۲۱۶۰ دور در دقیقه) تا رسیدن به بافتی خمیری شکل، به‌طور مداوم حرارت‌دهی و هم‌زده شد، سپس زمان دستگاه روی عدد ۱۵ دقیقه تنظیم شده و درحین فراوری و افزایش دما به صورت تدریجی، ابتدا کره و پنیر خامه‌ای و سپس ترکیبات پودری شامل هیدروکلوئیدهای کنجاک، زانتان، سیترات‌سدیم، نمک فسفاته، شیرخشک بدون‌چربی، پودر پروتئین تغلیظ‌شدهٔ شیر، نمک طعام و درصورت لزوم پودر لاکتوز، در مقادیر توزین‌شده جهت تیمارهای مختلف، ازطریق درپوش بالایی وارد کاسهٔ اصلی دستگاه پخت شد و دمای دستگاه روی ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد و سرعت دستگاه روی مرحلهٔ ۷ (حدود ۶۰۹۰ دور در دقیقه) تنظیم گردید. ادامهٔ فراوری تا دقیقه ۱۵، در دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد و سرعت ۶۰۹۰ دور در دقیقه صورت پذیرفت. در پایان زمان فراوری، دستگاه به‌صورت اتوماتیک خاموش شده و محصول به داخل ظروف ۳۰۰ گرمی مستطیل شکل مخصوص پنیر که از جنس پلی‌پروپیلن بوده انتقال یافته و به‌صورت غیرقابل نفوذ دربندی شده و به یخچال با دمای ۲±۶ درجهٔ سانتی‌گراد جهت انجام آزمون‌های مورد نظر انتقال یافت. شایان ذکر است که مقدار تولید پنیر پروسس پخش‌پذیر در هر بخش، تقریباً ۱۲۰۰ گرم بود (Lee *et al*., 2004; Cernıkova *et al*., 2008).

روش‌های انجام آزمایش‌ها

ویژگی‌های حسی شامل: سفتی، طعم، رنگ، پخش‌پذیری و پذیرش کلی با استفاده از آزمون چشایی به‌روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (از خیلی بد ۱ تا خیلی خوب ۵) مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمون توسط ۶ نفر داور آموزش‌دیده از بین متخصصان شاغل در کارخانه بهین آزما شیراز انجام گرفت (Koca & Metin, 2004؛ قدس‌روحانی و همکاران، ۱۳۸۸). اندازه‌گیری pH نیز براساس استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۲۸۵۲ (۱۳۸۵)، انجام شد. شایان ذکر است باتوجه‌به اهمیت تأثیر میزان مادهٔ خشک کل و میزان پروتئین بر ویژگی‌های محصول، مقدار این دو فاکتور در بین همهٔ تیمارها، ثابت درنظر گرفته شد، به گونه‌ای که میزان پروتئین برای کل تیمارها از ۱۲/۱۰ تا ۱۲/۴۷ درصد و برای مادهٔ خشک کل از ۳۹/۱۵ تا ۴۱/۷۷ درصد متغیر بود. همچنین ازآنجاکه مقادیر چربی در بین تیمارها مختلف بوده است و این

[1] FoodChem
[2] Sigma Aldrich

امر در میزان مادهٔ خشک کل محصول تأثیر می‌گذارد؛ ازاین‌رو در تیمارهایی که با کمبود مادهٔ خشک مواجه بودند از پودر لاکتوز برای جبران مادهٔ خشک استفاده شد (Hosseini-Parvar *et al.*, 2015).

طرح آزمایش و آنالیز آماری

تیمارهای تولید در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD[1]) با ۶ تکرار در نقطهٔ مرکزی برای ۳ متغیر و در سه سطح انجام شدند به صورتی که تعداد کل تیمارها ۲۰ تیمار شد (جدول ۲ و ۳). نتایج با استفاده از نرم‌افزار آماری Design–Expert (version 9.0.6) به‌روش سطح پاسخ (R.S.M[2]) آنالیز شد و هریک از متغیرهای پاسخ (سفتی، طعم، رنگ، پخش‌پذیری، پذیرش کلی و pH) در قالب مدل رگرسیون چند جمله‌ای زیر به‌صورت تابعی از متغیرهای مستقل ارائه شدند:

$$Y=K+AX_1+BX_2+CX_3+A_2X_{12}+B_2X_{22}+C_2X_{32}+ABX_1X_2+ACX_1X_3+BCX_2X_3+A_2BX_{12}X_2+A_2CX_{12}X_3+AB_2X_1X_{22}+ABCX_1X_2X_3$$

که در آن Y عبارت است از متغیر تابع یا پاسخ، X_1, X_2 و X_3 سطوح کدبندی‌شده متغیرهای مستقل، k مقدار ثابت (مقدار پاسخ درحالتی‌که متغیرهای مستقل در نقطهٔ مرکزی یعنی صفر قرار دارند)، A، B و C اثرات خطی، A_2، B_2 و C_2 اثرات درجهٔ دوم و سایر ضرایب اثرات متقابل می‌باشند. با استفاده از جدول آنالیز واریانس[3] معنی‌دار بودن اثرات خطی، درجهٔ دوم و متقابل ضرایب مدل رگرسیون برای هر پاسخ در سطوح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ درصد بررسی گردید.

جدول ۲- متغیرهای مستقل در فرایند تولید و سطوح آنها

متغیر	نماد	سطوح کدبندی‌شده متغیر		
		+۱	۰	-۱
نسبت زانتان (درصد)	X_1	۰/۴	۰/۲	۰
نسبت کنجاک (درصد)	X_2	۰/۴	۰/۲	۰
نسبت کره (درصد)	X_3	۹	۶	۳

جدول ۳ – مقادیر کدبندی‌شده و سطوح واقعی متغیرهای مستقل

تیمار	سطوح کدبندی‌شده			سطوح واقعی (درصد)		
	X_1	X_2	X_3	زانتان	کنجاک	کره
۱	-۱	-۱	-۱	۰	۰	۳
۲	-۱	-۱	۱	۰	۰	۹
۳	-۱	۱	-۱	۰	۰/۴	۳
۴	۱	-۱	-۱	۰/۴	۰	۳
۵	-۱	۱	۱	۰	۰/۴	۹
۶	۱	-۱	۱	۰/۴	۰	۹
۷	۱	۱	-۱	۰/۴	۰/۴	۳
۸	۱	۱	۱	۰/۴	۰/۴	۹
۹	-۱	۰	۰	۰	۰/۲	۶
۱۰	۰	-۱	۰	۰/۲	۰	۶
۱۱	۰	۰	-۱	۰/۲	۰/۲	۳
۱۲	۱	۰	۰	۰/۴	۰/۲	۶
۱۳	۰	۱	۰	۰/۲	۰/۴	۶
۱۴	۰	۰	۱	۰/۲	۰/۲	۹
۱۵	۰	۰	۰	۰/۲	۰/۲	۶
۱۶	۰	۰	۰	۰/۲	۰/۲	۶
۱۷	۰	۰	۰	۰/۲	۰/۲	۶
۱۸	۰	۰	۰	۰/۲	۰/۲	۶
۱۹	۰	۰	۰	۰/۲	۰/۲	۶
۲۰	۰	۰	۰	۰/۲	۰/۲	۶

نتایج و بحث

مدل‌سازی

ضرایب مدل رگرسیون و نتایج آنالیز واریانس برای هریک از متغیرهای تابع در جدول (۴) آمده است. برای اثر متغیرهای مستقل روی صفات مورد آزمایش بررسی صحت مدل از ضریب تبیین (R^2) و تست عدم برازش استفاده گردید. ضریب تبیین عبارت است از نسبت مجموع مربعات تشریح‌شده به مجموع مربعات کل و مقدار عددی آن بین صفر و ۱ تغییر می‌کند. R^2 مساوی ۱، یعنی مدل همهٔ داده‌های آزمایشی را برآورد می‌کند و R^2 مساوی صفر یعنی این که برآورد مدل کاملاً اشتباه است. برای آنکه یک مدل توانایی خوبی برای برازش اطلاعات داشته باشد لازم است که R^2 بالای ۰/۸ باشد. در این تحقیق مقادیر ضریب تبیین برای سفتی، طعم، پخش‌پذیری، رنگ، پذیرش کلی و pH به‌ترتیب ۰/۸۳۴، ۰/۸۵۲، ۰/۹۵۹، ۰/۸۸۶، ۰/۸۱۳، ۰/۸۷۱ بود (جدول ۴). ازطرفی معنی‌دار بودن عدم برازش برای یک مدل بیانگر این است که نقاط به‌خوبی اطراف مدل قرار نگرفته و درنتیجه نمی‌توان از مدل برای پیش‌گویی مقادیر متغیرهای تابع استفاده نمود.

[1] Central Composite Design
[2] Response Surface Methodology
[3] ANOVA

جدول ۴ – ضرایب مدل رگرسیون و نتایج آنالیز واریانس برای متغیرهای پاسخ

منبع	سفتی		طعم		پخش‌پذیری		رنگ		پذیرش کلی		pH	
	ضرایب	مجموع مربعات	ضرایب	مجموع مربعات	ضرایب	مجموع مربعات	ضرایب	مجموع مربعات	ضرایب	مجموع مربعات	ضرایب	مجموع مربعات
مدل	۲/۶۲۵**	۴/۶۰	۲/۷۰۹**	۵/۴۶	۳/۱۳۵***	۱۶/۸۵	۳/۶۸۳**	۰/۰۳	۳/۳۷۹*	۳/۸۰	۵/۳۳۱**	۰/۱۱
A	۲/۳۴۱***	۱/۵۹	-۳/۵۴۹**	۱/۸۵	-۷/۷۲۰***	۵/۱۵	-۰/۷۳۳^{ns}	۰/۰۲	-۴/۷۲۹**	۱/۱۱	۰/۷۶۳***	۰/۰۳
B	-۲/۵۶۷**	۰/۷۶	۲/۳۸۸^{ns}	۰/۲۴	-۳/۶۶۸***	۳/۵۶	-۱/۷۸۱***	۰/۹۳	-۰/۳۳۹*	۰/۶۷	-۰/۱۷۱**	۰/۰۲
C	۰/۱۷۰*	۰/۳۸	۰/۱۷۶**	۱/۱۰	۰/۳۶۹*	۰/۶۴	-۰/۱۳۷***	۲/۰۸	۰/۰۳۹**	۰/۹۶	۰/۰۱۵*	۰/۰۰۰
AB	۶/۵۴۱*	۰/۳۰	-۱۱/۱۹۳**	۱/۱۳	-۱۳/۲۲۸***	۱/۵۸	۵/۷۱۰^{ns}	۰/۲۹	-۲/۵۲۷^{ns}	۰/۰۵	-۰/۰۷۹	۰/۰۰۰
AC	-۰/۰۶۰^{ns}	۰/۰۰۰	۰/۰۵۹^{ns}	۰/۰۰۰	۰/۱۷۹^{ns}	۰/۰۷۹	۰/۰۸۳^{ns}	۰/۰۱۷	۰/۰۷۵^{ns}	۰/۰۱	-۰/۰۶۱*	۰/۰۰۰
BC	۰/۵۸۶*	۰/۵۷	-۰/۱۷۳۵^{ns}	۰/۰۶۲	-۰/۴۱۹*	۰/۳۶	۰/۰۸۹^{ns}	۰/۰۱۶	۰/۰۱۰^{ns}	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰
A^2	-۲/۵۶۸^{ns}	۰/۰۷۶	۷/۸۴۱^{ns}	۰/۲۹	۱۳/۶۵۶**	۰/۸۷	-۱/۶۵۱^{ns}	۰/۰۱۳	۷/۵۰۹^{ns}	۰/۲۶	-۱/۷۴۲*	۰/۰۱
B^2	-۲/۴۸۴^{ns}	۰/۰۰۰	۰/۰۳۴^{ns}	۰/۰۰۰	۱۳/۴۵۵**	۰/۸۲	-۴/۱۳۲^{ns}	۰/۰۷۸	-۲/۵۵۱^{ns}	۰/۰۳	-۰/۲۴۵^{ns}	۰/۰۰۰
C^2	-۰/۰۱۶^{ns}	۰/۱۲	-۲/۹۲۷^{ns}	۰/۰۰۰	-۰/۰۱۹^{ns}	۰/۰۸۸	۰/۰۲۲^{ns}	۰/۱۱	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰
عدم برازش	–	۰/۷۲^{ns}	–	۰/۶۰^{ns}	–	۰/۰۵۹^{ns}	–	۰/۳۲^{ns}	–	۰/۷۲^{ns}	–	۰/۰۰۰^{ns}
ضریب تبیین (R^2)	۰/۸۳۴	–	۰/۸۵۲	–	۰/۹۵۹	–	۰/۸۸۶	–	۰/۸۱۳	–	۰/۸۷۱	–

* معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ A= زانتان، B =کنجاک، C =کره

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

*** معنی‌دار در سطح ۰/۰۰۱

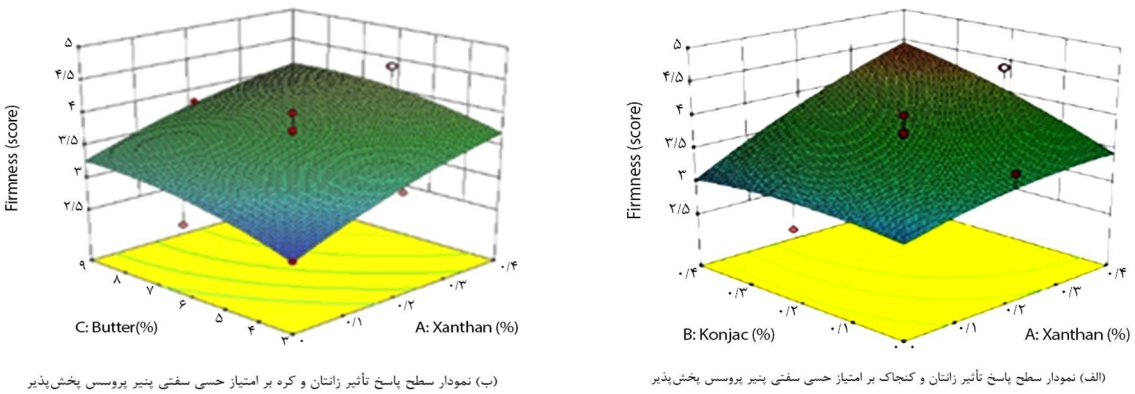
^{ns}: غیرمعنی‌دار

ضرایب مدل رگرسیون و نتایج آنالیز واریانس هریک از متغیرهای پاسخ در جدول (۴) نشان داده شده است. همان‌طورکه در جدول (۴) نشان داده شده است عدم برازش برای کلیهٔ صفات اندازه‌گیری شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد. بنابراین بالا بودن ضریب تبیین و معنی‌دار نبودن عدم برازش برای تمامی پاسخ‌ها صحت مدل را برای برازش اطلاعات تأیید می‌کند. برای مشاهده بهتر نمودارهای سطح پاسخ[1] برای هر صفت رسم گردید. در هر نمودار اثر ۲ متغیر درحالتی‌که متغیر سوم در نقطهٔ مرکزی (Xi=0) قرار دارد بررسی شده است (شکل‌های ۱ تا ۶).

اثر متغیرها بر امتیاز حسی سفتی

نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد که اثر افزودن صمغ زانتان در سطح ۰/۰۰۱ درصد و اثر افزودن صمغ کنجاک در سطح ۰/۰۱ درصد و اثر افزودن کره در سطح ۰/۰۵ درصد بر سفتی پنیر پروسس پخش‌پذیر معنی‌دار بوده است. همچنین نتایج نشان دادند که اثر متقابل افزودن صمغ کنجاک و کره و نیز اثر افزودن صمغ کنجاک و صمغ زانتان بر سفتی پنیر پروسس معنی‌دار می‌باشد و این امر درحالی‌است که اثر متقابل افزودن صمغ زانتان و کره معنی‌دار نبود ($P\leq$۰/۰۵). شکل (۱-الف) تأثیر افزودن صمغ کنجاک و صمغ زانتان را بر نمرهٔ سفتی پنیر پروسس پخش‌پذیر در شرایطی که میزان کره در فرمولاسیون در نقطهٔ مرکزی (۶ درصد) ثابت نگه داشته شده نشان می‌دهد. همان طورکه در شکل (۱-الف) مشاهده می‌شود، با افزایش هم‌زمان میزان هر ۲ نوع صمغ کنجاک و زانتان، سفتی پنیر نیز به‌صورت خطی افزایش می‌یابد و بالعکس در مقادیر حداقل (صفر درصد) از هر دو صمغ نامبرده، امتیاز سفتی پنیر نیز به حداقل خود رسیده است. این پدیده را می‌توان این‌طور توجیه کرد که تبدیل زانتان از ساختار نامنظم رشته‌ای به ساختار هلیکس باعث به‌هم پیوستن زانتان و کنجاک می‌شود (فرحناکی و همکاران، ۱۳۸۸).

تأثیر افزودن صمغ زانتان و کره بر نمرهٔ سفتی پنیر پروسس پخش‌پذیر در شرایطی که میزان صمغ کنجاک در فرمولاسیون در نقطهٔ مرکزی (۰/۲ درصد) ثابت نگه‌داشته شده است در شکل (۱-ب) نشان داده شده است و بیان‌گر این است که با افزایش مقدار کره از ۳ به ۹ درصد و نیز با افزایش مقدار صمغ زانتان از صفر تا میزان حداکثر آن (۰/۴ درصد)، امتیاز سفتی محصول افزایش می‌یابد. علت این امر را می‌توان به اثر متقابل افزودن صمغ زانتان و کره در محتوای رطوبت پنیر نسبت داد. به‌طورکلی، اثر نرم‌کنندگی چربی روی بافت پنیر پروسس توسط محققین زیادی مورد بررسی قرار گرفته است (Dimitreli & Thomareis 2007; Stampanoni & Noble, 1991). نتایج به‌دست‌آمده با نتایج تحقیق‌های پیشین، که افزودن ۱ درصد ژلاتین منجر به افزایش معنی‌دار سفتی خامه شد، مطابقت داشت (فرحناکی و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین در ارزیابی حسی پنیر سفید کم‌چرب، تیمار حاوی ۰/۰۷ درصد کنجاک بالاترین امتیاز بافت را به نسبت تیمارهایی با ۰/۰۵ و ۰/۰۲ درصد از این صمغ داشت (Ghanbari *et al*., 2011).



(الف) نمودار سطح پاسخ تأثیر زانتان و کنجاک بر امتیاز حسی سفتی پنیر پروسس پخش‌پذیر

(ب) نمودار سطح پاسخ تأثیر زانتان و کره بر امتیاز حسی سفتی پنیر پروسس پخش‌پذیر

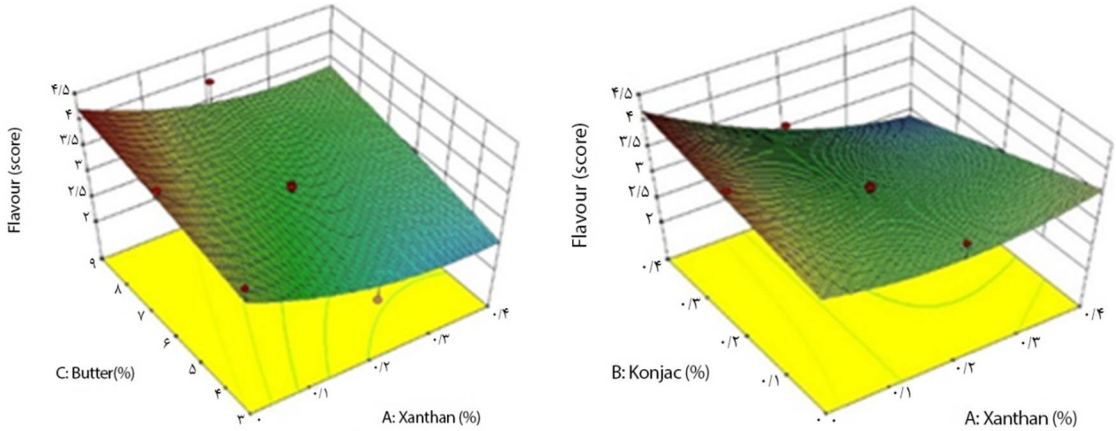
شکل ۱ – نمودارهای سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر سفتی پنیر پروسس پخش‌پذیر

[1] Response surface

اثر متغیرها بر امتیاز حسی طعم

همان‌طورکه در جدول (۴) نشان داده شده است، اثر افزودن صمغ زانتان بر طعم پنیر پروسس در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بود، درحالی‌که افزودن صمغ کنجاک بر طعم این نوع پنیر اثر معنی‌داری نداشت. افزایش مقدار چربی نیز اثر معنی‌داری بر طعم پنیر پروسس پخش‌پذیر در سطح ۰/۰۱ نشان داد. به‌علاوه، اثر متقابل صمغ‌های کنجاک و زانتان در سطح ۰/۰۱ نیز معنی‌دار بود. تأثیر خطی افزودن صمغ‌های کنجاک و زانتان بر طعم پنیر پروسس، در شرایط مقدار ثابت کره در نقطهٔ مرکزی (۶ درصد)، در شکل (۲-الف) نشان داده شده است. به‌طوری‌که افزایش مقدار صمغ کنجاک از صفر درصد به مقدار حداکثر آن (۰/۴ درصد) منجر به افزایش امتیاز طعم پنیر پروسس شد.

شکل (۲-ب) نیز نشان می‌دهد، با افزایش مقدار کره، امتیاز طعم به‌صورت خطی افزایش یافته است و این امر درحالی است که طبق شکل با افزایش مقدار صمغ زانتان، نمرهٔ طعم کاهش می‌یابد و این نتایج در شرایطی است که میزان صمغ کنجاک در نقطهٔ مرکزی (۰/۲ درصد) ثابت نگه‌داشته شده است. بدیهی است چربی شیر تأثیر عمده‌ای بر طعم پنیر دارد (Olson & Johnson, 1990a) و پنیرهای با چربی کمتر دارای طعم ضعیف‌تری هستند که عمدتاً به‌دلیل رطوبت بیشتر این پنیرها و کمتر شدن سهم چربی در طعم کلی پنیر است (Sipahioglu *et al.*, 1999). پژوهش koca و Metin (۲۰۰۴) نیز دلالت بر کسب امتیاز طعم بیشتر توسط نمونهٔ پرچرب دارد.



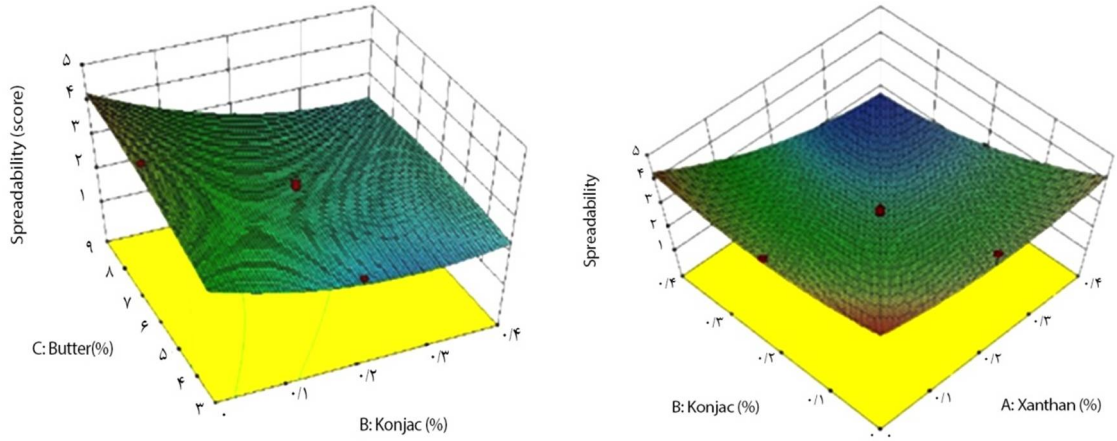
(الف) نمودار سطح پاسخ تأثیر زانتان و کنجاک بر امتیاز حسی طعم پنیر پروسس پخش‌پذیر

(ب) نمودار سطح پاسخ تأثیر زانتان و کره بر امتیاز حسی طعم پنیر پروسس پخش‌پذیر

شکل ۲ - نمودارهای سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر طعم پنیر پروسس پخش‌پذیر

اثر متغیرها بر امتیاز حسی پخش‌پذیری

همان‌طورکه در جدول (۴) نشان داده شده است، تأثیر افزودن هریک از صمغ‌های کنجاک و زانتان بر امتیاز پخش‌پذیری پنیر در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار بود. ازطرفی افزودن کره نیز بر خاصیت پخش‌پذیری این نوع پنیر در سطح ۰/۰۵ تأثیری معنی‌دار داشت. اثرات متقابل افزودن صمغ‌های کنجاک و زانتان (در سطح ۰/۰۰۱) و همچنین صمغ کنجاک و کره (در سطح ۰/۰۵) بر خاصیت گسترش‌پذیری پنیر نیز معنی‌دار بود. به‌علاوه، اثر درجهٔ دوم افزودن هر ۲ صمغ نیز در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بود. افزایش مقدار هریک از صمغ‌های کنجاک و زانتان، در شرایط مقدار ثابت کره در نقطهٔ مرکزی (۶ درصد)، اثری منفی بر گسترش‌پذیری پنیر پروسس نشان داد (شکل ۳-الف). نتایج مشابه توسط Macků و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که نمونه‌های حاوی پکتین بیشترین میزان سفتی و کمترین مالش‌پذیری را در مقایسه با نمونه‌های پنیر پروسس فاقد پکتین داشتند. همان‌طورکه در شکل (۳-ب) نشان داده شده است، در مقادیر ثابت صمغ زانتان در نقطهٔ مرکزی (۰/۲ درصد)، افزودن صمغ کنجاک برخلاف کره، منجر به کاهش خاصیت گسترش‌پذیری پنیر شد.



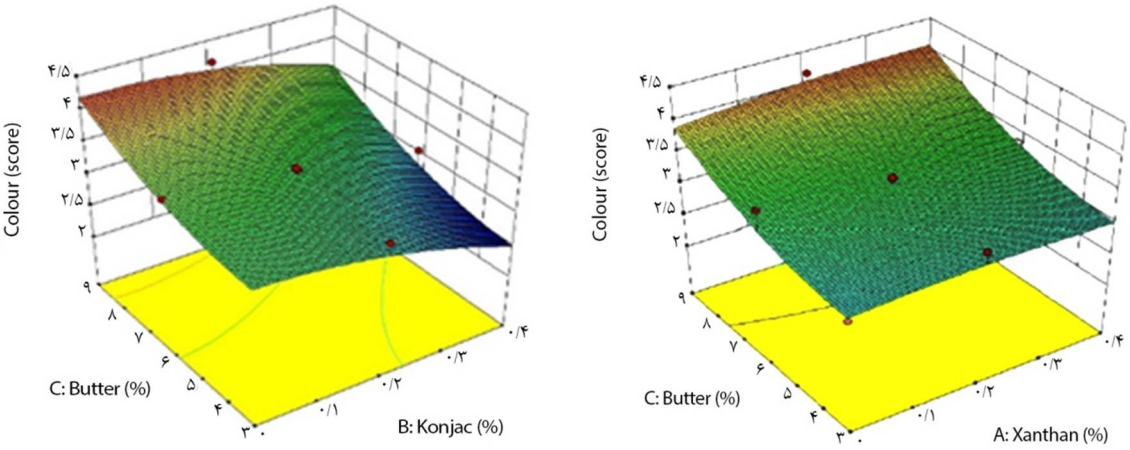
(الف) نمودار سطح پاسخ تأثیر زانتان و کنجاک بر گسترش‌پذیری پنیر پروسس پخش‌پذیر

(ب) نمودار سطح پاسخ تأثیر کنجاک و کره بر گسترش‌پذیری پنیر پروسس پخش‌پذیر

شکل ۳ - نمودارهای سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر گسترش‌پذیری پنیر پروسس پخش‌پذیر

اثر متغیرها بر امتیاز حسی رنگ

نتایج نشان داد، برخلاف اثر معنی‌دار افزودن صمغ کنجاک و کره بر امتیاز رنگ پنیر پروسس پخش‌پذیر در سطح ۰/۰۰۱، افزودن صمغ زانتان به پنیر اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۴). همچنین اثرات متقابل و درجهٔ دوم هریک از متغیرهای مورد بررسی بر امتیاز رنگ پنیر معنی‌دار نبود. تأثیر خطی افزایش مقدار کره و صمغ زانتان بر امتیاز رنگ پنیر پروسس پخش‌پذیر، در شرایط مقادیر ثابت صمغ کنجاک در نقطهٔ مرکزی (۰/۲ درصد)، در شکل (۴-الف) نشان داده شده است. به‌علاوه، اثر معکوس افزایش صمغ کنجاک بر امتیاز رنگ پنیر و نیز تأثیر خطی افزایش مقدار کره بر روند عمومی افزایش امتیاز رنگ در شکل (۴-ب) نمایان است.



(الف) نمودار سطح پاسخ تأثیر زانتان و کره بر امتیاز حسی رنگ پنیر پروسس پخش پذیر

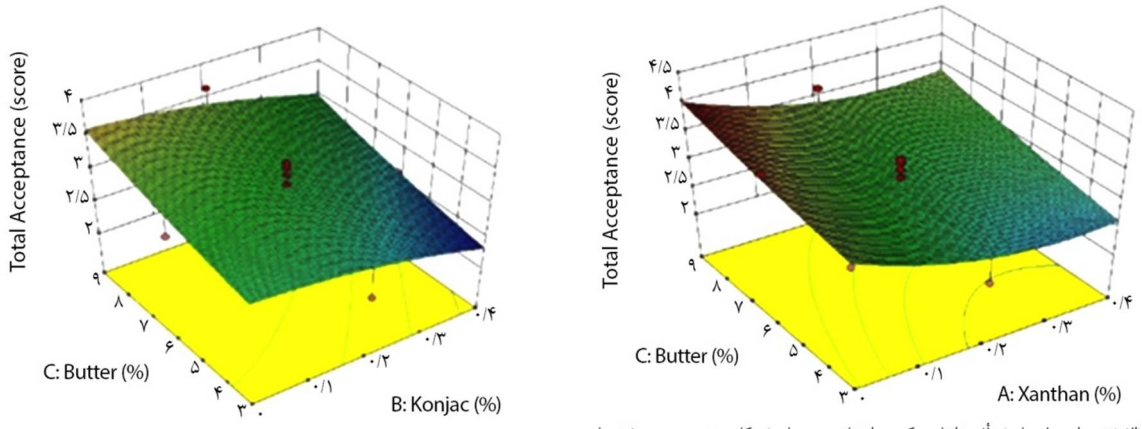
(ب) نمودار سطح پاسخ تأثیر کنجاک و کره بر امتیاز حسی رنگ پنیر پروسس پخش‌پذیر

شکل ۴ - نمودارهای سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر رنگ پنیر پروسس پخش‌پذیر

اثر متغیرها بر امتیاز حسی پذیرش کلی

همان‌طورکه در جدول (۴) نشان داده شده است، افزودن صمغ کنجاک (در سطح ۰/۰۵) و نیز افزودن صمغ زانتان و کره (در سطح ۰/۰۱) در پذیرش کلی پنیر پروسس پخش‌پذیر تأثیر معنی‌داری داشتند. به‌علاوه، اثر متقابل متغیرها بر امتیاز پذیرش کلی این محصول ازنظر ارزیابان حسی معنی‌دار نبود. براساس شکل (۵-الف)، در مقادیر ثابتی از صمغ کنجاک در نقطهٔ مرکزی (۰/۲ درصد)، امتیاز پذیرش کلی محصول با افزایش مقدار کره به‌طور خطی افزایش یافت، درحالی‌که این امتیاز درصورت افزودن صمغ زانتان، روندی کاهشی از خود نشان داد. ازطرفی در مقادیر ثابتی از صمغ زانتان در نقطهٔ مرکزی (۰/۲ درصد)، افزایش مقدار کره برخلاف صمغ کنجاک

منجر به افزایش امتیاز پذیرش کلی محصول شد (شکل ۵-ب). در بررسی صورت‌گرفته توسط Ghanbari و همکاران (۲۰۱۱) نیز نمونه‌های پنیر با چربی بالاتر دارای امتیاز پذیرش کلی بیشتری بودند.



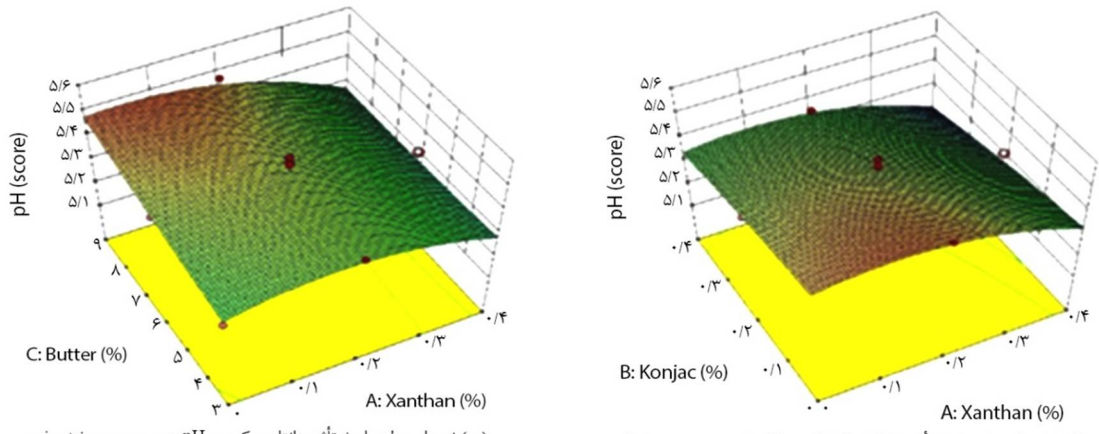
(الف) نمودار سطح پاسخ تأثیر زانتان و کره بر امتیاز حسی پذیرش کلی پنیر پروسس پخش‌پذیر

(ب) نمودار سطح پاسخ تأثیر کنجاک و کره بر امتیاز حسی پذیرش کلی پنیر پروسس پخش پذیر

شکل ۵ - نمودارهای سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر پذیرش کلی پنیر پروسس پخش‌پذیر

اثر متغیرها بر pH

pH نهایی پنیر پروسس نقش بسیار مهمی در ساختار نهایی و خصوصیات عملکردی این محصول ایفا می‌کند (Kapoor & Metzger, 2008). همان‌طورکه در جدول (۴) نشان داده شده است، افزودن صمغ زانتان (در سطح ۰/۰۰۱)، صمغ کنجاک (در سطح ۰/۰۱) و کره (در سطح ۰/۰۵) در تغییر pH پنیر پروسس پخش‌پذیر اثرات معنی‌داری داشتند. به علاوه، اثر متقابل مقدار کره و زانتان در تغییرات pH این نوع پنیر در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بود. ازطرفی افزایش مقادیر صمغ‌های کنجاک و زانتان در مقادیر ثابت کره در نقطهٔ مرکزی (۶ درصد)، منجر به کاهش pH محصول شد (شکل ۶-الف). به‌علاوه، در مقادیر ثابتی از صمغ کنجاک در نقطهٔ مرکزی (۰/۲ درصد)، افزایش غلظت صمغ زانتان برخلاف کره نیز منجر به روند نسبتاً نزولی در تغییرات pH شد (شکل ۶-ب). قنبری‌شندی و همکاران (۱۳۹۰) نیز تأثیر کاهش مقدار چربی را در کاهش pH و افزایش اسیدیتهٔ ۲ نمونه پنیر سفید پرچرب و پنیر سفید با چربی کاهش‌یافته تأیید کردند. ضمن اینکه آنها دریافتند که در نمونه‌های با چربی کاهش یافته افزایش غلظت صمغ زانتان منجر به افزایش اسیدیته و کاهش pH گردید.



(الف) نمودار سطح پاسخ تأثیر زانتان و کنجاک بر pH پنیر پروسس پخش‌پذیر

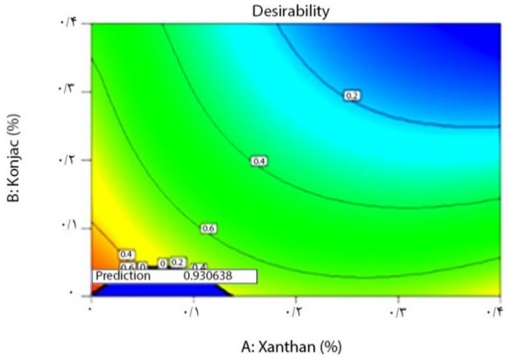
(ب) نمودار سطح پاسخ تأثیر زانتان و کره بر pH پنیر پروسس پخش‌پذیر

شکل ۶ - نمودارهای سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر pH پنیر پروسس پخش‌پذیر

تعیین نقاط بهینهٔ فرایند تولید

یکی از کاربردهای اصلی روش سطح پاسخ، بهینه‌سازی[1] متغیرهای فرایند تولید می‌باشد. بهینه سازی متغیرها به‌گونه‌ای صورت می‌گیرد که مجموع پاسخ‌ها بیشترین امتیاز ممکن را دریافت نمایند. در این تحقیق یافتن مقادیری از کنجاک (در دامنهٔ ۰ تا ۰/۴ درصد)، زانتان (در دامنهٔ ۰ تا ۰/۴ درصد) و کره (در دامنهٔ ۳ تا ۹ درصد) به‌گونه‌ای که پنیر حاصل حتی‌الامکان کمترین امتیاز سفتی و بیشترین امتیاز طعم، رنگ، پخش‌پذیری و پذیرش کلی و نیز pH مناسب را داشته باشد، مدنظر بوده است. البته باتوجه‌به تفاوت اهمیت صفات مذکور، به ترتیب فاکتور وزنی ۱۵، ۱۵، ۱۵، ۲۰، ۲۰ و ۱۵ (مجموعاً ۱۰۰) به هرکدام داده شد. نقاط بهینه برای فرایند تولید پنیر پروسس پخش‌پذیر، کنجاک ۰/۰۶۶ درصد، زانتان ۰/۰۲۴ درصد و کرهٔ پاستوریزه حیوانی ۸/۵۳ درصد به‌دست آمد.

لازم به ذکر است برای هرکدام از متغیرهای تولید، دامنهٔ بهینه را نیز می‌توان به‌دست آورد که با روی هم قراردادن نمودارهای سطح پاسخ برای کلیهٔ پاسخ‌ها در محدودهٔ مورد نظر و رسم نمودار کانتور[2] به‌دست می‌آید. به‌عنوان نمونه شکل (۷) دامنهٔ بهینهٔ فرایند تولید را برای ۲ متغیر درصد کنجاک و درصد زانتان در شرایطی که مقدار کرهٔ مصرفی در نقطهٔ بهینه ۸/۵۳ درصد ثابت نگه‌داشته شده است نشان می‌دهد.



شکل ۷ - نمودار کانتور برای دو متغیر صمغ کنجاک و صمغ زانتان (میزان کره ۸/۵۳ درصد)

تاکنون هیچ‌گونه تحقیق جامعی درخصوص افزودن هیدروکلوئیدهای کنجاک و زانتان در فرمول پنیر پروسس پخش‌پذیر انجام نگرفته است، ضمن اینکه باوجود تحقیق‌های صورت‌گرفته روی انواعی از پنیر پروسس، این محصول در ایران تولید چندانی ندارد. خوشبختانه دراین‌طرح با کنترل و بهینه‌سازی ترکیبات مورد استفاده، امکان استفاده از ۲ هیدروکلوئید یادشده در فرایند تولید پنیر پروسس پخش‌پذیر با فرمولاسیون مناسب فراهم گردید.

شایان ذکر است این طرح در ۲ بخش مجزا انجام پذیرفته شد که بخش اول بررسی اثر متغیرها روی ویژگی‌های حسی و شیمیایی به‌صورت مقالهٔ حاضر و نیز ویژگی‌های فیزیکی محصول (در طرحی مجزا)، ارائه شد و در بخش دوم اثر دورهٔ نگهداری روی ویژگی‌های بافتی و حسی و شیمیایی محصول مورد ارزیابی قرار گرفت (محروقی و همکاران، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد با کنترل شرایط تولید و فرمولاسیون پنیر پروسس پخش‌پذیر و نیز تشخیص نقاط بهینهٔ تولید می‌توان به محصولی دست یافت که از ویژگی‌های حسی و شیمیایی مطلوبی برخوردار بوده و مطابق استاندارد پنیر پروسس پخش‌پذیر باشد. مقادیر ۰/۰۶۶ درصد از کنجاک، ۰/۰۲۴ درصد از زانتان و ۸/۵۳ درصد از کرهٔ پاستوریزهٔ حیوانی به‌عنوان نقاط بهینهٔ متغیرها در فرایند تولید پنیر پروسس پخش‌پذیر شناخته شدند. به‌طوری‌که محصول نهایی دارای امتیاز سفتی ۲/۸۸، امتیاز طعم ۳/۹۹، امتیاز رنگ ۴/۱۱، امتیاز پخش‌پذیری ۴/۸۸، امتیاز پذیرش کلی ۴/۰۳ و pH برابر ۵/۵۱ و عدد مطلوبیت ۹۳/۰۶ درصد بود.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از تمامی کسانی که در انجام این طرح همکاری نموده‌اند به‌ویژه مدیریت و پرسنل محترم شرکت فرآورده‌های لبنی پالود پارسیان نیشابور و شرکت بهین آزما (Gelimax) شیراز صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

[1] Optimization
[2] Contour plot

منابع

۱- سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۱. پنیر پروسس و پنیر پروسس پخش‌پذیر، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد شماره ۴۶۵۹، تجدید نظر دوم.

۲- فرحناکی، ع.، مجذوبی، م. و مصباحی، غ. ۱۳۸۸. خصوصیات و کاربردهای هیدروکلوئیدها در مواد غذایی و دارویی. نشر علوم کشاورزی، صفحات ۲۰-۱۸.

۳- فرحناکی، ع.، صفری، ز.، احمدی گورجی، ف. و مصباحی، غ. ۱۳۹۰. کاربرد ژلاتین به‌عنوان هیدروکلوئید جایگزین چربی در تولید خامهٔ کم‌چرب. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. ۳(۳۱): ۵۲-۴۵.

۴- فرهنودی، ف. ۱۳۷۷. صنعت شیر. جلد دوم، انتشارات شرکت جهاد و تحقیقات و آموزش تهران، صفحات ۱۵۱-۱۵۰.

۵- قدس‌روحانی، م.، مرتضوی، ع. مظاهری تهرانی، م. و رضوی، م.ع. ۱۳۸۸. بررسی اثر شرایط فرایند بر ویژگی‌های شیمیایی و حسی پنیر فتای فراپالایش‌شده تولیدی از مخلوط شیرگاو و شیرسویا. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران. ۶(۱): ۸۷-۹۸ .

۶- قنبری‌شندی، الف.، خسروشاهی اصل، الف.، مرتضوی، ع. و توکلی‌پور، ح. ۱۳۹۰. اثر صمغ زانتان بر ویژگی‌های بافتی رئولوژیک پنیر سفید ایرانی کم‌چرب. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۳۳(۱):۳۵-۴۵.

۷- گیوه‌چی، الف. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر سطوح مختلف کنسانترهٔ پروتیینی آب پنیر، صمغ‌های گوار و کاراگینان بر ویژگی‌های حسی پنیر پروسس کم‌چرب. سومین همایش امنیت غذا، ۷ اسفند ماه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه.

۸- محروقی، م.، قدس‌روحانی، م. و رشیدی، ح. ۱۳۹۵. بررسی اثر دورهٔ نگهداری بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی پنیر پروسس پخش‌پذیر تولیدشده با استفاده از هیدروکلوئیدهای کنجاک و زانتان. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران (در دست چاپ).

۹- محروقی، م.، قدس‌روحانی، م. و رشیدی، ح. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر افزودن هیدروکلوئیدهای کنجاک و زانتان بر ویژگی‌های بافتی پنیر پروسس پخش‌پذیر. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران ۶۸(۱۴):۳۰۶-۲۹۳.

10- Akesowan, A. 2008. Effect of Combined Stabilizers Containing Konjac Flour and κ-Carrageenan on Ice Cream. AU Journal Assumption University of Thailand, 12(2): 81-85.

11- Al-Ghazzewi F H, Khanna S, Tester R F, Piggott J. 2007. The potential use of hydrolysed konjac glucomannan as a prebiotic. Journal of the Science of Food and Agriculture, 87:1758-1766.

12- Bunka, F., Cernıkova, M., Pospiech, M., Tremlova, B., Hladka, K., Pavlınek, V., & Brezina, P. 2010. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. International Dairy Journal, 20(5): 336-343.

13- Cernıkova, M., Bunka, F., Pavlınek, V., Brezina, P., Hrabe, J., & Valasek, P. 2008. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. Food Hydrocolloids, 22:1054-1061.

14- Dimitreli, G., & Thomareis, A.S. 2007. Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity. Journal of Food Engineering, 79(4):1364-1373.

15- Food and Drug Administration, 2006. 21 CFR, Part 133.169 to 133.180. Food and Drug Administration. Washington, D.C.: Dept. of Health and Human Services.

16- Guinee, T.P, Caric, M., & Kalab, M. 2004. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. In: Fox PF, editor. Cheese: chemistry, physics and microbiology. Volume 2: major cheese groups. 3rd ed. London, U.K.: Elsevier Applied Science; P.349-394.

17- Hosseini-Parvar, S.H., Matia-Merino, L., & Golding, M. 2015. Effect of basil seed gum (BSG) on textural, rheological and microstructure properties of model processed cheese. Food Hydrocolloids, 43:557-567.

18- Imeson, A. 2010. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents, first published, Wiley-Blackwell Publishing Ltd; P. 210-211.

19- Kapoor, R., & Metzger, L.E. 2008. Precess Cheese: Scientific and Technological Aspects-A Review. Compresenhive Reviews in Food Science and Food Safety, 7(2):194-214.

20- Karimi, N., Ganbarzadeh, B., & Yahyavi, G. 2014. Konjac mannan: properties and applications 1st International Conference on Natural Food Hydrocolloids, Mashhad, Iran, 22-23 October.

21- Koca, N., & Metin, M. 2004. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh Kashar cheese produced by using fat replacers. International Dairy Journal, 14(4):365-373.

22- Lee, S. K., Anema, S., & Klostermeyer, H. 2004. The influence of moisture content on the rhological properties of processed cheese spreads. International Journal of Food Science and Technology, 39(7):763-771.

23- Macků, I., Buňka, F., Voldánová, B., & Pavlínek, V. 2008. Effect of addition of selected solid cosolutes on viscoelastic properties of model processed cheese containing pectin. Food Hydrocolloids, 23(8):2078-2084.

24- Mihaela, T.I.Ț.A., Otto, K.E.T.N.E.Y., Ovidiu, T.I.T.A., & Muhammad, R. 2013. The influence of the degree of cheese maturation used as raw materials in the manufacture of processed traditional cheese on emulsifying salts consumption. Romanian Biotechnological Letters, 18:8521-8527.

25- Olson, N.F., & Johnson, M.E. 1990a. Low-fat cheese technology. Food Engineering International, 22:31-37.

26- Sipahioglu, O., Alvarez, V. B., & Solano Lopez, C., 1999. Structure, physicochemical and sensory properties of Feta cheese made with Tapioca starch and lecithin as fat mimetic. International -Dairy Journal, 9(11):783-789.

27- Stampanoni, C.R., & Noble, A.C. 1991. The influence of fat, acid and salt on the temporal perception of firmness, saltiness and sourness of cheese analogues. Journal of Texture Studies, 22(4):381-392.

28- Swenson, B.J., Wendorff, W.L., & Lindsay, R.C. 2000. Effects of ingredients on the functionality of fat-free process cheese spreads. Journal of Food Science, 65(5):822–5.

29- Takigami, S., Takiguchi, T., & Phillips, G.O. 1997. Microscopical studies of the tissue structure of konjac tubers. Food Hydrocolloids, 11(4):479-484.

30- Trivedi, D., Bennett, R.J., Hemar, Y., Reid, D.C.W., SiewKim, L., & Illingworth, D. 2008. Effect of different starch on rheological and microstructural properties of (I) model processed cheese. Intrnational Journal of Food Science&Technology, 43(12):2191-2196.

31- Zehren, V.L., & Nusbaum, D.D. 2000. Processed cheese. 2nd ed. Madison, Wis.: Cheese Reporter Publishing Co. Inc.

32- Zhang, L., Xue, Y., Xu, J., Li, Z., & Xue, C. 2015. Effects of deacetylation of konjac glucomannan on Alaska Pollock surimi gels subjected to high-temperature (120°C) treatment. Food Hydrocolloids, 43:125-131.

The Optimization of Spreadable Process Cheese Formulation using Konjac and Xantan gums

Mostafa Mahrooghi[1], Mohsen Ghods Rohani[2*], Hassan Rashidi[3]

1- MSc of Novel Dairy Products Manufacture, Institute of Technical and Vocational Higher Education, Jahad-e- Agriculture, Khorasan-e-Razavi Center, AREEO, Mashhad, Iran
2,3- Food Industries Department, Khorasan-e-Razavi Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
* Corresponding author (Qhods@yahoo.com)

Abstract

In this research, the effects of three variables, Konjac Glucomannan gum (KGM) (0-0.4% w/w), Xanthan gum (XG) (0-0.4% w/w) and Butter (3-9% w/w) on firmness, flavor, spread ability, color, total acceptance and pH of spreadable processed cheese were investigated. The central composite experimental design (CCD) was used and the data were analyzed using response surface methodology (RSM). Coefficients of determination (R^2) of fitted regression models for firmness, flavour, spreadability, colour, total acceptance and pH were 0.834, 0.852, 0.959, 0.886, 0.813 and 0.871, respectively. The Results of analysis of variance (ANOVA) table showed that the lack of fit was not significant for all response surface models at 95%. Therefore, the models for all response variables were highly adequate. The results showed that the effects of adding hydrocolloids and butter content were significant for sensory and chemical specifications. The optimum processing conditions for producing spreadable processed cheese with the best overall values for response variables were 0.066% (w/w) KGM, 0.024% (w/w) Xanthan gum and 8.53% (w/w) butter. The response values for such product were: firmness: 2.88, flavour: 3.99, spreadability: 4.88, colour: 4.11, total acceptance: 4.03 and pH: 5.51 and the desirability value was 93.06%.

Keywords: Konjac Glucomannan Gum, Optimization, Sensory Evaluation, Spreadable Processed Cheese, Xanthan Gum