

بررسی اثر شرایط فرآیند بر ویژگی‌های بافتی پنیر فتای فراپالایش شده تولیدی از مخلوط شیر گاو و شیر سویا

محسن قدس روحانی^{۱*}، سید علی مرتضوی^۲، مصطفی مظاهری تهرانی^۳، سید محمد
علی رضوی^۳

۱- عضو هیأت علمی (استاد یار) گروه صنایع غذایی موسسه آموزش عالی علمی کاربردی وزارت جهاد کشاورزی

۲- عضو هیأت علمی (استاد) گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیأت علمی (دانشیار) گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۱۶)

چکیده

در این تحقیق اثر سه متغیر مقدار شیر سویا (۰ تا ۲۵٪)، مقدار کلرورکسیم (۰/۳ تا ۱٪) و دمای انعقاد (۳۰ تا ۴۰°C) بر خصوصیات بافتی پنیر فتای فراپالایش شده تولید شده از مخلوط شیر گاو و شیر سویا بررسی شد. آزمایشات در دو گروه تجزیه نیم رخ بافت (TPA) و آزمون نفوذ انجام گرفت. در آزمون TPA صفات سختی، پیوستگی، حالت فنری، حالت صمغی، حالت آدامسی و کارسختی و در آزمون نفوذ صفات سختی، چسبندگی، نیروی چسبندگی و کارسختی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD) بررسی و به روش سطح پاسخ (RSM) مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل شد. ضریب تبیین برای مدل‌های رگرسیون برازش شده کلیه صفات بالاتر از ۰/۸۵ بود، ضمن این که فاکتور عدم برازش نیز برای مدل تمامی صفات در سطح ۰/۹۵ معنی‌دار نبود. بنابراین صحت مدل برای برازش اطلاعات تأیید گردید. همچنین شباهت زیادی که بین نتایج به دست آمده از آزمون TPA و تست نفوذ برای صفات مشابه وجود داشت این فرضیه را ایجاد نمود که در مواقع لازم می‌توان این دو آزمون را جایگزین یکدیگر نمود.

کلیدواژگان: شیر سویا، ناتراوه (رتتیت)، سطح پاسخ، تجزیه نیم رخ بافت، آزمون نفوذ.

۱- مقدمه

اگرچه شیروفرآورده‌های آن منبع غنی پروتئین، کالری، املاح و بعضی از ویتامین‌های مورد نیاز بدن می‌باشند ولی افزایش روز افزون تقاضا برای شیر باعث کمبود و افزایش قیمت آن شده است. از طرف دیگر، شیرسویا به عنوان یک نوشیدنی مغذی-اقتصادی توجه خاصی را برای غلبه بر مشکل کمبود شیر در کشورهای در حال توسعه به خود اختصاص داده است، به گونه ای که علاوه بر استفاده مستقل، به عنوان مکمل شیر گاو در تولید فرآورده‌های لبنی نیز از آن استفاده می‌شود. شیرسویا دارای مقدار قابل توجهی پروتئین و چربی غیراشباع بوده و به علاوه به علت نداشتن کلسترول و لاکتوز از ارزش تغذیه‌ای خاصی برخوردار می‌باشد. ضمن اینکه کیفیت پروتئین‌های سویا نیز در بین پروتئین‌های گیاهی منحصر به فرد می‌باشد. بنابراین جایگزینی بخشی از شیر گاو با شیر سویا در فرآیند تولید پنیر هم از نظر اقتصادی و هم تغذیه‌ای مناسب به نظر می‌رسد [۱،۲]. اما باید توجه داشت که استفاده از شیر سویا در جایگزینی شیرگاو از نظر تکنولوژیکی با محدودیت‌هایی مواجه می‌باشد.

متوالی و همکاران (۱۹۸۲) امکان استفاده از شیر سویا را برای تولید پنیر دومیاتی ۱ بررسی نمودند. نتایج نشان داد که با افزودن شیر سویا، زمان انعقاد افزایش می‌یابد. علت این امر ظاهراً اثر بازدارندگی مواد جامد سویا است و یا این که چون اکثر پروتئین‌های سویا از نوع گلوبولین‌ها بوده و دارای گروه سولفیدریل آزاد هستند باکازئین اثر متقابل داشته و انعقاد را به تأخیر می‌اندازند. مشابه این اثر در خصوص اثر متقابل پروتئین‌های سرمی دناتوره شده و کازئین در فرایند تولید پنیر از شیر حرارت دیده نیز، مشاهده می‌گردد. علاوه بر زمان انعقاد، سختی دلمه نیز تحت تأثیر افزودن شیر سویا قرار می‌گیرد. با افزایش میزان شیر سویا سختی دلمه به طور مشخصی کاهش می‌یابد. در مقدار ثابت شیر سویا افزودن کلرور کلسیم باعث کاهش زمان انعقاد می‌شود [۱].

دلوال و همکاران (۱۹۸۴) امکان تولید پنیر مخلوط را بررسی نمودند. به عنوان ماده اولیه از مخلوط شیر گاو و شیر سویا استفاده شد و به عنوان کوآگولانت نیز از رنت برای انعقاد پروتئین‌های شیر و سولفات منیزیوم یا سولفات کلسیم برای انعقاد پروتئین‌های شیر سویا

استفاده گردید. صفات مورد اندازه گیری راندمان و سفتی دلمه بودند [۲].

میناکشی و همکاران (۱۹۹۴) امکان مکمل سازی شیرگاو را با شیر سویا در تولید پنیر چدار بررسی نمودند. شیر سویا در نسبت‌های صفر تا ۲۵ درصد به شیر اضافه شد. از رنت (میکروبی و گاوی) به همراه استارتر (استرپتوکوکوس لاکتیس) در دمای 30°C برای انعقاد استفاده شد. نتایج نشان داد که افزودن شیر سویا به شیر گاو باعث افزایش زمان انعقاد می‌شود [۳].

در یک تحقیق دیگر که توسط سینگ و همکاران (۱۹۹۶) صورت گرفت، تأثیر دوره رسیدن بر خصوصیات بافتی محصول بررسی شد. نوع محصول پنیر چدار مخلوط بود و ویژگی‌های بافتی در طی مدت ۸ ماه با استفاده از آزمون تجزیه نیم رخ بافت (TPA) مورد بررسی قرار گرفت [۴].

اکازاکی و همکاران (۲۰۰۲) در فرایند تولید پنیر، به شیر ایزوله پروتئینی سویا و 7S گلوبولین افزودند و خصوصیات بافتی پنیر را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نمونه دارای 7S گلوبولین نرم تر از نمونه دارای ایزوله سویا و این دو نرم تر از نمونه شاهد بودند [۵].

گاتمولر و همکاران (۲۰۰۲) دستورالعمل‌هایی را برای استفاده از ایزوله پروتئینی سویا در تولید پنیر تازه اسیدی ارائه نمودند. آن‌ها درصدهای مختلف ایزوله سویا را به شیر اضافه نمودند. نمونه‌ها همگی دارای بافت مناسب بودند ولی نمونه‌های حاوی ۳ درصد ایزوله تا حدی طعم سوییایی داشتند [۶].

بردوز و همکاران (۲۰۰۲) روشی را برای استفاده از ایزوله پروتئینی سویا در تولید پنیر آنزیمی نارس ارائه نمودند. محققان از آنزیم ترانس گلوتامیناز جهت بهبود بافت محصول استفاده نمودند. این آنزیم بین پروتئین‌های شیر و ایزوله سویا پیوند عرضی ایجاد می‌کند. همچنین از کلرورکلسیم جهت سخت تر شدن بافت استفاده شد. افزودن ایزوله و همچنین استفاده از آنزیم، راندمان وزنی پنیر را افزایش می‌دهد [۷].

سینگهان و همکاران (۲۰۰۲) روشی را برای استفاده از پروتئین سویای هیدرولیز شده در تولید پنیر ارائه دادند. به عقیده ایشان در صورتی که پروتئین هیدرولیز نشود مزاحم انعقاد شده و مانع تشکیل پنیر می‌شود ولی پروتئین هیدرولیز شده مشکل خاصی برای انعقاد ایجاد نمی‌کند، ضمن اینکه با کازئین ترکیب شده و وارد دلمه

زیرگونه کرموریس ویلاکتیس) از شرکت دی.اس.ام استرالیا خریداری شدند.

۲-۲- روش تولید پنیر

پنیر مشابه فرایند متداول در کارخانه فرآورده‌های لبنی پگاه مشهد، در مقیاس آزمایشگاهی و در آزمایشگاه این کارخانه تولید گردید. برای هر نوبت تولید از چهار کیلوگرم رتتیت (و یا چهارکیلوگرم مخلوط رتتیت و شیرسویا به مقدار مورد نیاز) استفاده شد. ابتدا مقادیر مورد نیاز از رتتیت پاستوریزه و شیرسویای پاستوریزه برداشته شده و پس از رساندن دمای مخلوط به دمای مورد نیاز، مقدار مورد نیاز از کلرورکلسیم به آن افزوده شد. سپس استارتر و رنت (۳ در صد) به مخلوط اضافه شده و در ظروف صدگرمی آغشته به آنتی فوم پر شده و در انکوباتور در دمای مورد نیاز نگهداری شد تا دلمه تشکیل گردد. لازم به ذکر است که مقادیر مورد نیاز از شیر سویا، رتتیت و کلرورکلسیم و همچنین دمای مورد نیاز برای مایه زنی و انعقاد بر مبنای تیمار مورد آزمایش تعیین گردید (جدول ۲ و ۳). پس از تکمیل انعقاد، به مقدار ۳ گرم به هر ظرف نمک اضافه شده و پس از درب بندی، به مدت زمان ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری (۲۵ تا ۲۷°C) و سپس تا ۷۲ ساعت در سردخانه (۷°C) نگهداری گردید. کلیه آزمایشات پس از ۷۲ ساعت بر روی نمونه‌های پنیر انجام شد.

۲-۳- روش ارزیابی ویژگی های بافتی

ویژگی های بافتی به صورت آزمون تجزیه نیم رخ بافت (TPA)^۱ و آزمون نفوذ^۲ انجام گرفت. برای آزمون TPA از دستگاه سنجش بافت^۳ (QTS25, CNS) FARNEL, UK و پروب استوانه‌ای با قطر ۳۶ میلی متر استفاده شد. نمونه های پنیر بلافاصله قبل از آزمایش از یخچال خارج شده و پس از برش به ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ میلی متر، تا ۵۰٪ ارتفاع اولیه (عمق ۱۰ میلی متر) توسط دستگاه فشرده شدند [۱۱، ۱۰]. سرعت حرکت پیشانی ۶۰ میلی متر در دقیقه بود. هر تست حداقل در سه تکرار انجام گردید. جهت ممانعت از اصطکاک و چسبیدن پنیر به دستگاه، سطح پروب و صفحه ثابت دستگاه قبل از آزمایش با روغن مایع، روغن کاری گردید. سپس اطلاعاتی نظیر سختی^۴، پیوستگی^۵، حالت فنی^۶، حالت

می شود ولی پروتئین هیدرولیز نشده اکثراً وارد آب پنیر می شود [۸].

همان طور که ملاحظه گردید تحقیقات کمی در خصوص استفاده از پروتئین سویا در تولید پنیر صورت گرفته است. تحقیقات انجام شده نیز اکثراً مربوط به پنیرهایی می باشد که از نظر مراحل تولید و به ویژه مرحله انعقاد تفاوت اساسی با پنیرهای متداول در ایران دارند و با توجه به حساسیت خاص پنیر از نظر تکنولوژیکی، نمی توان نتایج حاصل از یک پنیر را به پنیر دیگر تعمیم داد. ضمن این که نوع پروتئین مورد استفاده نیز عموماً به صورت ایزوله و یا آرد بوده است که تأثیرات آن بر انعقاد پنیر با تأثیر شیر سویا بر انعقاد کاملاً متفاوت می باشد.

با توجه به نکاتی که گفته شد و همچنین نیاز صنعت، طرح جامعی برای بررسی امکان استفاده از شیر سویا در تولید پنیر فتای فرپالایش شده که عمده پنیر تولیدی در ایران می باشد، صورت گرفت. در مراحل مختلف این طرح، اثر شرایط فرآیند (درصد شیر سویا، درصد کلرورکلسیم، دمای انعقاد) بر ویژگی های شیمیایی و حسی پنیر مخلوط [۹] و همچنین اثر دوره نگهداری بر ویژگی های بافتی، شیمیایی و حسی پنیر فتای فرپالایش شده تولیدی از مخلوط شیر گاو و شیر سویا بررسی گردید [۱۰]. دربخش دیگری از این طرح که نتایج آن در این مقاله آمده است اثر شرایط فرایند بر ویژگی های بافتی محصول مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

شیرسویای پاستوریزه از شرکت صنایع پروتئینی توس سویا (مشهد-ایران) تهیه گردید. این شیر به طور متوسط حاوی ۱۲/۳۲٪ مواد جامد کل، ۵/۳۳٪ پروتئین و ۳٪ چربی بود. رتتیت پاستوریزه (شیر تغلیظ شده به دست آمده از روش فرپالایش) از کارخانه فرآورده های لبنی پگاه مشهد (مشهد-ایران) تهیه گردید که به طور متوسط حاوی ۳۴/۷۳٪ مواد جامد کل، ۱۴/۵٪ پروتئین و ۱۵/۹۲٪ چربی بود. کلرورکلسیم درجه خوراکی از شرکت کمیرا سوند، رنت نوع Fromase 2200 TL Granulate از شرکت دی.اس.ام استرالیا، استار ترنوع Delvo MT54Y DSL (حاوی باکتری های استریپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوکوکوس لاکتیس

1. Texture Profile Analysis
2. Penetration test
3. Texture Analyzer
4. Hardness
5. Cohesiveness
6. Springiness

جدول ۱ متغیرهای مستقل در فرآیند تولید پنیر از مخلوط شیر گاو و شیر سویا و سطوح آنها

متغیر	نماد	سطوح کدبندی شده متغیر		
		-۱	۰	+۱
نسبت شیر سویا (درصد)	X_1	۰	۱۲/۵	۲۵
مقدار کلرورکلسیم (درصد)	X_2	۰/۳	۰/۶۵	۱
دمای انعقاد (°C)	X_3	۳۰	۳۵	۴۰

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مدل سازی

ضرایب مدل رگرسیون و نتایج آنالیز واریانس برای هر یک از متغیرهای تابع استخراج گردید. برای بررسی صحت مدل از ضریب تبیین^۸ (R^2) و تست عدم برازش^۹ استفاده گردید. ضریب تبیین عبارت است از نسبت مجموع مربعات تشریح شده به مجموع مربعات کل و مقدار عددی آن بین صفر و یک تغییر می‌کند. R^2 مساوی یک یعنی مدل همه داده‌های آزمایشی را برآورد می‌کند و R^2 مساوی صفر یعنی این که برآورد مدل کاملاً اشتباه است. برای آن که یک مدل توانایی خوبی برای برازش اطلاعات داشته باشد لازم است که R^2 بالای ۰/۸ باشد [۱۳]. در این تحقیق مقادیر ضریب تبیین برای کلیه صفات بالاتر از ۰/۸۵ بود. از طرف دیگر معنی‌دار بودن عدم برازش برای یک مدل بیانگر این است که نقاط به خوبی اطراف مدل قرار نگرفته و در نتیجه نمی‌توان از مدل برای پیش‌گویی مقادیر متغیرهای تابع استفاده نمود [۱۳].

نتایج نشان داد که عدم برازش برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد. بنابراین بالابودن ضریب تبیین و معنی‌دار نبودن عدم برازش برای تمامی پاسخ‌ها صحت مدل را برای برازش اطلاعات تأیید می‌کند.

برای مشاهده بهتر اثر متغیرهای مستقل بر صفات مورد آزمایش، نمودارهای سطح پاسخ^{۱۰} برای هر صفت رسم گردید. در هر نمودار اثر دو متغیر در حالتی که متغیر سوم در نقطه مرکزی ($X_i=0$) قرار دارد بررسی گردیده است (شکل‌های ۱ تا ۱۰).

صمغی^۱، حالت آدامسی^۲ و کارسختی^۳ استخراج و مورد ارزیابی قرار گرفتند [۱۲، ۱۱].

برای آزمون نفوذ نیز از دستگاه مذکور و پرورب استوانه‌ای با قطر ۳ میلی‌متر (میلۀ فلزی) استفاده شد. نمونه‌های پنیر دارای ارتفاع ۲۰ میلی‌متر بوده و نیروی لازم برای نفوذ میلۀ فلزی تا عمق ۱۰ میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. سرعت نفوذ ۳۰ میلی‌متر در دقیقه بود. هر تست در پنج تکرار انجام گردید. صفات مورد اندازه‌گیری بر اساس این آزمون عبارت بودند از سختی، چسبندگی^۴، نیروی چسبندگی^۵ و کارسختی^۶ [۱۲، ۱۱].

۲-۴- طرح آزمایش و آنالیز آماری

تیمارهای تولید به روش کاملاً تصادفی در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD) با شش تکرار در نقطه مرکزی برای سه متغیر و در سه سطح انجام شدند. تعداد کل تیمارها ۲۰ تیمار بود (جدول ۲ و ۳). نتایج پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری : Design - Expert (version 6.0.4) به روش سطح پاسخ (R.S.M)^۷ آنالیز شد و هر یک از متغیرهای پاسخ در قالب مدل رگرسیون چند جمله‌ای زیر به صورت 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, X_3 و سطوح کدبندی شده متغیرهای مستقل (جدول ۱)، k مقدار ثابت (مقدار پاسخ در حالتی که متغیرهای مستقل در نقطه مرکزی یعنی صفر قرار دارند)، C, B, A اثرات خطی، B_2, A_2 و C_2 اثرات درجه دوم و سایر ضرایب اثرات متقابل می‌باشند. با استفاده از جدول آنالیز واریانس (ANOVA) معنی‌دار بودن اثرات خطی، درجه دوم و متقابل ضرایب مدل رگرسیون برای هر پاسخ در سطوح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ بررسی گردید.

1. Gumminess^۱
2. chewiness
3. Hardness 1 work done
4. Adhesiveness
5. Adhesive force
6. Central Composite Design
7. Response Surface Methodology

8. Coefficient of determination
9. Lack of fit test
10. Response surface

جدول ۲ سطوح متغیرهای مستقل و مقادیر متغیرهای پاسخ (تست TPA)

مقادیر متغیرهای پاسخ						سطوح متغیرهای مستقل			تیمار
کارسختی (g.s)	حالت آدامسی (g.mm)	حالت صمغی (g)	حالت فبری (mm)	پیوستگی	سختی (g)	دما (°C)	کلرور کلسیم (%)	شیر سویا (%)	
۳۵۵۳	۱۰۶۳	۱۸۲	۵/۸۷	۰/۳۳	۵۵۱	۴۰	۱	۲۵	۱
۵۴۷۱	۹۰۹	۱۶۴	۵/۴۴	۰/۲۷	۶۰۹	۳۰	۱	۲۵	۲
۲۸۲۵	۴۴۲	۹۸	۴/۴۷	۰/۲۵	۳۹۱	۴۰	۰/۳	۲۵	۳
۳۸۲۰	۶۸۱	۱۲۶	۵/۳۹	۰/۲۴	۵۱۷	۳۰	۰/۳	۲۵	۴
۷۸۵۲	۴۰۰۸	۵۹۹	۶/۸۴	۰/۴۱	۱۴۶۵	۴۰	۱	۰	۵
۸۸۰۳	۵۰۸۷	۷۴۰	۶/۹۱	۰/۴۳	۱۷۲۳	۳۰	۱	۰	۶
۸۱۹۴	۱۴۷۶	۲۴۵	۵/۹۴	۰/۲۱	۱۱۶۳	۴۰	۰/۳	۰	۷
۶۳۲۹	۹۵۴	۱۸۶	۵/۲	۰/۲۱	۹۱۲	۳۰	۰/۳	۰	۸
۳۵۳۲	۸۳۸	۱۶۱	۵/۱۴	۰/۳۱۳	۵۳۸	۳۵	۰/۶۵	۲۵	۹
۸۶۶۴	۱۹۹۰	۲۸۷	۶/۸۹	۰/۲۱	۱۳۴۵	۳۵	۰/۶۵	۰	۱۰
۶۲۰۵	۱۹۴۵	۳۱۱	۶/۲۹	۰/۳	۱۰۵۱	۳۵	۱	۱۲/۵	۱۱
۴۸۱۶	۱۲۴۴	۱۹۰	۶/۴۹	۰/۳	۶۸۰	۳۵	۰/۳	۱۲/۵	۱۲
۵۹۵۲	۹۶۳	۱۷۹	۵/۴	۰/۲۱	۸۵۶	۴۰	۰/۶۵	۱۲/۵	۱۳
۵۵۰۳	۱۲۸۵	۲۱۰	۶/۱۳	۰/۲۵	۸۲۸	۳۰	۰/۶۵	۱۲/۵	۱۴
-	۱۱۲۴	۱۹۴/۵	-	۰/۲۳	-	۳۵	۰/۶۵	۱۲/۵	۱۵
۵۷۷۵	۱۶۵۷	۲۷۳	۶/۰۸	۰/۳۱	۸۸۹	۳۵	۰/۶۵	۱۲/۵	۱۶
۵۰۱۶	۱۶۸۳	۲۶۶	۶/۳۳	۰/۳۱	۸۶۷	۳۵	۰/۶۵	۱۲/۵	۱۷
۶۵۳۴	۱۶۳۰	۲۸۰	۵/۸۳	۰/۳۱	۹۱۲	۳۵	۰/۶۵	۱۲/۵	۱۸
-	۱۱۲۴	۱۹۴/۵	-	۰/۲۳	-	۳۵	۰/۶۵	۱۲/۵	۱۹
-	۱۱۲۴	۱۹۴/۵	-	۰/۲۳	-	۳۵	۰/۶۵	۱۲/۵	۲۰

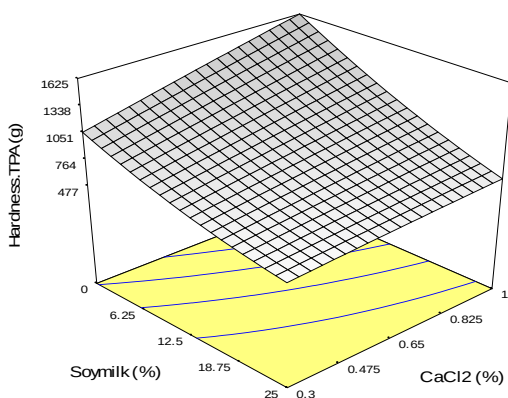
صفر درصد شیر سویا و ۱٪ کلرور کلسیم مشاهده می-شود. نکته قابل توجه در این قسمت شباهت زیادی است که بین نتایج سختی و کل مواد جامد وجود دارد [۹]. در واقع با افزایش نسبت شیر سویا درصد کل مواد جامد و به دنبال آن سختی کاهش می یابد.

۲-۳- آزمون تجزیه نیم رخ بافت (TPA)

جدول (۲) سطوح متغیرهای مستقل و مقادیر متغیرهای پاسخ (ویژگی های اندازه گیری شده) را در آزمون TPA نشان می دهد.

۳-۲-۱- سختی

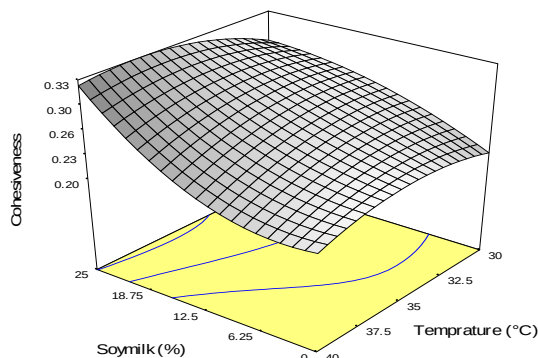
شکل (۱) تأثیر شیر سویا و کلرور کلسیم را بر سختی در شرایطی که دما در نقطه مرکزی (۳۵°C) ثابت نگه داشته شده نشان می دهد. شکل (۱) بیانگر این است که در تمامی مقادیر کلرور کلسیم با افزایش شیر سویا مقدار سختی به طور مشخصی کاهش می یابد. همچنین در مقادیر زیاد شیر سویا (۲۵٪) افزایش مقدار کلرور کلسیم تأثیر خاصی بر سختی ندارد ولی در مقادیر کم شیر سویا (۰٪) با افزایش کلرور کلسیم، سختی افزایش می یابد به طوریکه بیشترین مقدار سختی در این شکل در نقطه



شکل ۱ نمودار سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر سختی در آزمون (TPA)

۳-۲-۲- پیوستگی

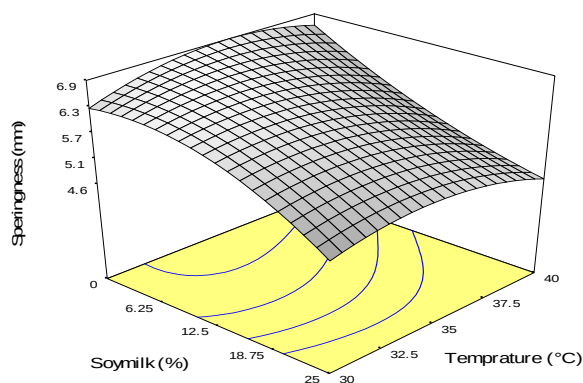
شکل (۲) تأثیر شیر سویا و دما را بر پیوستگی در شرایط که کلرورکلسیم در نقطه مرکزی (۰/۰۶۵) ثابت نگه داشته شده است، نشان می‌دهد. همان طور که در شکل مشاهده می‌شود در هر دوی مقادیر کم (30°C) و بالای دما (40°C) با افزایش شیر سویا، پیوستگی نیز افزایش می‌یابد که این افزایش در مقادیر بالای دما مشهودتر می‌باشد. همچنین شکل (۲) نشان می‌دهد که با افزایش دما تا حدود 35°C پیوستگی افزایش و سپس کاهش می‌یابد که این کاهش در مقادیر کم شیر سویا مشهودتر می‌باشد به طوری که بالاترین پیوستگی در این شکل به مقادیر ۲۵٪ شیر سویا و 35°C مربوط می‌شود.



شکل ۲ نمودار سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر پیوستگی در آزمون (TPA)

۳-۴-۳- حالت فنی

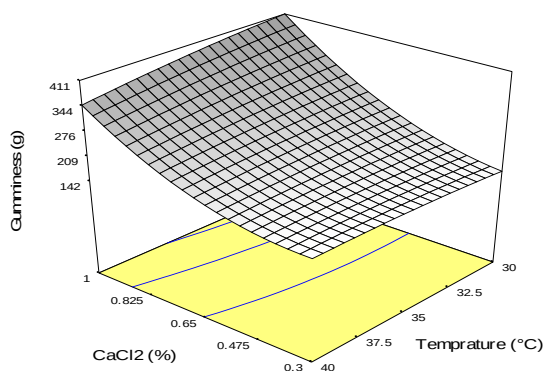
شکل (۳) تأثیر شیر سویا و دما را بر حالت فنی در شرایطی که کلرورکلسیم در نقطه مرکزی (۰/۰۶۵) ثابت نگه داشته شده است، نشان می‌دهد. همان طور که در شکل (۳) ملاحظه می‌شود، در تمامی مقادیر دما با افزایش شیر سویا، حالت فنی کاهش می‌یابد. همچنین به صورت یک روند عمومی با افزایش دما تا حدود 35°C حالت فنی افزایش و سپس کاهش می‌یابد به طوری که بیشترین مقدار حالت فنی در این شکل به صفر درصد شیر سویا و 35°C اختصاص می‌یابد.



شکل ۳ نمودار سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر حالت فنی در آزمون (TPA)

۳-۲-۴- حالت صمغی

شکل (۴) تأثیر کلرورکلسیم و دما را بر حالت صمغی در شرایطی که شیر سویا در نقطه مرکزی (۰/۱۲/۵) ثابت نگه داشته شده است، نشان می‌دهد. شکل (۴) بیانگر این است که در تمامی مقادیر دما، با افزایش مقدار کلرورکلسیم حالت صمغی نیز افزایش می‌یابد که این افزایش در مقادیر پائین دما (30°C) کمی مشهودتر است. همچنین در مقادیر پائین کلرورکلسیم (۰/۰۳) افزایش دما تأثیر خاصی بر حالت صمغی ندارد ولی در مقادیر بالای کلرورکلسیم (۰/۱) افزایش دما حالت صمغی را تا حدی کاهش می‌دهد به طوری که بیشترین مقدار حالت صمغی در این شکل به نقطه ۰/۱ کلرورکلسیم و 30°C تعلق دارد.



شکل ۴ نمودار سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر حالت صمغی در آزمون (TPA)

۳-۲-۵- حالت آدامسی

شکل (۵) تأثیر شیر سویا و دما را بر حالت آدامسی در شرایطی که کلرورکلسیم در نقطه مرکزی (۰/۰۶۵) ثابت نگه داشته شده است، نشان می‌دهد.

شکل (۶) بیانگر این است که در تمامی مقادیر کلروکلسیم با افزایش شیر سویا کارسختی به طور مشخصی کاهش می‌یابد. همچنین در هر دوی مقادیر زیاد شیر سویا (۲۵٪) و کم شیر سویا (۰٪) با افزایش کلروکلسیم، کار سختی تا حدی افزایش یابد به طوری که بیشترین کار سختی در این شکل به نقطه صفر درصد شیر سویا و ۱٪ کلروکلسیم تعلق دارد. نکته قابل توجه شباهت زیادی است که بین نتایج مربوط به این صفت و سختی وجود داشت.

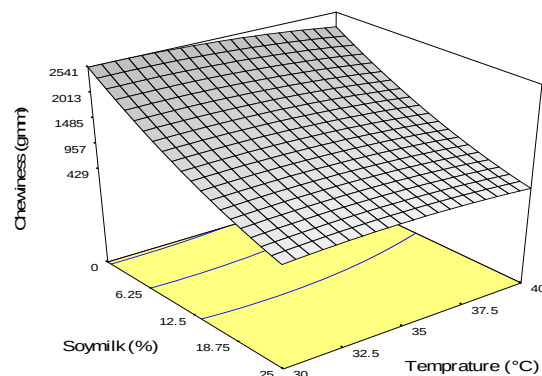
همان طور که ملاحظه گردید با افزایش نسبت شیر سویا در پنیر مخلوط تمام صفات بافتی به صورت معنی داری کاهش یافتند. علت این کاهش این است که افزایش شیر سویا همان طور که آزمون های شیمیایی نشان داد باعث افزایش رطوبت و کاهش درصد پروتئین می شود [۹].

افزایش رطوبت تمامی صفات بافتی مذکور را کاهش می دهد [۱۱، ۱۴]. علت این امر این است که رطوبت خاصیت پلاستیسیته ماتریکس پروتئین را زیاد و خاصیت الاستیسیته آن را کم می کند. در نتیجه شبکه پروتئینی برای پاره شدن در هنگام فشردگی مستعد تر می شود. ملکول های آب در بین شبکه سه بعدی پروتئین قرار گرفته و ساختمان شبکه را تضعیف می کنند. بنا بر این افزایش رطوبت، پیوستگی شبکه پروتئین را کاهش داده و محصول را نرم تر می سازد [۱۱].

از طرف دیگر کاهش پروتئین نیز صفات بافتی مذکور را کاهش می دهد [۱۱، ۱۴]. هر چقدر غلظت کازئین در ماتریکس پروتئین بیشتر می شود پیوند های داخلی و بینابینی بیشتر شده و باعث فشرده تر شدن شبکه پروتئینی و افزایش الاستیسیته ماتریکس می شود. پنیر در مقابل تغییر شکل مقاومت بیشتری از خود نشان می دهد [۱۱].

۳-۳- آزمون نفوذ

جدول (۳) سطوح متغیر های مستقل و مقادیر متغیر های پاسخ (ویژگی های اندازه گیری شده) را در آزمون نفوذ نشان می دهد.

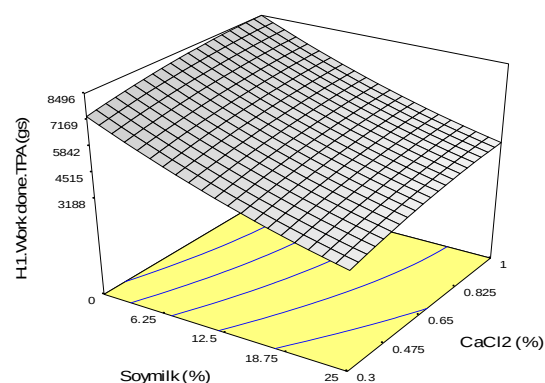


شکل ۵ نمودار سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر حالت آدامسی در آزمون (TPA)

شکل (۵) بیانگر این مطلب است که در تمامی مقادیر دمای انعقاد، با افزایش مقدار شیر سویا، حالت آدامسی به طور مشخصی کاهش می‌یابد. همچنین در مقادیر پائین شیر سویا (۰٪) با افزایش دما، حالت آدامسی کمی کاهش می‌یابد ولی در مقادیر بالای شیر سویا (۲۵٪) افزایش دما تأثیر خاصی در حالت آدامسی ندارد. نکته قابل توجه در این قسمت شباهت زیادی است که بین نتایج حالت آدامسی و حالت صمغی وجود دارد. این موضوع تأیید کننده تحقیقات قبلی می باشد [۱۲، ۱۱].

۳-۲-۶- کارسختی

شکل (۶) تأثیر شیر سویا و کلروکلسیم را بر کارسختی در شرایطی که دما در نقطه مرکزی (35°C) ثابت نگه داشته شده است، نشان می‌دهد.

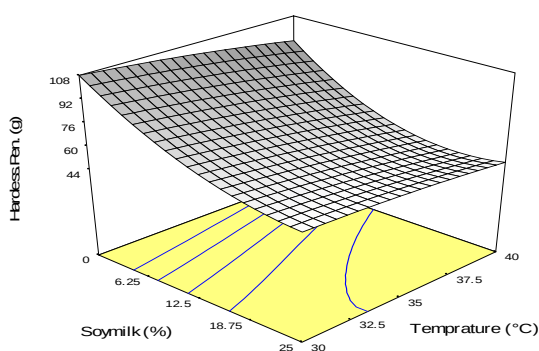


شکل ۶ نمودار سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر کارسختی در آزمون (TPA)

جدول ۳ سطوح متغیرهای مستقل و مقادیر متغیرهای پاسخ (تست نفوذ)

تیمار	سطوح متغیرهای مستقل					مقادیر متغیرهای پاسخ	
	شیر سویا (%)	کلرورکلسیم (%)	دما (°C)	سختی (g)	چسبندگی (g.s)	نیروی چسبندگی (g)	کار سختی (g.s)
۱	۲۵	۱	۴۰	۴۹/۲	-۲۶۴	-۲۶/۴	۵۶۸
۲	۲۵	۱	۳۰	۳۹/۲	-۱۸۷	-۲۰/۴	۳۹۱
۳	۲۵	۰/۳	۴۰	۴۴/۷	-۳۹	-۱۰/۳	۴۴۲
۴	۲۵	۰/۳	۳۰	۷۲/۶	-۲۷۸	-۳۱	۹۴۸
۵	۰	۱	۴۰	۹۱/۲	-۱۳۱	-۲۲/۲	۱۱۱۰
۶	۰	۱	۳۰	۱۰۱/۸	-۲۲۶	-۳۲/۶	۱۳۹۳
۷	۰	۰/۳	۴۰	۸۰/۴	-۳۱۲	-۳۴/۸	۱۱۵۰
۸	۰	۰/۳	۳۰	۱۰۵	-۲۷۴	-۳۰/۷	۱۳۰۲
۹	۲۵	۰/۶۵	۳۵	۵۲/۶	-۱۵۸	-۲۲	۵۴۶
۱۰	۰	۰/۶۵	۳۵	۱۰۰	-۴۴۴	-۳۹/۵	۱۳۹۳
۱۱	۱۲/۵	۱	۳۵	۶۹/۲	-۱۲۷	-۱۸/۵	۹۱۶
۱۲	۱۲/۵	۰/۳	۳۵	۴۹/۴	-۱۰۶	-۱۷/۸	۵۹۳
۱۳	۱۲/۵	۰/۶۵	۴۰	۵۰	-۱۱۰	-۱۷	۶۷۹
۱۴	۱۲/۵	۰/۶۵	۳۰	۷۰/۸	-۱۷۱	-۲۵/۴	۱۰۰۵
۱۵	۱۲/۵	۰/۶۵	۳۵	۶۰/۴	-	-	-
۱۶	۱۲/۵	۰/۶۵	۳۵	۶۰/۴	-	-	-
۱۷	۱۲/۵	۰/۶۵	۳۵	۶۰/۴	-	-	-
۱۸	۱۲/۵	۰/۶۵	۳۵	۶۶/۲	-۲۰۱	-۲۵/۲	۸۲۸
۱۹	۱۲/۵	۰/۶۵	۳۵	۶۶	-۱۳۸	-۲۰	۸۱۲
۲۰	۱۲/۵	۰/۶۵	۳۵	۶۶	-۲۳۲	-۲۸	۷۷۸

۳-۳-۱- سختی



شکل ۷ نمودار سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر سختی در آزمون نفوذ

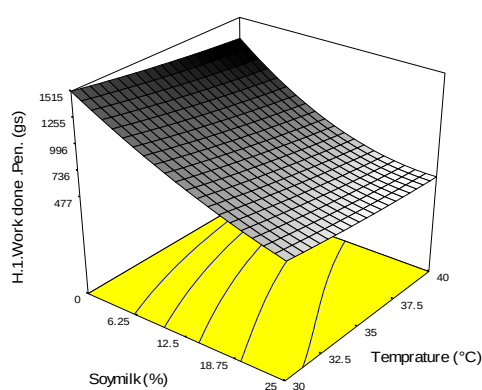
۳-۳-۲- چسبندگی

شکل (۸) تأثیر کلرورکلسیم و دما را بر چسبندگی در شرایطی که شیر سویا در نقطه مرکزی (۱۲/۵٪) ثابت نگه داشته شده است، نشان می‌دهد. شکل (۸) نشان می‌دهد که به صورت یک روند عمومی در تمامی دماها با

شکل (۷) تأثیر شیر سویا و دما را بر سختی در شرایطی که کلرورکلسیم در نقطه مرکزی (۰/۶۵٪) ثابت نگه داشته شده است، نشان می‌دهد. شکل (۷) بیانگر این مطلب است که در تمامی مقادیر دما، با افزایش مقدار شیر سویا سختی به طور مشخصی کاهش می‌یابد. همچنین در مقادیر پائین شیر سویا (۰٪)، با افزایش دما سختی کمی کاهش می‌یابد ولی در مقادیر بالای شیر سویا (۲۵٪) افزایش دما تأثیر خاصی بر سختی ندارد. نکته قابل توجه شباهت زیادی است که بین نتایج مربوط به سختی در آزمون نفوذ و آزمون TPA وجود داشت.

نیروی چسبندگی می‌شود که این افزایش در مقادیر پائین کلرورکلسیم (۰/۳٪) کمی مشهودتر می‌باشد به طوری که بیشترین مقدار نیروی چسبندگی در این شکل به نقطه ۰/۳ درصد کلرورکلسیم و 40°C تعلق دارد. نکته قابل توجه شباهت زیادی است که بین نتایج مربوط به این صفت و چسبندگی وجود داشت. این موضوع موید تحقیقات قبلی می‌باشد [۱۲، ۱۱].

۳-۳-۴- کار سختی

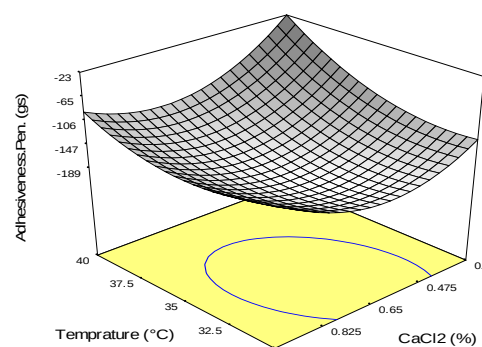


شکل ۱۰ نمودار سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر کار سختی در آزمون نفوذ

شکل (۱۰) بیانگر این مطلب است که در تمامی مقادیر دمای انعقاد با افزایش مقدار شیر سویا کار سختی به طور مشخصی کاهش می‌یابد. همچنین در مقادیر پائین شیر سویا (۰/۰٪) با افزایش دما، کار سختی کمی کاهش می‌یابد ولی در مقادیر بالای شیر سویا (۰/۲۵٪) افزایش دما تأثیر محسوسی بر کار سختی ندارد. در این آزمون نیز همانند TPA شباهت زیادی بین نتایج کار سختی و سختی وجود داشت.

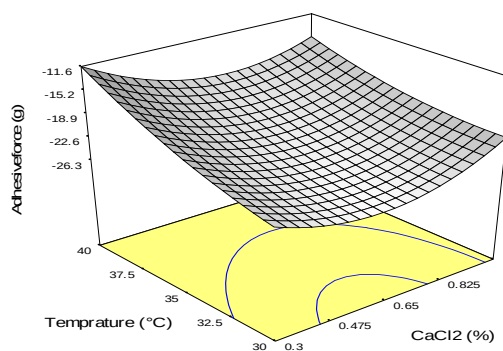
همان طور که ملاحظه شد در این آزمون با افزایش شیر سویا مقدار سختی و کار سختی کاهش ولی مقدار چسبندگی و نیروی چسبندگی افزایش می‌یابد. علت کاهش سختی و کار سختی، همان علل مربوط به آزمون TPA می‌باشد. علت اصلی افزایش چسبندگی و نیروی چسبندگی افزایش رطوبت پنیر و کاهش پروتئین پنیر می‌باشد [۱۴، ۱۱]. نتایج میکروسکپ الکترونی نشان داده است که نمونه‌هایی که رطوبت بیشتری دارند دارای ماتریکس پروتئینی باز و آزاد بوده و چسبندگی بیشتری

افزایش مقدار کلرورکلسیم تا حدود ۰/۶۵ درصد، چسبندگی کاهش یافته و پس از آن افزایش می‌یابد. همچنین در هر دوی مقادیر پائین (۰/۳٪) و بالای کلرورکلسیم (۱٪) با افزایش دما چسبندگی نیز افزایش می‌یابد که این افزایش در مقادیر پائین کلرورکلسیم مشهودتر می‌باشد به طوری که بیشترین مقدار چسبندگی در این منحنی به نقطه ۰/۳ درصد کلرورکلسیم و 40°C تعلق دارد.



شکل ۸ نمودار سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر چسبندگی در آزمون نفوذ

۳-۳-۳- نیروی چسبندگی



شکل ۹ نمودار سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر نیروی چسبندگی در آزمون نفوذ

شکل (۹) تأثیر کلرورکلسیم و دما را بر نیروی چسبندگی در شرایطی که شیر سویا در نقطه مرکزی (۱۲/۵٪) ثابت نگه داشته شده است نشان می‌دهد. شکل (۹) نشان می‌دهد که به صورت یک روند عمومی در تمامی مقادیر دمای انعقاد با افزایش مقدار کلرورکلسیم تا حدود ۰/۶۵٪ نیروی چسبندگی کاهش یافته و پس از آن افزایش می‌یابد. همچنین در هر دوی مقادیر بالا (۱٪) و پائین کلرورکلسیم (۰/۳٪) افزایش دمای انعقاد باعث افزایش

۶- منابع

- [1] Metwalli, N.H., Shalabi, S.I., Zahran, A.S. and Demerdash, O.E.L. 1982. The use of soybean milk in soft-cheese making: I. Effect of soybean milk on rennet coagulation property of milk. J. Food Technol. 17, 71- 77.
- [2] Delvalle, F.R. and Dealba, E. 1984. Simultaneous curdling of soy/ cow's milk blends with rennet and calcium or magnesium sulfate, utilizing soymilk prepared from soybeans or full- fat soyflour. J. Food Sci. 49, 1046- 1052.
- [3] Meenakshi, R. and Verma, N.S. 1995. Changes in organoleptic quality during ripening of cheese made from cows and soya milk blends, using microbial rennet. Food chemistry. 54, 369-375
- [4] Singh, M and Verma. N.S. 1996. Textural changes during ripening in cheddar cheese made from cow milk :soymilk blends using microbial rennet. J. Food Sci. Tech. 33, 66-69.
- [5] Okazaki, Y. and Utzumi, S. 2002. Texture of bovin milk curd and cheese containing soy protein or 7s globulin. Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi. 49, 818-821.
- [6] Gottemoller, T. and True, L. 2002. Soy extended cheese. U.S Patent 6383531.
- [7] Borders, C., Lobo, V., Egbert, R. and True, L. 2002. Use of isolated soy protein for making fresh unripened cheese analogues. U. S. Patent 6413569.
- [8] Cinghan, X. and Lincourt, R.H. 2002. Incorporation of soy proteins in cheese. U. S. Patent 6455081.
- [9] Ghods Rohani, M., Mortazavi, S.A., Mazaheri Tehrani, M and Razavi, S.M.A. 2008. Effect of processing conditions on chemical and sensory properties of ultrafiltrated Feta cheese made from cow's milk and soymilk blend. Journal of Food Science and Technology. Vol 6. No1, 87-98.
- [10] Ghods Rohani, M., Mortazavi, S.A., Mazaheri Tehrani, M and Razavi, S.M.A. Effect of storage period on physical, chemical and sensory properties of ultrafiltrated Feta cheese made from cow's milk and soymilk blend. Iranian Food Science and Technology Research Journal. (Under press).
- [11] Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, M. T. and McSweeney, P. L. H. 2000. Fundamentals of cheese science. Aspen publication.

دارند. در صورتی که اگر ماتریکس پروتئین جمع و فشرده باشد چسبندگی کم می شود [۱۱].

۴- نتیجه گیری

همانطور که در مقدمه مقاله اشاره شد، محققان تاکنون در استفاده از پروتئین سویا در فرمول پنیر با محدودیت‌ها و موانعی مواجه بوده‌اند، ضمن اینکه تحقیقاتی که انجام شده بر روی انواعی از پنیراست که در ایران مصرف چندانی ندارد. خوشبختانه در این طرح با کنترل شرایط فرایند، امکان استفاده از شیر سویادر فرایند تولید پنیر فتای فراپالایش شده و در نتیجه تولید پنیر مخلوط با فرمولاسیون مناسب فراهم گردید. بدیهی است که با توجه به کمبود شیر و قیمت بالای آن، چنین پنی‌ری از قیمت مناسب تری نسبت به پنیر معمولی برخوردار بوده، و بسته به میزان شیر سویای استفاده شده، حاوی خصوصیات تغذیه‌ای فرآورده‌های سویا نیز خواهد بود. نتایج طرح نشان می‌دهد که علیرغم این که استفاده از شیر سویا به جای بخشی از شیر گاو در تولید پنیر ممکن است بر ویژگی‌های پنیر تأثیر منفی بگذارد ولی می‌توان با کنترل شرایط تولید به محصولی دست یافت که از ویژگی‌های مطلوبی برخوردار بوده و مطابق استاندارد باشد [۹، ۱۰].

لازم به ذکر است شباهت زیادی که بین نتایج حاصل از آزمون تجزیه نیم رخ بافت و آزمون نفوذ در خصوص صفات مشابه مشاهده می‌شود این فرضیه را ایجاد می‌کند که بتوان در موارد لازم این دو آزمون را جایگزین یکدیگر نمود. این نکته از این لحاظ اهمیت دارد که آزمون تجزیه نیم رخ بافت یک آزمون دو مرحله‌ای بوده و نسبت به آزمون نفوذ به مقدار نمونه بیشتری نیاز داشته و انجام دادن آن نیز مشکل‌تر می‌باشد.

۵- سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از تمامی کسانی که در انجام این طرح همکاری نموده‌اند به‌ویژه مدیریت و پرسنل محترم کارخانجات فرآورده‌های لبنی پگاه مشهد صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

- [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*
- [12] Gunasekaran, S., and Mehmet Ak, M. 2003. Cheese rheology and texture. CRC Press LLC.
- [13] Mortazavi, S.A., Hosseinpour, S.H., Khani pour, E. and Shafafi, M. 2004. Food product design: a computer aided statistical approach. Jahankade. 280p.p.

Effect of processing conditions on textural properties of ultrafiltrated Feta cheese made from cow's milk and soymilk blend

Ghods Rohani, M¹ *. Mortazavi, S. A². Mazaheri Tehrani, M³. Razavi, M. A³.

1. Assistant Professor, Institute of Scientific- Applied Higher Education Jihad-e-Agriculture, Iran

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

3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology. College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

(Received: 89/5/27 Accepted: 90/3/16)

In this research, the effects of three variables, soymilk concentration (0- 25%), CaCl_2 (0.3-1%) and coagulation temperature (30- 40°C) on textural properties of UF Feta cheese made from cow's milk and soymilk blend were investigated. Texture profile analysis (TPA) and penetration test were used to determine textural properties of products. At TPA test, hardness, cohesiveness, springiness, gumminess, chewiness and hardness 1 work done characteristics and at penetration test, hardness adhesiveness, adhesive force and hardness 1 work done characteristics were measured. 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 all characteristics were above 0.85. The Result of analysis of variance (ANOVA) table showed that lack of fit was not significant for all response surface models at 95%. Therefore, the models for all response variables were highly adequate. Also there was extra similarity between results obtained from TPA and penetration test for same traits. Therefore, when necessary we can replace these experiments by each other.

Key words: Soymilk, Retentate, Response surface, Texture profile analysis (TPA), Penetration test.

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