

ارزیابی فرمولاسیون پنیر پروسس گسترش‌پذیر تولیدی از پنیر کوبه، ایزوله سویا و اینولین

محرم وزیری^۱، مصطفی مظاهری تهرانی^{۲*}، سید علی مرتضوی^۲، محسن اسمعیلی^۳

۱- دانشجوی دکتری تکنولوژی مواد غذایی، 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 ارومیه

(تاریخ دریافت: ۹۴/۰۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۲۹)

چکیده

به منظور بررسی اثرات پنیر کوبه، ایزوله سویا و اینولین بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی پنیر پروسس، آزمایشی بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. سطوح مورد استفاده از متغیرها به ترتیب شامل (۰-۱۵٪)، (۰-۲۰٪) و (۰-۷۰٪) بود. نتایج تحقیق، نشان از تاثیر معنی‌دار ($p < 0.01$) اثرات اصلی و متقابل متغیرها بر ویژگی‌های مورد بررسی داشت. بر همین اساس، کاربرد ایزوله سویا نسبت به نمونه شاهد سبب افزایش پارامتر سفتی {نیوتن×ثانیه} (۴۸/۸۲)، پس‌دهی روغن (۱۷۵/۰۷٪) و کاهش پارامترهای پیوستگی (۰/۴۲)، نرمی (۲/۸۲۸)، ذوب پذیری (۱۰۳/۲۷٪)، مالش پذیری (۲/۹۸۶)، طعم (۲/۰۵۶) و رایحه (۲/۶۹۴) گردید. در حالی که کاربرد اینولین، نسبت به نمونه شاهد سبب افزایش پارامترهای مالش‌پذیری (۴/۲۵)، ذوب پذیری (۱۱۶/۰۴٪)، پیوستگی (۰/۸)، پس‌دهی روغن (۱۴۸/۹۵٪) و کاهش سفتی بافت {نیوتن×ثانیه} (۱۳/۷۳۴) شد. همچنین، پنیر کوبه نسبت به نمونه شاهد، سبب افزایش پارامترهای نرمی (۴/۰۲۸)، مالش پذیری (۳/۵۴۲)، ذوب پذیری (۱۰۷/۶۸٪)، پس‌دهی روغن (۲۶۰/۳٪)، طعم (۴/۰۸۳) و رایحه (۴/۵۲۸) و کاهش میزان سفتی {نیوتن×ثانیه} (۲۰/۶۰۱) و پیوستگی (۰/۶۷) نمونه‌های تهیه شده از آن گردید. ارزیابی رنگ، نشان از تاثیر متغیرها بر میزان فاکتورهای رنگی نمونه‌ها داشت بصورتی که ایزوله سویا و پنیر کوبه سبب افزایش و اینولین باعث کاهش پارامتر L^* ، ایزوله سویا و پنیر کوبه موجب افزایش پارامتر a و پنیر کوبه و اینولین موجب افزایش پارامتر b^* شده بود.

کلید واژگان: ایزوله سویا، اینولین، پنیر پروسس، پنیر کوبه، فیزیکوشیمیایی

* مسئول مکاتبات: mmtehrani57@gmail.com

۱- مقدمه

پنیر پروسس محصولی لبنی است که بر خلاف پنیر طبیعی، مستقیماً از شیر تولید نمی‌شود. این پنیر، با خرد و مخلوط کردن یک یا چند پنیر همراه با دیگر اجزاء لبنی و یا غیرلبنی نظیر امولسیفایرها و پایدارکننده‌ها بدست می‌آید. فرآورده‌های ذوب کردن مخلوط، حرارت دهی و برش زدن و قالب گیری از دیگر اعمال صورت گرفته جهت تولید این نوع پنیر می‌باشد [۱]. مهمترین ترکیب در تولید پنیر پروسس، پنیر طبیعی می‌باشد که بر حسب نوع پنیر، بین ۵۱ تا ۸۰ درصد فرمولاسیون پنیر پروسس را تشکیل می‌دهد [۲]. بر طبق قوانین موجود، تولیدکنندگان پنیر پروسس مجاز به استفاده از منابع پروتئینی و چربی غیر لبنی می‌باشند. از دیگر عوامل مهم و موثر بر فرآیند تهیه پنیر پروسس، می‌توان به ترکیبات با منشأ لبنی، طعم دهنده‌ها، عوامل اسیدی کننده، شیرین کننده، رنگ، نگهدارنده، سبزی، میوه، گوشت، آجیل و آب [۳، ۱] اشاره نمود که این عوامل به فرآوری آسان و متعادل شدن مزه محصول منجر می‌گردد. شایان ذکر است مهم ترین معیارها جهت انتخاب پنیر پایه شامل نوع، طعم، رسیدگی، قوام و pH می‌باشد [۴].

در همین راستا، تاثیر خصوصیات پنیر پایه بر خواص عملکردی پنیر پروسس، به مقدار زیادی به میزان کازئین دست نخورده موجود در پنیر پایه وابسته است [۵]. پروتئولیز کازئین در طول دوره رسیدن، تاثیر معنی داری بر پارامترهای بافتی پنیر پروسس دارد [۶]. پنیر کُپه (کوردی) از دسته پنیرهای سنتی در مناطق کردنشین و آذربایجان ایران بوده و غالباً از شیر گاو یا گوسفند تولید می‌گردد. این نوع پنیر دارای بافتی کلوخه ای^۱ است. پس از تولید پنیر آنزیمی به روش معمولی و نمک پاشی خشک و سپری شدن دوهفته از تولید، بوسیله دست کاملاً خرد شده، سپس در داخل پوست بز و یا کوزه های سفالی دهان‌گشاد (کُپه) بصورت کاملاً فشرده قرار داده میشود. دوره رسیدن این نوع پنیر بسته به نوع ظرف سفالی یا پوست متفاوت است. در صورت استفاده از کُپه دوره رسیدن در زیر خاک مرطوب و در صورت استفاده از پوست در درون غارهایی با رطوبت مناسب سپری می‌شود. دوره رسیدن معمولاً در حدود شش تا هشت ماه می باشد. محبوبیت

این نوع پنیر رسیده بدلیل دارا بودن عطر و طعم ویژه و کُپه ای بودن آن است. بدلیل همین ویژگی مهم و بازاریابند می توان از آن در بهبود عطر و طعم پنیرهای فرآوری شده استفاده نمود. در همین راستا استفاده از درصدهای مختلف پنیرهای رسیده در فرمولاسیون پنیرهای پروسس مورد تحقیق و ارزیابی محققین قرار گرفته است [۶، ۷، ۹، ۱۰، ۱۱]. استفاده روز افزون از افزودنی های سلامت بخش، روند رو به رشدی را در صنایع غذایی نشان می‌دهد. از این رو، غذاهای عملگرا به غذا یا افزودنی های غذایی اشاره دارد که تامین کننده اثرات سودمند فیزیولوژیکی و یا کاهش دهنده خطر بیماری های مزمن می باشند [۱۲]. پروتئین ایزوله سویا و اینولین از ترکیبات فراسودمند با ویژگیهای تکنولوژیکی منحصر به فرد بوده که جهت تولید مواد غذایی لبنی مورد نظر بکار گرفته شدند.

در میان پروتئین های گیاهی، سویا ماده غذایی با ارزش تغذیه ای بالا و دارای تعادل مناسب آمینو اسیدها و اسیدهای چرب مطلوب بوده و هزینه تمام شده پنیر تولیدی از آن، می تواند کمتر از پنیر تولیدی از منابع پروتئینی حیوانی در نظر گرفته شود. در مجموع این پروتئین یک منبع پروتئینی مهم و با ارزش در بسیاری از نقاط جهان محسوب می گردد [۱۳]. این پروتئین دارای ارزش بیولوژیکی مشابه گوشت، تخم مرغ و ماهی بوده و قابلیت کاهش تری گلیسیریدها و کلسترول خون را دارا می باشد [۱۴]. به همین علت علاقه مصرف کنندگان و پتانسیل بازار برای غذاهای لبنی غنی شده با سویا، افزایش چشم گیری را نشان داده است [۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸]. البته حضور مقادیر معنی دار سویا در مخلوط لبنی شیر سویا، چالش قابل توجهی را در پذیرش (از نظر طعم علفی و لوبیایی محصول تولیدی) مصرف کننده های غربی ایجاد کرده است [۲۰]. علاوه بر چالش طعم محصول، بافت محصول نیز بدلیل نوع متفاوت ژل حاصل از ذرات پروتئینی سویا در مقایسه با میسل های کازئین نیز مساله مهم دیگری محسوب می - گردد [۲۱]. به همین دلیل تلاش بسیاری از محققان بر بهبود طعم و ویژگی های بافتی مطلوب در فرمولاسیون های حاوی ترکیبات پروتئینی سویا متمرکز شده است.

اینولین یک فیبر رژیمی محسوب شده و دارای اثرات پری بیوتیکی می باشد، بدین معنی که با تحریک انتخابی، رشد یا فعالیت یک یا تعدادی محدود از سوش های میکروبی را در فلور

1. Hunk tissue

۲-۲- تجهیزات پخت

دستگاه پخت پنیر پروسس (شکل ۱) با مشخصات محفظه دوجداره با آب گرم، دمای متغیر فرآیند ۵ تا ۱۶۰ درجه سلسیوس، دور متغیر با حداکثر ۳۰۰۰ RPM و حجم ۵ لیتر توسط نگارندگان طراحی گردید.



F 1 Developed cooking machine for processed cheese

روده موجب و در نتیجه آن، اثرات سلامت بخشی برای میزبان به دنبال می‌آورد [۲۲]. قابلیت اینولین بعنوان جایگزین چربی نه فقط مربوط به تغییر فاز رئولوژیکی، غلیظ کنندگی یا سختی محصول بلکه به تغییرات دیگری از جمله احساس دهانی (خامه ای بودن و نرمی) نیز مربوط می‌شود [۲۳]. اضافه کردن اینولین به پنیر به عنوان تغییر دهنده بافت، بافت‌ساز و جایگزین‌کننده چربی تاثیر متفاوتی بر خاصیت‌های رئولوژیک و بافت پنیر داشته، که به نوبه خود به ساختمان و ترکیب ماتریکس (شبکه) پنیر وابسته می‌باشد. در همین حال، تحقیقات فراوانی در خصوص استفاده از اینولین در محصولات لبنی صورت گرفته است [۲۷، ۲۶، ۲۵، ۲۴، ۲۳]. پنیر (در مقایسه با دیگر محصولات لبنی تخمیری) به دلیل پتانسیل هایی از قبیل pH بالا و اسیدیته پایین، ظرفیت بافری، چربی بالا، ماده مغذی قابل دسترس، محتوای اکسیژن کم و بافت ماتریکی متراکم، تضمین کننده زنده مانی پروبیوتیک‌ها و تحویل آن‌ها به روده انسان می‌باشد [۲۹، ۲۸]. در این تحقیق سعی بر شناسایی عوامل موثر بر فرمولاسیون پنیر پروسس با شاخص‌های مطلوب رئولوژیکی و ارگانولپتیکی با تکیه بر ارتقا جنبه عملکردی و سلامت بخشی محصول تولیدی است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

پنیر پایه آنزیمی تازه (دو روزه) با مشخصات (۶۰٪ رطوبت، ۱۷/۲۹٪ پروتئین، چربی ۲۷/۵٪ و اندیس رسیدگی ۱/۸۱) تهیه شد. پودر پروتئین ایزوله سویا با درجه 90E، پنیر کوپه از روستاهای اطراف شهرستان سقز (کردستان، ایران) با مشخصات (۴۲/۷٪ رطوبت، ۲۸/۸۳٪ پروتئین، چربی ۲۶٪ و اندیس رسیدگی ۱۲/۸۳) خریداری شد. اینولین با مشخصات Orafiti®HPX شرکت BENEOL با مشخصات درجه پلیمریزاسیون $DP \geq 23$ و مقاومت دمایی بین ۹۵-۸۵ درجه سانتیگراد و نمک امولسیفایر 90SS (سدیم پلی فسفات) از شرکت CORINO تایلد تهیه شدند.

۳-۲- روش تولید پنیر پروسس

پس از محاسبه مقدار مشخص ترکیبات در هر فرمولاسیون (تمامی فرمول‌ها دارای رطوبت ۶۱-۵۸٪ و چربی ۱۳/۵-۱۱/۷۵٪) میزان مشخصی از پنیر پایه، توزین و بر اساس میزان ماده خشک و چربی، درصدهای مشخصی از پروتئین ایزوله سویا و پنیر کُوپه را افزوده و تا بدست آوردن یک خمیر کاملاً نرم و هموژن در دمای محیط، هم‌زده شد. سپس نمک امولسیفایری به همراه تیمارهای مشخصی از اینولین (محلول آبی) افزوده و مجدداً بخوبی مخلوط و سپس وارد دستگاه پخت شدند. سپس مخلوط در دستگاه پخت با ایجاد تنش برشی آرام (۵۰ RPM) تا رسیدن دمای مخلوط به نزدیک ۷۵-۷۰ درجه سانتیگراد هم‌زده شد. سپس فرآیند اختلاط با تنش برشی (سرعت ۳۰۰۰ RPM) در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۵-۴ دقیقه انجام گرفته و بلافاصله عمل پر کردن و بسته‌بندی در ظرف‌های ۱۵۰ گرمی بصورت داغ انجام و در پایان، عمل سرد کردن تا دمای ۵ تا ۱۰ درجه سانتیگراد در سردخانه در مدت ۳ الی ۴ ساعت انجام گردید [۱۱،۱۰،۶].

۴-۲- آزمون‌ها

۱-۴-۲- آزمون بافت سنجی (TPA)

این آزمون بوسیله دستگاه بافت‌سنج Stable Micro Systems ساخت کشور انگلستان صورت گرفت. جهت انجام آزمایشات، از روش پیسکا و همکاران [۶] با اندکی تغییرات استفاده گردید. نمونه‌های پنیر بعد از ۳ روز تولید از داخل یخچال ۵ درجه سانتیگراد خارج شدند و تا رسیدن به دمای ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد در شرایط محیطی قرار گرفتند. سپس نمونه در همان ظرف پلاستیکی بسته‌بندی شده با جدا نمودن پلاستیک اطراف و بدون هیچگونه تنش اعمالی عمودی یا ناخواسته توسط پروب استوانه‌ای با قطر ۲۵ mm و با سرعت ۵ mm/s و میزان نفوذ پروب به داخل نمونه ۱۰ mm مورد آنالیز بافتی واقع گردید. صفات اندازه‌گیری شده شامل سفتی بافت (N*s) و پیوستگی (بدون واحد) بود. آزمون با سه تکرار برای هر نمونه انجام گردید.

۲-۴-۲- تعیین خصوصیت ذوب و پس‌دهی

روغن

برای این آزمایش از روش آزمون شرایبر و با استفاده از روش پردازش تصویر استفاده گردید [۵۰]. برای این منظور، از نمونه‌های پنیر، ورقه‌هایی به ضخامت ۷ میلی‌متر و قطر ۲۸ میلی‌متر تهیه و در مرکز پلیت‌های دارای کاغذ واتمن در کف منتقل گردید. نمونه‌ها تحت دمای ۹۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفتند. نمونه‌ها قبل و بعد از آون‌گذاری توسط دوربین عکاسی (Canon - Power Shot A550) در اتاقک نورپردازی مجهز به نور فلورسنت ۳۰ وات در چهار گوشه اتاقک، تصویر برداری شدند. تصاویر گرفته شده توسط نرم افزار Image J پردازش و میزان مساحت نمونه‌های پنیر قبل و بعد از آون‌گذاری و همچنین مساحت هاله روغن پس داده شده به کاغذ صافی کف پتری دیش محاسبه و از روابط زیر میزان ذوب پذیری و پس دادن روغن نمونه‌های پنیر محاسبه گردید. آزمون با سه تکرار برای هر نمونه انجام گردید.

خصوصیت ذوبی پنیر با درجه ذوب تعیین گردید [۳۰]. 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:

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

که MD_f و A_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.

خصوصیت پس دادن روغن با عبارت (درصد سطح روغنی شده^۳) بیان می‌شود. 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:

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

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

2. Melting degree
3. Percentage Oil Area (POA)

۲-۴-۳- ارزیابی حسی

با استفاده از آزمون چشایی و به روش هدونیک بصورت پنج نقطه‌ای (از خیلی بد (۱) تا خیلی خوب (۵)) انجام گرفت. تعداد ۱۸ نفر از اساتید گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، دانشجویان کارشناسی ارشد و پرسنل کارخانه لبنی پاک آرا سنندج انتخاب گردیدند. داوران نمونه های پنیر را از نظر مزه، بو، نرمی بافت و میزان گسترش پذیری مورد ارزیابی قرار دادند.

۲-۴-۵- آزمون رنگ سنجی

ارزیابی رنگ با استفاده از تکنیک پردازش تصویر صورت گرفت. بدین صورت که نمونه ها به اتاقک عکسبرداری (با ابعاد ۵۰×۵۰×۵ سانتیمتر) و دارای سیستم روشنایی در چهار قسمت بالایی اتاقک با لامپهای فلورسنت ۳۰ وات منتقل و در فاصله ۲۰ سانتی متری و فضایی کاملاً روشن (بدون سایه انداختن نمونه ها)

و با بزرگنمایی 2X در حالیکه سطح اتاقک و نمونه کاملاً تراز

بود توسط یک دوربین عکاسی دیجیتال به مشخصات (Canon Power Shot A550) از نمونه های پنیر تولیدی عکسبرداری گردید. مقادیر RGB نمونه ها بوسیله نرم افزار پردازش تصویر Imagej استخراج و در سایت <http://www.colormine.org> تبدیل به پارامترهای L*a*b گردید.

۲-۴-۶- طرح آزمایش و آنالیز آماری

آزمایشات بصورت فاکتوریل سه عاملی بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. عملیات آماری شامل تجزیه واریانس داده ها و مقایسه میانگین های تیمارها با آزمون توکی و همبستگی بین برخی صفات نیز توسط نرم افزار آماری MINITAB.16.2.4 انجام گردید.

۳- نتایج و بحث

جدول ۱ ترکیبات و ویژگیهای شیمیایی فرمولاسیونهای مختلف پنیر پروسس را نشان می دهد.

Table 1 Composition and chemical properties of different types of formulated processed cheese

Response					Treatment			Code	
Ash (%)	pH	Fat (%)	Protein (%)	Moisture (%)	Dry matter (%)	Koupe Cheese (%)	SPI(%)	Inulin (%)	-
3.7	7.03	12.25	16.4	58.5	41.5	15	20	7	C.KSI
4.24	6.97	13.5	15.55	59.19	40.81	15	0	0	C.K
3.54	7.15	12	18.87	59.07	40.93	0	20	0	C.S
3.94	6.93	12.25	18.8	59.66	40.34	15	20	0	C.KS
3.54	6.98	12	19.16	58.76	41.24	0	0	7	C.I
3.91	7.04	11.75	16.6	59.26	40.74	0	20	7	C.SI
3.56	7	13.5	15.5	59.64	40.36	0	0	0	CONT
3.95	6.87	13.25	11.83	60.72	39.28	15	0	7	C.KI

۳-۱- سفتی

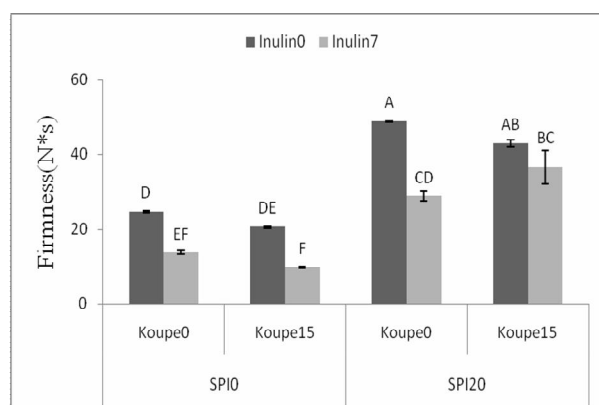
نتایج تجزیه واریانس داده ها در جدول ۲ نشان می دهد که اثرات اصلی سویا و اینولین ($P < 0.001$) و اثر متقابل سویا-کوپه-اینولین ($P = 0.03$) از لحاظ آماری بر ویژگی سفتی بافت معنی دار می باشد. نتایج میانگین های سفتی تحت تاثیر برهم کنش سه گانه فاکتورهای سویا-کوپه-اینولین، حاکی از آن است که در شرایط عدم کاربرد سویا، با افزایش سطح اینولین در صورت استفاده یا عدم استفاده پنیر کوپه تاثیر معنی داری بر میزان سفتی بافت

مشاهده نشد. از سوی دیگر با افزایش سطح سویا، رفتار سفتی بافت متفاوت بود. بصورتی که در هنگام عدم کاربرد پنیر کوپه و حضور ایزوله سویا، افزایش اینولین سبب کاهش شدید و معنی دار سفتی بافت گردید. در حالی که با کاربرد همزمان پنیر کوپه و ایزوله سویا، افزایش میزان اینولین تاثیر معنی داری را در تغییرات سفتی نشان نداد. تاثیر گذارترین عامل در میان فاکتورها مربوط به ایزوله سویا و در درجه پایین تر اینولین بود.

Table 2 Analysis of variance textural properties and color for various types of formulated processed cheese

Mean Square							df	Source
Oiling- off	Melt ability	Cohesiveness	Firmness	L*	a*	b*		
1163.9***	227.754***	0.466619***	30304049***	316.536***	9.0283***	0.348 ^{ns}	1	SPI
50809.6***	11.59 ^{ns}	0.029225***	142224 ^{ns}	138.432***	1.3443***	0.9165***	1	Koupe Cheese
2518.4***	262.568***	0.047051***	90109050***	3.435***	0.0081 ^{ns}	4.6728***	1	Inulin
2066.1***	0.689 ^{ns}	0.009808*	364693 ^{ns}	90.793***	1.7496***	0.4455 ^{ns}	1	Koupe Cheese- SPI
2331.6***	18.676*	0.001526 ^{ns}	93736 ^{ns}	40.873***	0.2393***	3.848***	1	SPI-Inulin
6 ^{ns}	55.763**	0.018705**	736926*	0.005 ^{ns}	0.3174***	3.9609***	1	Koupe Cheese- Inulin
4117.9***	8.134 ^{ns}	0.016769**	734845**	1.622 ^{ns}	*0.0150	0.3432 ^{ns}	1	Koupe Cheese- Inulin-SPI
99.05	91.86	95.23	96.49	98.96	99.66	89.93	-	R ²
37.7**	3.24	0.001847	94048	0.388	0.0028	0.1018	16	Error

***: P<0.001; **: P<0.01; *: P<0.05; ns: not significant

**Fig 2** The interactive effects on texture firmness

* Same letters indicate non-significant difference (P<0.05)

این دسته از پروتئین‌ها با وارد شدن در فضای چارچوب ساختار پروتئینی کازئینی همراه با کلسیم [۳۱] موجود در پنیر (که غلظت آن طبیعتاً بیشتر از شیر است) می‌تواند اتصالات پایدار و محکمی ایجاد و سبب افزایش غلظت پروتئین در ساختار و سختی بافت گردند. البته شدت این افزایش، با افزایش سطح اینولین تا حدودی کاهش می‌یابد. اینولین بدلیل دارا بودن تعداد عوامل فعال هیدروفیل بالا در ساختار خود [۳۲]، در رقابت برای جذب آب از پروتئین‌های کازئینی و ایزوله سویا پیشی گرفته و در نتیجه به طور غیر مستقیم برهمکنش‌های هیدروفوبی پروتئین‌های کازئینی و ایزوله سویا را بیشتر نموده و سبب تراکم قابل ملاحظه آنها در کنار همدیگر می‌گردد.

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد با افزایش میزان پنیر کوبه در غیاب ایزوله سویا و اینولین، میزان سفتی بافت کاهش می‌یابد [۶]. این می‌تواند به دلیل کوتاه بودن پیکره و ساختار کازئین‌های موجود در پنیر کوبه در اثر فرآیند رسیدن در نظر گرفته شود [۹]. این مسئله به نظر می‌رسد بدلیل عدم قدرت کافی این نوع از کازئین‌ها جهت ایجاد یک چارچوب ساختاری مستحکم و منسجم با سایر انواع پروتئین‌های دیگر بویژه کازئین-های دست نخورده پنیر پایه تازه باشد [۷]. اما وقتی در محیط دارای پنیر کوبه سطح اینولین اضافه شده افزایش می‌یابد، مشاهده می‌شود کاهش سفتی بافت ادامه دارد. به نظر می‌رسد اینولین، بدلیل دارا بودن عوامل هیدروکسیل بالا در ساختار زنجیره‌ای خود با جذب آب و متعاقباً تورم می‌تواند انعطاف‌پذیری خاصی در ساختار ایجاد کرده و همچنین در بین دیگر اجزا پروتئین کازئین پنیر تازه از ایجاد یک ساختار منسجم در بین رشته‌های کازئینی پنیر تازه ممانعت کند [۲۶، ۲۵]. با افزایش میزان ایزوله سویا در غیاب پنیر کوبه، درجه سفتی بافت افزایش یافت. پروتئین‌های سویا با ایجاد یک تجمع فشرده، متراکم و خالص همراه با پروتئین‌های کازئینی در نتیجه برهمکنش‌های هیدروفوبی سفتی بافت را افزایش می‌دهند.

می باشد. این در حالیست که در شرایط استفاده از ایزوله سویا در فرمولاسیون، بیشترین پیوستگی مربوط به تیمار ($S_{20}K_0I_7$) بود. بطورکلی، تاثیرگذارترین فاکتور بر روی میزان پیوستگی بافت مربوط به ایزوله سویا و در درجه پایین تر اینولین بود.

پروتئین های ایزوله سویا در اثر دنا توره شدن جزئی در دما و غلظت های مورد آزمون و در اثر برهم کنش هیدروفوبی بالایی که با خود و پروتئین های پنیر پایه (کازئین پنیر تازه) ایجاد می کنند، نوعی از تجمع غیر منسجم [۳۴] اما فشرده و شکننده [۳۵،۳۳] را در ساختار پنیر پروسس تولیدی ایجاد می کند که به نظر می رسد این نوع برهم کنش فشرده و غیر منسجم، پیوستگی محصول را کاهش دهد. پروتئین های سویا از تشکیل رشته های بلند ناشی از برهم کنش هیدروفوبی کازئین های سالم و جوان با همدیگر از طریق وارد شدن در فضای ماتریکس کازئینی [۳۶] جلوگیری و مانع پیوستگی و اتصالات کازئین ها شده و با وجود افزایش غلظت پروتئین در پیکره محصول و در نتیجه، ایجاد فضاهای خالی سبب کاهش پیوستگی می گردد.

با افزایش غلظت اینولین در فرمولاسیون، غلظت های کم ایزوله سویا سبب افزایش میزان پیوستگی محصول گردید [۲۷]. اینولین توانسته با توجه به دارا بودن ویژگی جذب آب و ایجاد برهم-کنش های هیدروفوبی با کازئین ها و ایزوله پروتئین سویا و اتصال رشته های بلند ایجاد شده از پروتئین ها به همدیگر [۲۷] (بعنوان ارتباط دهنده بین دو جزء پروتئینی) پیوستگی را افزایش دهد. اینولین در رابطه با رفتار خود در مقابل حضور ایزوله سویا و کازئین های پنیر تازه دو فرضیه را از خود نشان می دهد: نخست اینکه اینولین توسط عوامل فعال خود با گروه های هیدروفوب پروتئین های جزئی دنا توره شده و نمایان شده سویا و کازئین پنیر تازه وارد برهم کنش های هیدروفوب شده است و دوم اینکه اینولین در همین راستا با محبوس و کپسول نمودن بخش زیادی از آب موجود در سیستم، ضمن بی حرکت نمودن بخش بزرگی از آب [۲۷] سبب نزدیک شدن و برهم کنش بیشتر هر دو نوع پروتئین موجود در فرمولاسیون می گردد. در پنیر کوپه با توجه به اینکه در اثر فرآیند پروتئولیز، گروه های قطبی مانند آمین و کربوکسیل زیادی از آمینو اسیدها و پپتیدها ایجاد میگردد ظرفیت

پروتئین های ایزوله سویا در اثر حرارت و باز شدن ساختار و نمایان شدن گروه های فعال و قابلیت بالای آن ها در جذب آب نسبت به کازئین پنیر تازه [۳۳] و تا حد کمتری نسبت به پروتئین های کازئینی هیدرولیز شده این فرصت را برای پروتئین های سویا در محیط عاری از اینولین و غنی از پنیر کوپه فراهم می سازند که با شدت بیشتری اجتماعات پروتئینی با خود و کازئین های سالم و جوان را ایجاد کند که نتیجه آن افزایش تجمعات هر دو نوع پروتئین می باشد. همانطور که ملاحظه می شود با افزایش سطح پنیر کوپه در فرمولاسیون، کازئین های کوتاه و هیدرولیز شده تا حدی مانع از ایجاد شبکه سالم و مستحکم شده و در واقع بدلیل نقش تضعیف کنندگی و سست کنندگی [۷] این دسته از کازئین ها (کازئین های پنیر رسیده) در ایجاد برهم کنش بین پروتئین ها تا حد قابل ملاحظه ایی میزان سفتی را کاهش می دهند.

۲-۳- پیوستگی

نتایج تجزیه واریانس داده های مربوط به پیوستگی در جدول ۱ نشان می دهد که اثرات خطی هر سه عامل ایزوله سویا، اینولین و پنیر کوپه ($P < 0.001$) و اثر متقابل سه گانه ($P = 0.008$) از لحاظ آماری بر میزان پیوستگی بافت معنی دار بود.

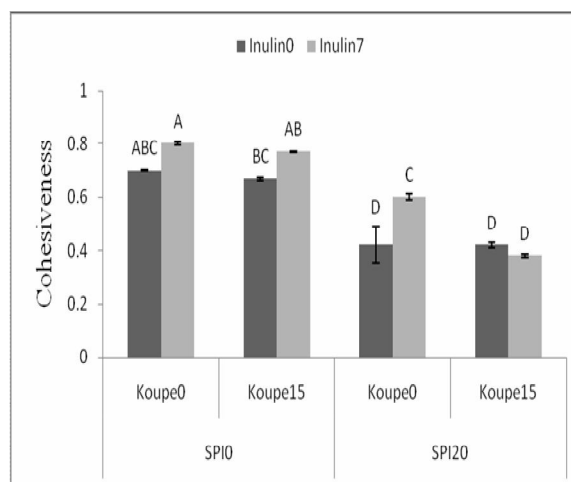


Fig 3 The interactive effects on cohesiveness
Same letters indicate non-significant difference ($P < 0.05$)

شکل (۳) نشان می دهد که در شرایط عدم کاربرد ایزوله سویا در فرمولاسیون، بیشترین میزان پیوستگی مربوط به عدم کاربرد پنیر کوپه و کاربرد اینولین ($S_0K_0I_7$) و کمترین میزان پیوستگی نیز مربوط به تیمار کاربرد کوپه و عدم کاربرد اینولین ($S_0K_{15}I_0$)

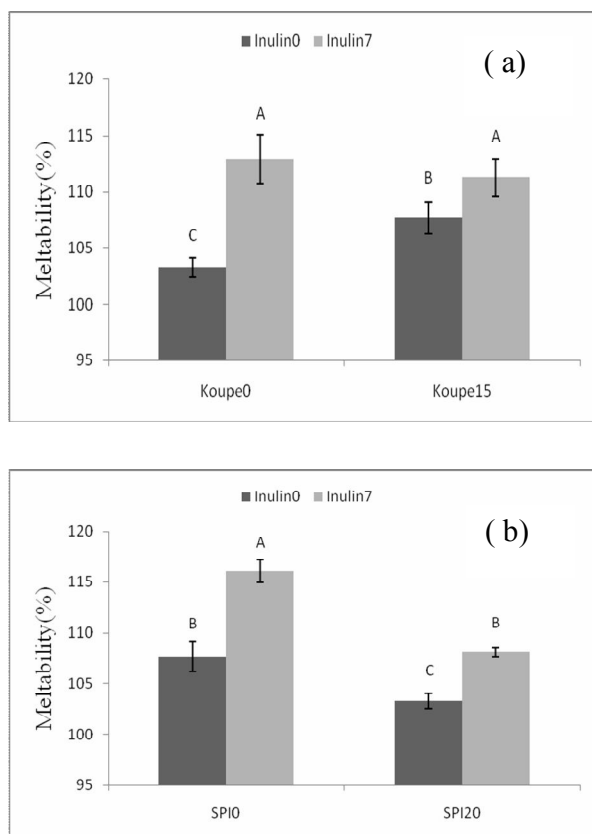


Fig 4 Interactive effects of Inulin $\times$ Koupe cheese (a) and Inulin $\times$ SPI (b) on meltability

* Same letters indicate non-significant difference ($P < 0.05$)

با افزایش سطح پنیر کُوپه (پنیر رسیده) میزان قابلیت ذوب پذیری افزایش یافته است [۴،۷]. به عبارت دیگر، با افزایش میزان کازئین هیدرولیز شده (پنیر کُوپه) در فرمولاسیون، پیوستگی و استحکام بافت پنیر کاهش یافت. شواهد و مطالعات گذشته نشان می دهد که در حضور این نوع از کازئینها تعداد و قدرت پیوندهای تشکیل شده کاهش و در نتیجه برهم کنشهای پروتئین- پروتئین کمتر می گردد. این پدیده از ایجاد یک شبکه کازئینی رشته بلند جلوگیری و در نتیجه جریان پذیری در اثر حرارت مورد آزمون افزایش می یابد. این در حالی است که اینولین مانند یک عامل چسباننده و ارتباط دهنده عمل نموده و تا حدودی قطعات کوتاه کازئین هیدرولیز شده (پنیر کُوپه) را به کازئینهای دست نخورده (پنیر پایه تازه) متصل نموده و از طرف دیگر مانع از فشردگی زیاد تجمعات پروتئینی از طریق وارد شدن در ساختار و جذب

اتصال به آب پروتئینهای هیدرولیز شده افزایش یافته [۳۷] در نتیجه تعداد کمی برهم کنش هیدروفوبی با کازئین پنیر تازه برقرار نموده و در نتیجه ضمن تضعیف و سست نمودن اتصالات پروتئینی [۹] با اتصال بیشتر به مولکولهای آب سبب توسعه و باز شدن ماتریکس پروتئینی محصول گشته و در نتیجه آن کاهش پیوستگی ساختار رخ می دهد. در همین راستا، با افزایش میزان ایزوله سویا در فرمولاسیون محتوی پنیر کُوپه، آهنگ کاهش پیوستگی با شیب تندتری توسط ایزوله سویا رخ می دهد. در اینجا به نظر می رسد ممانعت پروتئینهای کوتاه پنیر کُوپه در ایجاد رشته های بلند و اتصال یافته سویا و کازئین دخالت داشته باشد.

۳-۳- ذوب پذیری

نتایج حاصل از تجزیه داده های ذوب پذیری نمونه های پنیر پروسس تولیدی نشان دهنده آن است که اثرات خطی ایزوله سویا و اینولین ($P < 0.001$)، اثرات متقابل ایزوله سویا- اینولین ($P = 0.0029$) و کُوپه- اینولین ($P = 0.001$) معنی دار هستند. اثر متقابل ایزوله سویا- اینولین نشان می دهد که بیشترین مقدار ذوب پذیری مربوط به تیمار (S_0I_7) و کمترین مقدار مربوط به ($S_{20}I_0$) می باشد. بررسی اثر متقابل کُوپه- اینولین (شکل ۴) نشان می دهد که در حضور یا عدم حضور پنیر کُوپه، میزان ذوب پذیری با کاربرد اینولین به حداکثر خود رسیده و عدم کاربرد اینولین سبب کاهش معنی دار ذوب پذیری می گردد. لازم به ذکر است که پنیر کُوپه می تواند شدت ذوب پذیری توسط اینولین را کاهش دهد. همانطور که در شکل ۴ ملاحظه می شود، با افزایش میزان ایزوله سویا قابلیت ذوب پذیری با کاهش روبرو می شود [۳۸]. به نظر می رسد ایجاد کمپلکسهای فشرده ایزوله سویا- ایزوله سویا و ایزوله سویا- کازئین دست نخورده در این روند موثر باشد. افزایش اینولین در فرمولاسیون، میزان قابلیت ذوب پذیری را افزایش می دهد که به نظر می رسد دلیل آن ایجاد یک ساختار بینایی در میان پروتئینهای کازئین و سویا و در نتیجه جلوگیری از تشکیل یک شبکه خالص پروتئینی [۳۹] و به دنبال آن عدم فشردگی و استحکام ساختار خواهد بود. به عبارت دیگر حضور اینولین سبب تضعیف ساختار از طریق کاهش تعداد پیوندهای پروتئینی خواهد شد [۳۹].

چربی هاست [۴۱]. با افزایش سطح ایزوله سویا در فرمولاسیون میزان پس دهی روغن در مقایسه با پنیر کوپه کاهش می‌یابد. این دسته از پروتئینها دارای فعالیت سطحی ویژه ای هستند که در اثر دنا تراسیون جزئی و نمایان شدن گروههای غیر قطبی و فعال خود با جذب در سطح روغن و تشکیل یک لایه بار الکتریکی [۴۱] سبب محافظت از شکسته شدن امولسیون و جلوگیری از بهم پیوستن و خروج ذرات چربی از پیکره محصول تولیدی می‌گردد [۱۳]. در حضور اینولین، میزان پس دهی روغن کمتر شده است، به نظر می‌رسد این اثر مهم به توانایی اینولین در ایجاد حوضچه هایی در اطراف گویچه های چربی بوده است. همچنین در مشارکت با ایزوله سویا توانسته میزان پس دهی روغن را بیشتر از حالت بدون حضور ایزوله سویا کاهش دهد [۴۲].

مطابق نتایج بدست آمده، هرچه سطح پنیر کوپه در فرمولاسیون افزایش می‌یابد مقدار پس دهی روغن افزایش پیدا می‌کند. به نظر می‌رسد با کاهش کازئین دست نخورده در سیستم، توانایی امولسیفیه شدن چربی افت پیدا می‌کند [۶] و میل به هم پیوستن ذرات چربی و بزرگتر شدن آنها بیشتر می‌گردد. در نتیجه سیستم، قادر به نگهداری و حفظ توده های بزرگ چربی نبوده و براحتی از پیکره پنیر تولیدی خارج می‌گردد. به نظر می‌رسد هر چه غلظت کازئینهای کوتاه شده در اثر هیدرولیز (دوره رسانیدن) در فرمولاسیون افزایش یابد، میزان امولسیفیه شدن ذرات چربی در ماتریکس پنیر پروسس تولیدی کمتر می‌شود [۴۳، ۴۴]. در حالیکه با افزایش در میزان پنیر جوان بدلیل دارا بودن مقادیر بالای کازئین دست نخورده پایداری سیستم امولسیون بیشتر و میزان پس دهی روغن کاهش می‌یابد [۴۰].

۳-۵- رایحه

جدول (۲) تجزیه واریانس اعداد مربوط به پارامتر رایحه را نشان داد که اثرات خطی ایزوله سویا، پنیر کوپه ($P < 0.001$) و اثر متقابل ایزوله سویا- پنیر کوپه ($P < 0.001$) از لحاظ آماری معنی‌دار بودند. مقایسه میانگینهای اثر متقابل نشان می‌دهد که بیشترین شدت رایحه مربوط به تیمار (S_0K_{15}) می‌باشد. تیمارهای ($S_{20}K_0$) و (S_0K_0) بدون تفاوت معنی‌داری با همدیگر کمترین میزان رایحه را به خود اختصاص دادند.

حداکثر آب گردیده که نتیجه آن افزایش روند قابلیت ذوب توسط ایزوله سویا می‌گردد.

۳-۴- پس دهی روغن

تجزیه داده های پارامتر پس دهی روغن در جدول ۱ نشان می‌دهد که تمامی اثرات خطی و دوگانه متقابل و سه گانه از لحاظ آماری معنی‌دار بودند ($P < 0.001$). مقایسه میانگین های اثرات متقابل سه گانه فاکتورها بر پس دهی روغن (جدول ۱) نشان می‌دهد که بیشترین پس دهی روغن مربوط به تیمار ($S_0K_{15}I_0$) می‌باشد که به تنهایی در یک کلاس آماری قرار دارد. مطابق نمودار در حالت عدم کاربرد سویا، با افزایش سطح اینولین و در عدم حضور پنیر کوپه، میزان پس دهی روغن افزایش معنی‌داری داشت. در حالیکه در حضور پنیر کوپه، اینولین میزان پس دهی روغن را کاهش داد. بطورکلی، ایزوله سویا در مقایسه با نمونه شاهد سبب افزایش پس دهی روغن و در صورت حضور پنیر کوپه و اینولین در فرمولاسیون سبب کاهش پس دهی روغن می‌گردد. این در حالی است که با افزودن اینولین یا پنیر کوپه، میزان پس دهی روغن افزایش می‌یابد بطوریکه، این افزایش بوسیله کاربرد پنیر کوپه شدت بیشتری به خود گرفت.

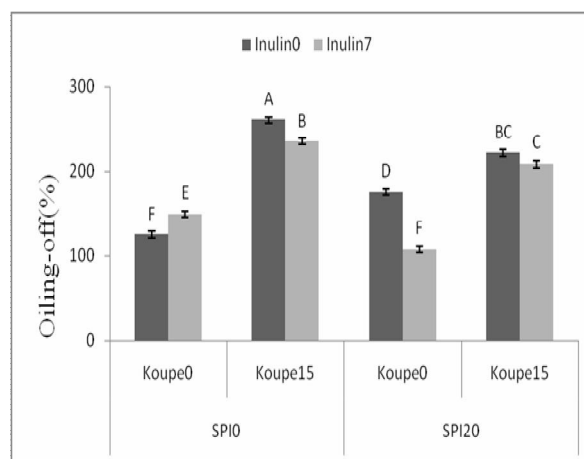


Fig 5 The interactive effects on oiling-off

* Same letters indicate non-significant difference ($P < 0.05$)

مطابق با شکل ۵، پنیر پایه جوان در مقایسه با اینولین و ایزوله سویا قدرت نگهداری و ممانعت از خروج روغن بالاتری را نشان داد. این می‌تواند به ویژگی قدرت امولسیفیه نمودن کازئینهای پنیر تازه و دست نخورده در پنیر پایه برگردد [۴۰]. از طرف دیگر از ویژگیهای مهم پروتئینهای سویا توانایی آن در امولسیفیه نمودن

Table 3 Analysis of variance for Sensory evaluation of different types of formulated processed cheese

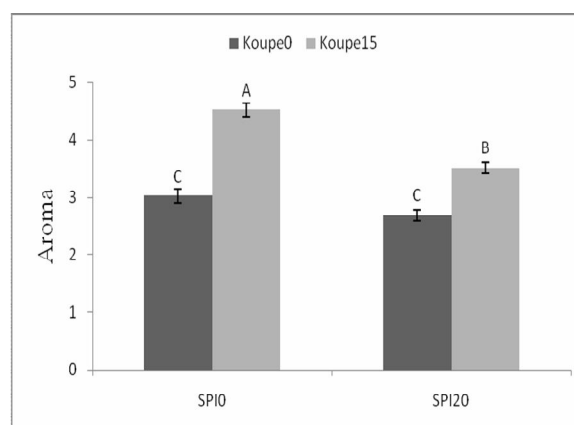
Mean Square				df	Source
softness	spreadability	taste	aroma		
50.41***	21.0069***	31.7344***	16.2006***	1	SPI
0.01 ^{ns}	3.0625***	28.8011***	48.6506***	1	Koupe Cheese
1.4003***	9***	1***	0.2101 ^{ns}	1	Inulin
0.6669*	0.1111 ^{ns}	0.0011 ^{ns}	4.2367***	1	Koupe Cheese- SPI
0.01 ^{ns}	0.3403*	0.4444*	0.0434 ^{ns}	1	SPI-Inulin
7.6544***	0.8403***	0.25 ^{ns}	0.0017 ^{ns}	1	Koupe Cheese- Inulin
0.0003 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.4444*	0.1406 ^{ns}	11	Koupe Cheese- Inulin-SPI
77.17	76.69	82.89	72.05	-	R ²
0.1308	0.0773	0.0951	0.1982	136	error

***: P<0.001; **: P<0.01; *: P<0.05; ns: not significant

اتیل استرها، آلکان‌ها و الکل‌های ثانویه [۴۶] ترکیبات مهمی هستند که در ایجاد رایحه ویژه پنیر کوپه نقش مهمی دارند. از طرفی، ترکیبات رایحه دار موجود در پودر ایزوله سویا که ناشی از پتتانال‌ها و دی متیل دی سولفید [۴۷] می‌باشند بوی ناخوشایندی برای مصرف‌کننده ایجاد می‌کنند. همین رایحه ویژه ایزوله سویا عامل اصلی کاهش رایحه پنیر تولیدی محسوب می‌شود. البته رایحه پنیر کوپه تا حدی توانسته بر این رایحه ناخوشایند غلبه نماید. به نظر می‌رسد شدت و آستانه حسی پایین‌تر رایحه پنیر کوپه عامل مهمی در این توازن به شمار می‌رود. از دیگر نکات، می‌توان به شدت رایحه در نمونه‌های حاوی ایزوله سویا و پنیر کوپه اشاره نمود. به نظر می‌رسد که پروتئین‌های ایزوله سویا در حفظ و نگهداری ترکیبات فرار نقش مهم و کاربردی را ایفا می‌نمایند.

۳-۶- مزه

تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثرات خطی هر سه فاکتور پروتئین ایزوله سویا ($P<0.001$)، پنیر کوپه ($P<0.001$) و اینولین ($P<0.001$) و اثر متقابل سه گانه ($P=0.032$) معنی‌دار بودند. همانطور که مقایسه میانگین‌های صفت مزه نشان می‌دهد، در حضور یا عدم حضور ایزوله سویا، بطور کلی کاربرد پنیر کوپه موجب افزایش شدت مزه می‌گردد. البته، میزان شدت افزایش در حالت عدم حضور ایزوله سویا مشهودتر بود. با این وجود، در

**Fig 6** The interactive effects of SPI × Koupe cheese on aroma* Same letters indicate non-significant difference ($P<0.05$)

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌گردد با افزایش میزان پنیر کوپه، میزان رایحه در نمونه های تولیدی افزایش معنی‌داری داشت در حالیکه با افزایش سطوح ایزوله سویا، چنین روندی مشاهده نشد.

در افزایش میزان رایحه در نمونه‌های تولیدی، رسیده بودن پنیر کوپه نقش مهمی داشت. اسیدهای چرب آزاد (اولئیک و پالمیتیک اسید) به همراه ترکیبات فرار و محصولات حاصل از متابولیسم کربوهیدرات‌ها [۴۴] و اسیدهای آمینه (گلیسین، پرولین، آلفا آمینو بوتیریک اسید، فینیل آلانین [۴۵] تولید شده در اثر رسیدن در ایجاد رایحه نقش مهمی را بر عهده دارند. اسیدهای چرب آزاد بلند، متوسط و کوتاه زنجیر و موادی نظیر متیل‌کتون‌ها، لاکتون‌ها،

می‌باشد. این مساله نشان می‌دهد که اینولین در افزایش شدت گسترش‌پذیری نقش بسزایی دارد (شکل ۸.۱) و در نتیجه می‌تواند در فرمولاسیون‌های حاوی ایزوله سویا که عامل مهم کاهش مالش‌پذیری است (شکل ۸.۲) تا حد قابل قبولی، اثرات منفی ایزوله سویا بر میزان گسترش‌پذیری (شکل ۸.۳) را جبران نماید.

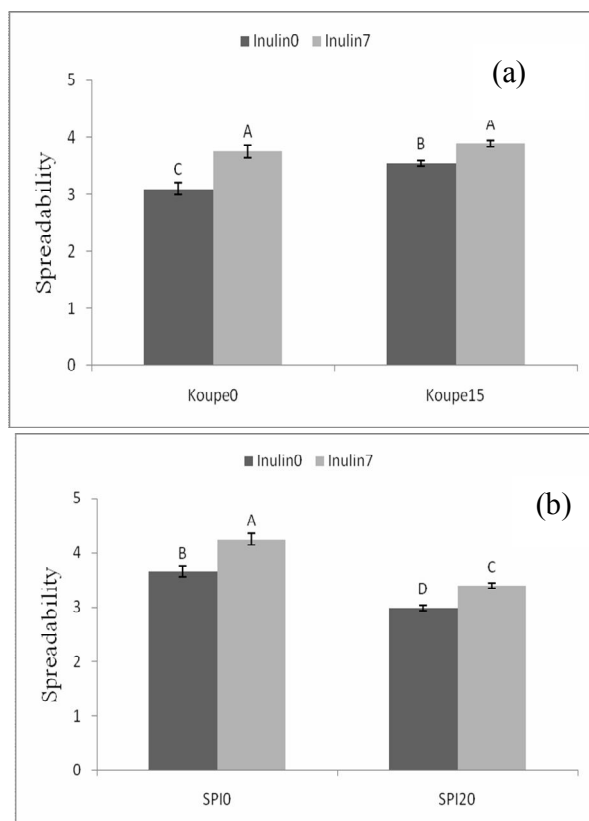


Fig 8 Interactive effects of Inulin × Koupe cheese (a) and Inulin × SPI (b) on spreadability
Same letters indicate non-significant difference ($P < 0.05$)

همچنین اثر متقابل اینولین - پنیر کوپه (شکل ۸.۱) نشان می‌دهد که هر دو فاکتور مذکور سبب افزایش مالش‌پذیری می‌شوند. این در حالی است، سطوح بالای اینولین و پنیر کوپه (شکل ۸.۲) توانست بیشترین تاثیر را بر میزان مالش‌پذیری نشان دهد. بطور کلی، شدت تاثیر اینولین بر میزان مالش‌پذیری نسبت به پنیر کوپه (شکل ۸.۳) مشهودتر بود. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که در خنثی نمودن اثرات منفی ایزوله سویا بر میزان گسترش‌پذیری اینولین توانایی بیشتری را نشان داد.

صورت کاربرد ایزوله سویا در فرمولاسیون، افزودن پنیر کوپه می‌تواند در بهبود مزه مطبوع تاثیر معنی‌داری داشته باشد. نکته قابل توجه آن است که در صورت عدم حضور پنیر کوپه و کاربرد اینولین در فرمولاسیون حاوی ایزوله سویا، حضور اینولین می‌تواند سبب بهبود معنی‌دار مزه شود.

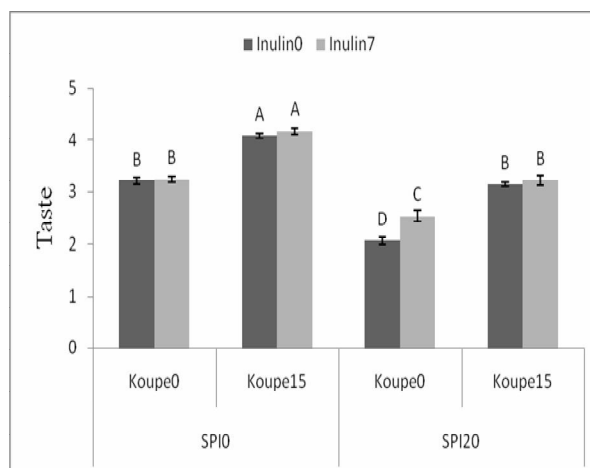


Fig 7 The interactive effects on the taste
Same letters indicate non-significant difference ($P < 0.05$)

همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌گردد با افزایش میزان ایزوله سویا در فرمولاسیون مزه‌ای که خوشایند ارزیابان حسی باشد کاهش یافت که البته شدت این کاهش با افزودن اینولین کاهش محسوسی داشته است. دلیل آنرا می‌توان در مزه مطلوب اینولین دانست چرا که این ترکیب توانست با تکیه بر این ویژگی خود، میزان بد طعمی ناشی از ایزوله سویا را بپوشاند. در شکل ۷، افزایش سطوح پنیر کوپه بر خلاف ایزوله سویا سبب افزایش مزه خوشایند در نمونه های مورد ارزیابی گردید.

۳-۷- مالش‌پذیری

تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثرات خطی سه فاکتور ایزوله سویا، پنیر کوپه و اینولین ($P < 0.001$)، اثرات متقابل ایزوله سویا- اینولین ($P = 0.038$) و پنیر کوپه- اینولین ($P = 0.001$) بر میزان مالش‌پذیری، معنی‌دار می‌باشند. مقایسه میانگین های گسترش‌پذیری تحت تاثیر اثر متقابل ایزوله سویا- اینولین نشان می‌دهد که کمترین میزان گسترش‌پذیری مربوط به تیمار (S_{20I_0})

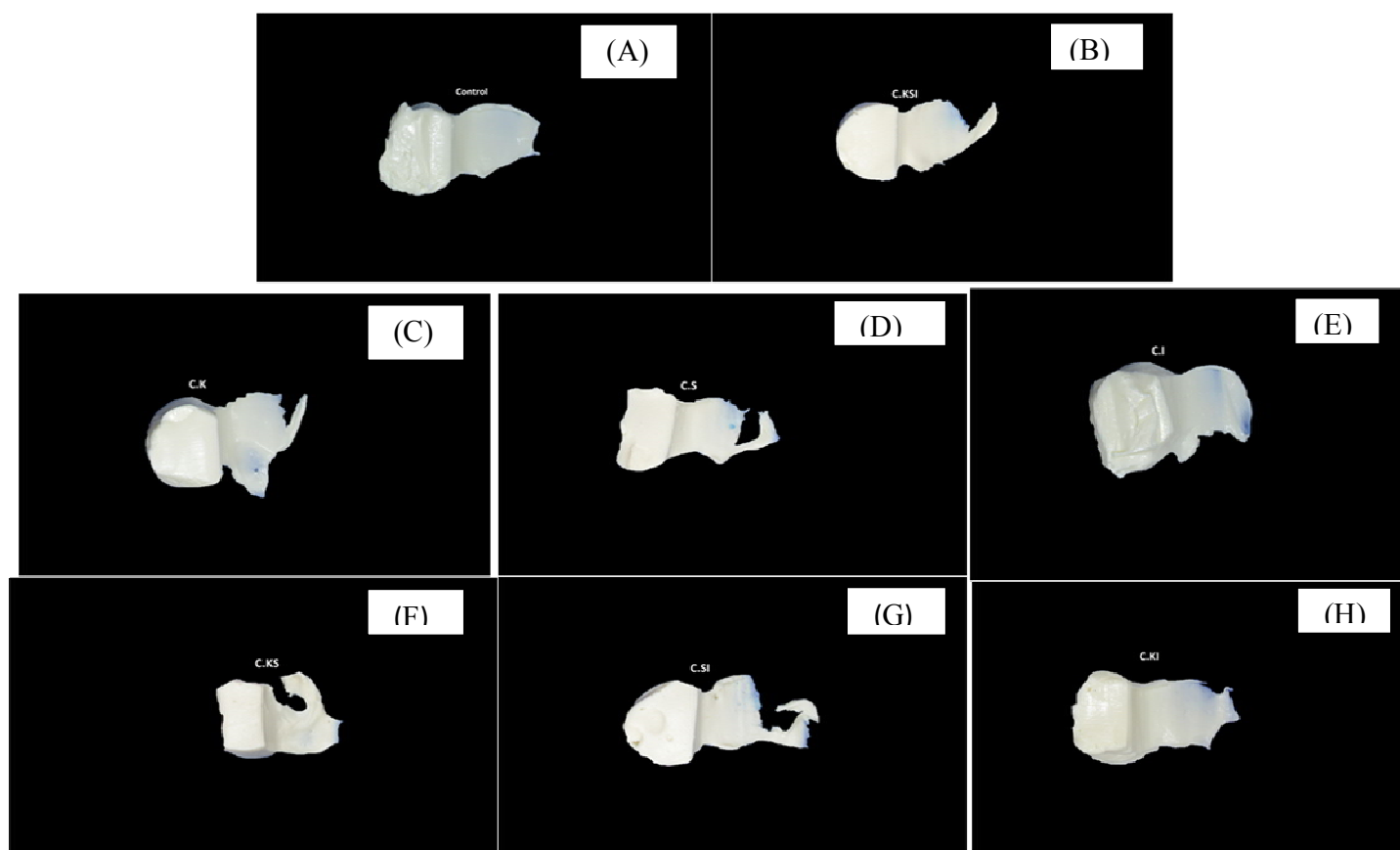


Fig 9 A view of shear stress of different formulations of the processed cheese

A: Control, B: Inulin-Koupe-SPI, C: Koupe, D: SPI, E: Inulin, F: Koupe- SPI, G: SPI -Inulin, H: Koupe-Inulin

در سیالیت مخلوط محتوی ایزوله سویا می گردد. البته در غلظت های بالای پروتئین های سویا موجود در فرمولاسیون، اینولین نمی تواند حتی در غلظت های بالای خود نیز از شدت ممانعت گسترش پذیری پنیر پروسس تولیدی توسط ایزوله سویا جلوگیری نماید. به نظر می رسد که فشردگی بالا در بخش پروتئینی، حرکت روان و جریان پذیری محصول را کند می کند. اینولین بدلیل دارا بودن گروه های هیدروفیل بالا در مقایسه با پروتئین های مورد بررسی، جذب آب بالایی داشته و می تواند با ورود به ساختار پروتئینی فشرده، ضمن ایجاد فاصله و فضا در شبکه ماتریکسی پروتئینی [۳۹]، در حضور پروتئین های ایزوله سویا، با یک شیب ملایم میزان گسترش پذیری محصول را افزایش دهد.

همان طور که در شکل ۹ ب مشاهده می شود، سطوح مختلف پنیر کوبه می تواند خود را بعنوان یک عامل مهم در گسترش پذیری

با توجه به شکل ۹ الف و با توجه به اینکه پروتئین های سویا در غلظت های بالا می توانند در شبکه کازئینی وارد و در ایجاد یک شبکه متراکم و فشرده سهیم باشند [۴۸]، سیالیت و جریان پذیری پنیر پروسس تولیدی حاوی ایزوله سویا در نتیجه برهم کنش های هیدروفوبی با کازئین ها و کاهش پیوند کازئین ها به یکدیگر و همچنین اتصال زیاد با مولکول های آب (نه محبوس نمودن آب)، یک شبکه پروتئینی الاستیک ایجاد نموده که نتیجه آن افت شدید گسترش پذیری محصول محتوی ایزوله سویا می باشد که در مقابل هرگونه تنش برشی آرام و نیروی گسترش پذیری مقاومت - نماید. البته این کاهش در شاخص گسترش پذیری با افزایش سطح اینولین شیب ملایم تری را نشان می دهد. به نظر می رسد دلیل چنین پدیده ای، جذب آب [۳۹] و متورم شدن زنجیره های بلند اینولین توسط گروه های فعال خود می باشد که سبب تسهیل

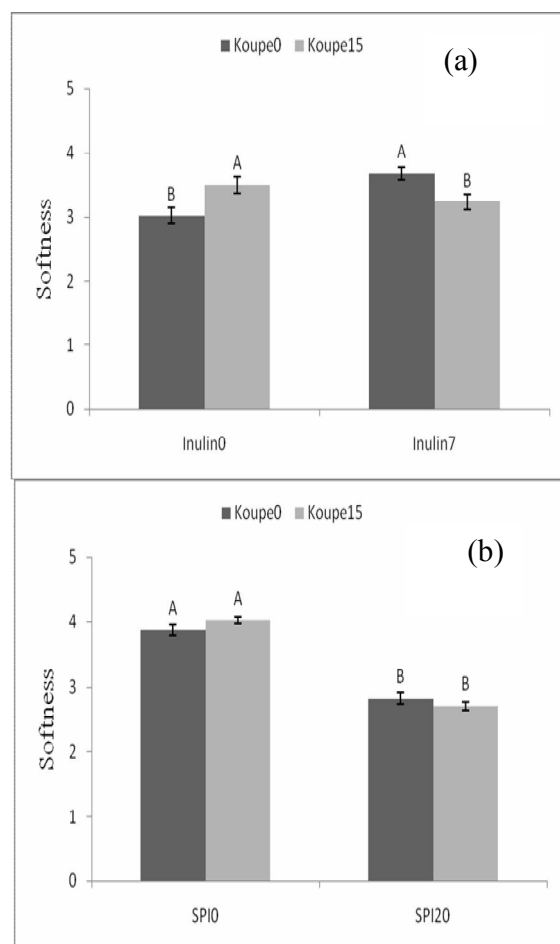


Fig 7 Interactive effects of Inulin $\times$ Koupe cheese (a) and SPI $\times$ Koupe cheese (b) on softness
* Same letters indicate non-significant difference ($P < 0.05$)

۳-۹- پارامترهای رنگ

تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات خطی سه فاکتور ایزوله سویا ($P < 0.001$)، پنیر کوپه ($P < 0.001$) و اینولین ($P = 0.009$)، اثرات متقابل ایزوله سویا- اینولین ($P < 0.001$) و پنیر کوپه- ایزوله سویا ($P < 0.001$) بر میزان پارامتر L^* و اثرات خطی ایزوله سویا ($P < 0.001$)، پنیر کوپه ($P < 0.001$)، اثرات متقابل ایزوله سویا- اینولین ($P < 0.001$) و پنیر کوپه- ایزوله سویا ($P < 0.001$)، پنیر کوپه- اینولین ($P < 0.001$) و اثرات متقابل سه گانه ایزوله سویا- اینولین- پنیر کوپه ($P = 0.033$) بر میزان پارامتر a^* و اثرات خطی پنیر کوپه ($P = 0.008$)، اینولین ($P < 0.001$)، اثرات متقابل ایزوله سویا- اینولین ($P < 0.001$) و پنیر کوپه- اینولین ($P < 0.001$) بر میزان پارامتر b^* معنی دار بود.

نشان دهد [۷] بصورتی که با افزایش مقدار پنیر رسیده کوپه در فرمولاسیون، گسترش پذیری افزایش قابل توجهی را نشان داد [۷]. این مسئله به نظر می رسد بدلیل عدم تشکیل یک ساختار فشرده و الاستیک [۱۱] و در نتیجه کاهش پیوندهای هیدروژنی و الکترواستاتیک در برهم کنش های میان پروتئین های هیدرولیز شده پنیر رسیده کوپه با کازئین های دست نخورده پنیر آنزیمی تازه می باشد. در واقع با افزایش میزان پنیر رسیده در فرمولاسیون، پیوندها میان انواع کازئینها در حد قابل قبولی ایجاد می گردد، اما ساختار پیوندها به قدری ضعیف است که کوچکترین تنش برشی می تواند بافت حاصله را به جریان درآورد. اینولین در حضور پنیر کوپه قابلیت گسترش پذیری محصول تولیدی را بهتر و بیشتر از زمان حضور سویا در فرمولاسیون افزایش می دهد. چرا که در رقابت جهت جذب آب، اینولین موفق تر عمل نموده (در حضور و مقایسه با ایزوله سویا) و با اتصالات میانی و عرضی در بین کازئین های دست نخورده (پنیر تازه) و شکسته و هیدرولیز شده (پنیر رسیده) سبب ایجاد یک جریان مناسب از گسترش پذیری می گردد.

۳-۸- نرمی

نتایج تجزیه واریانس پارامتر نرمی بافت (جدول ۳) حاکی از آن است که اثر خطی ایزوله سویا و اینولین معنی دار می باشد ($P < 0.001$). در حالی که اثرات متقابل ایزوله سویا- پنیر کوپه ($P = 0.026$) و پنیر کوپه- اینولین ($P < 0.001$) از لحاظ آماری معنی دار بود. مقایسه میانگین های پارامتر نرمی نشان داد که بطور کلی کاربرد ایزوله سویا موجب کاهش معنی دار نرمی بافت می گردد. این مساله نشان می دهد که در حضور پنیر کوپه شدت کاهش نرمی در اثر ایزوله سویا کاهش می یابد (شکل ۱۰ ب). اثرات متقابل پنیر کوپه- اینولین (شکل ۱۰ الف) نیز نشان داد که رفتار نرمی بافت در دو حالت کاربرد و عدم کاربرد پنیر کوپه متفاوت است. بطوریکه در حالت عدم کاربرد پنیر کوپه، افزودن اینولین موجب افزایش معنی دار نرمی گردید. در حالی که در حضور کاربرد پنیر کوپه، افزودن اینولین میزان نرمی را کاهش داد. همبستگی بین صفت های نرمی و سفتی بافت در جدول ۲ و ۳ نشان از رابطه معکوس و بسیار معنا دار بین دو پارامتر می باشد ($R = 91/4\%$).

پارامتر **a** که مولفه‌ای نا محدود است از ۱۲۰- تا ۱۲۰+ متغیر بوده و شامل رنگ های قرمز و سبز می‌باشد. اما در مولفه **b** مقادیر مثبت آن رنگ زرد و مقادیر منفی آن معادل رنگ آبی می باشد. مقایسه میانگین های پارامتر L^* تحت تاثیر اثر متقابل ایزوله سویا-اینولین نشان داد که بیشترین میزان پارامتر L^* مربوط به تیمارهای محتوی ایزوله سویا بود. این مساله نشان می‌دهد

رنگ معیاری مهمی در ارزیابی کیفی محصولاتی نظیر پنیر بوده و در انتخاب آن توسط مشتری بسیار تاثیرگذار می‌باشد. رنگ پنیر بر اساس نوع فرمولاسیون و سلیقه مصرف کنندگان ممکن است از زرد کم‌رنگ تا قرمز پرتقالی متغیر باشد [۴۹]. پارامتر Lab از سه مولفه **L** و **a** و **b** تشکیل شده است. پارامتر L^* معرف میزان روشنایی بوده و از صفر (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید) متغیر می‌باشد.

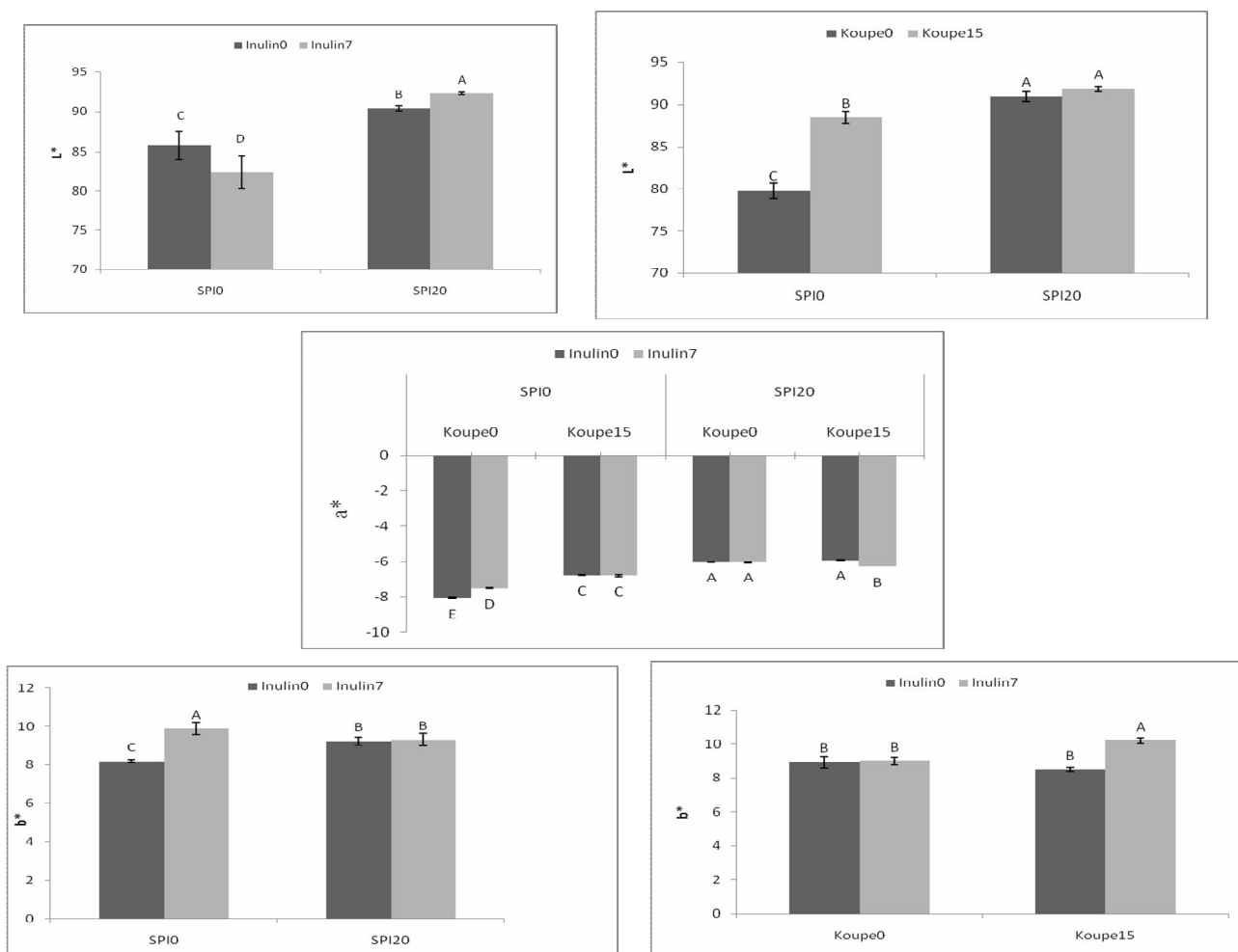


Fig 11 Amount of L^* , a^* and b^* parameters in different formulations
* Same letters indicate non-significant difference ($P < 0.05$)

اثر متقابل سویا و اینولین بر پارامتر L^* (شکل ۱۱) نشان داد که در عدم حضور ایزوله سویا، کاربرد اینولین موجب کاهش معنی‌دار L^* شد. در حالی که با حضور ایزوله سویا، کاربرد اینولین سبب افزایش معنی‌دار L^* گردید. همچنین، اثر متقابل سویا و کُوپه بر L^* (شکل ۱۱) نشان داد که در عدم حضور سویا با کاربرد کُوپه،

که ایزوله سویا در افزایش پارامتر L^* نقش بسزایی دارد (شکل ۱۱). حال آنکه اینولین سبب کاهش پارامتر L^* گردید. در مقابل، پنیر کُوپه موجب افزایش پارامتر L^* شد.

۳-۹-۱- تغییرات پارامتر L^*

- [3] Kapoor, R. and L. E. Metzger (2008). "Process Cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 7(2): 194-214.
- [4] Caric, M. and M. Kalab, Eds. (1993). *Processed cheese products. Cheese: chemistry, physic and microbiology*. London, Chapman & Hall.
- [5] Berger, W., H. Klostmeyer., et al. (1998). *Process Cheese Manufacture—A JOHA Guide*. Ladenberg, Germany.
- [6] Piska, I. and J. Štětina (2004). "Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese." *Journal of Food Engineering* 61(4): 551-555.
- [7] Brickley, C. A., M. A. E. Auty, et al. (2007). "The Effect of Natural Cheddar Cheese Ripening on the Functional and Textural Properties of the Processed Cheese Manufactured Therefrom." *Journal of Food Science* 72(9): C483-C490.
- [8] Kapoor, R., L. E. Metzger, et al. (2007). "Effect of Natural Cheese Characteristics on Process Cheese Properties." *Journal of Dairy Science* 90(4): 1625-1634.
- [9] Wang, F., X. Zhang, et al. (2011). "Effect of Proteolysis and Calcium Equilibrium on Functional Properties of Natural Cheddar Cheese during Ripening and the Resultant Processed Cheese." *Journal of Food Science* 76(3): E248-E253.
- [10] Buňka, F., L. Doudová, et al. (2013). "The effect of ternary emulsifying salt composition and cheese maturity on the textural properties of processed cheese." *International Dairy Journal* 29(1): 1-7.
- [11] Hladká, K., Z. Randulová, et al. (2014). "The effect of cheese maturity on selected properties of processed cheese without traditional emulsifying agents." *LWT - Food Science and Technology* 55(2): 650-656.
- [12] Gomes da Cruz, A., F. C. Alonso Buriti, et al. (2009). "Probiotic cheese: Health benefits, technological and stability aspects." *Trends in Food Science & Technology* 20(8): 344-354.
- [13] Rinaldoni, A. N., D. R. Palatnik, et al. (2014). "Soft cheese-like product development enriched with soy protein concentrates." *LWT*

پارامتر L^* به طور معنی داری افزایش یافت اما در حضور ایزوله سویا، کاربرد کوپه تاثیری را بر L^* نشان نداد.

۳-۹-۲- تغییرات پارامتر a^*

اثر متقابل سه گانه سویا، کوپه و اینولین بر پارامتر a^* نشان داد که در عدم حضور سویا و کوپه، کاربرد اینولین بطور معنی داری، موجب مثبت تر شدن a^* گردید اما در حضور سویا و کوپه، کاربرد اینولین بطور معنی داری موجب منفی تر شدن پارامتر a^* گردید.

۳-۹-۳- تغییرات پارامتر b^*

اثر متقابل کوپه و اینولین بر پارامتر b^* نشان داد که در عدم حضور کوپه، افزودن اینولین اثری بر b^* نداشت در حالی که در حضور کوپه، افزودن اینولین سبب افزایش معنی دار b^* گردید. همچنین، اثر متقابل سویا و اینولین بر پارامتر b^* (شکل ۱۱) حاکی از آن است که در عدم حضور سویا، افزودن اینولین سبب افزایش معنی دار b^* شد. اما در فرمول های محتوی سویا، افزودن اینولین اثر معنی داری را بر این پارامتر نشان نداد.

۴- نتیجه گیری

نتایج نشان داد که اثرات منفی فیزیکی و حسی پروتئین ایزوله سویا به عنوان یک جایگزین مهم پروتئینی در پنیر پروسس به دلیل ساختار مولکولی ویژه و متفاوت آنرا می توان با فرمولاسیون مناسبی از پنیر رسیده کوپه و اینولین کاهش داده و یک محصول غنی پروتئینی همراه با عطر و طعم خوشایند و بافتی مناسب با ویژگی های مورد نظر تولید نمود.

۵- منابع

- [1] Guinee, T.P., Caric, M., Kalab, M. 2004. Pasteurized processed cheese and substitute/imitationcheese 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..
- [2] [FDA] 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.

- [25] Salvatore, E., M. Pes, et al. (2014). "Replacement of fat with long-chain inulin in a fresh cheese made from caprine milk." *International Dairy Journal* 34(1): 1-5.
- [26] Karimi, R., M. H. Azizi, et al. (2015). "Application of inulin in cheese as prebiotic, fat replacer and texturizer: A review." *Carbohydrate Polymers* 119(0): 85-100.
- [27] Sołowiej, B., P. Glibowski, et al. (2015). "The effect of fat replacement by inulin on the physicochemical properties and microstructure of acid casein processed cheese analogues with added whey protein polymers." *Food Hydrocolloids* 44: 1-11.
- [28] Karimi, R., A. Mortazavian, et al. (2011). "Viability of probiotic microorganisms in cheese during production and storage: a review." *Dairy Science & Technology* 91(3): 283-308.
- [29] Karimi, R., S. Sohrabvandi, et al. (2012). "Review Article: Sensory Characteristics of Probiotic Cheese." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 11(5): 437-452.
- [30] Wang, H. H. and D. W. Sun (2002). "Correlation between Cheese Meltability Determined with a Computer Vision Method and with Arnott and Schreiber Tests." *Journal of Food Science* 67(2): 745-749.
- [31] Nishinari, K., Y. Fang, et al. (2014). "Soy proteins: A review on composition, aggregation and emulsification." *Food Hydrocolloids* 39(0): 301-318.
- [32] Blecker, C., J. P. Chevalier, et al. (2001). Inulin: Its physicochemical properties and technological functionality.
- [33] Beliciu, C. M. and C. I. Moraru (2011). "The effect of protein concentration and heat treatment temperature on micellar casein- soy protein mixtures." *Food Hydrocolloids* 25(6): 1448-1460.
- [34] Tay, S. L., G. Q. Xu, et al. (2005). "Aggregation profile of 11S, 7S and 2S coagulated with GDL." *Food Chemistry* 91(3): 457-462.
- [35] Grygorczyk, A., I. Lesschaeve, et al. (2013). "Impact of Structure Modification on Texture of a Soymilk and Cow's Milk Gel Assessed Using the Napping Procedure." *Journal of Texture Studies* 44(3): 238-246.
- [36] Grygorczyk, A., L. Duizer, et al. (2014). "Gelation of recombined soymilk and cow's - Food Science and Technology 55(1): 139-147.
- [14] De Mattos, Â. P., T. C. M. Ribeiro, et al. (2009). "Comparison of yogurt, soybean, casein, and amino acid-based diets in children with persistent diarrhea." *Nutrition Research* 29(7): 462-469.
- [15] Mandal, A. K., A. K. Bandyopadhyay, et al. (1996). "Chemical and sensory quality of Chhana and Sandesh from soy-milk and blends with cow and buffalo milk." *Indian Journal of Dairy and Biosciences* 7: 25-29.
- [16] Biswas, P. K., R. Chakraborty, et al. (2002). "Effect of blending of soy milk with cow milk on sensory, textural and nutritional qualities of chhana analogue." *Journal of Food Science and Technology* 39: 702-704.
- [17] Abdullah, M., S. Rehman, et al. (2003). "Effect of skim milk in soymilk blend on the quality of ice cream." *Pakistan Journal of Nutrition* 2: 305-311.
- [18] Drake, M. A. and P. D. Gerard (2003). "Consumer attitudes and acceptability of soyfortified yogurts." *Journal of Food Science* 68: 1118-1122.
- [19] Gokce, R. and O. Gursoy (2003). "Effects of soy milk incorporation on some physicochemical and sensory properties, color intensity and the cost of Kashar cheese." *Milchwissenschaft* 58: 493-498.
- [20] Granata, L. A. and C. V. Morr (2009). Improved Acid, Flavor and Volatile Compound Production in a High Protein and Fiber Soymilk Yogurt-like Product." *Journal of Food Science* 61(2): 331-336.
- [21] Malaki Nik, A., M. Alexander, et al. (2011). "Effect of Soy Protein Subunit Composition on the Rheological Properties of Soymilk during Acidification." *Food Biophysics* 6(1): 26-36.
- [22] Roberfroid, M., G. R. Gibson, et al. (2010). "Prebiotic effects: metabolic and health benefits." *British Journal of Nutrition* 104(SupplementS2): S1-S63.
- [23] Meyer, D., S. Bayarri, et al. (2011). "Inulin as texture modifier in dairy products." *Food Hydrocolloids* 25(8): 1881-1890.
- [24] Modzelewska-Kapituła, M. and L. Kłębukowska (2009). "Investigation of the potential for using inulin HPX as a fat replacer in yoghurt production." *International Journal of Dairy Technology* 62(2): 209-214.

- [44] Fox, P. F., J. A. Lucey, et al. (1990). "Glycolysis and related reactions during cheese manufacture and ripening." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 29(4): 237-253.
- [45] McSweeney, P. L. H. (2004). "Biochemistry of cheese ripening." *International Journal of Dairy Technology* 57(2-3): 127-144.
- [46] Hayaloglu AA, Cakmakci A, Brechany EY, Deegan, KC, McSweeney PLH. 2007. Microbiology, biochemistry, and volatile composition of Tulum cheese ripened in goat's skin or plastic bags. *J Dairy Sci* 90:1102-1121.
- [47] Solina, M., Baumgartner, P., Johnson, R. and Whitfield, F. (2005), 'Volatile aroma components of soy protein isolate and acid-hydrolysed vegetable protein', *FOOD CHEMISTRY*, vol 90, no 4, pp 861 - 873
- [48] Beliciu, C. M. and C. I. Moraru (2013). "Physico-chemical changes in heat treated micellar casein – Soy protein mixtures." *LWT - Food Science and Technology* 54(2): 469-476.
- [49] El-Nimr, A.A.; Hesham, A. E., M. M.; El-Abd, A. A., Mehriz; Hayam, M. A., and Hala, M. B.2010. Water Activity, Color Characteristics and Sensory Properties of Egyptian Gouda Cheese during Ripening. *Journal of American Science*.
- [50] Wang HH, Sun DW. Melting characteristics of cheese: analysis of effects of cooking conditions using computer vision technology. *J Food Engin* 2002; 51: 305-10.
- milk gels: Effect of homogenization order and mode of gelation on microstructure and texture of the final matrix." *Food Hydrocolloids* 35(0): 69-77.
- [37] Brunner, J. R. (1981). "Cow Milk Proteins: Twenty-Five Years of Progress1." *Journal of Dairy Science* 64(6): 1038-1054.
- [38] Balkır, P. and M. Metin (2011). "physicochemical and textural properties of imitation fresh kashar cheese spread from casein, caseinates and soy protein." *GIDA* 36(1): 17-24.
- [39] Paseephol, T., D. M. Small, et al. (2008). "Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition." *Journal of Texture Studies* 39(6): 617-634.
- [40] Chambre, M. and J. Daurelles, Eds. (2000). *Processed cheese. Cheesemaking: from science to quality assurance*, Lavoisier Publishing Inc.
- [41] Chen, W., X. LI, et al. (2014). "Review: Emulsification properties of soy bean protein." *nusantara bioscience* 6(2): 196-202.
- [42] Jourdain, L., M. E. Leser, et al. (2008). "Stability of emulsions containing sodium caseinate and dextran sulfate: Relationship to complexation in solution." *Food Hydrocolloids* 22(4): 647-659.
- [43] Awad, R. A., L. B. Abdel-Hamid, et al. (2002). "Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures." *LWT - Food Science and Technology* 35(1): 54-61.

Evaluating of processed spreadable cheese formulation made from Koupe cheese, Soy protein isolate (SPI) and inulin

Vaziri, M.¹, Mazaheri Tehrani, M.^{2*}, Mortazavi, S. A.², Esmaili, M.³

1. Ph.D Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

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

3. Department of Food Science and Technology, Urmia University of Urmia

(Received: 2015/09/05 Accepted: 2016/01/19)

In order to study the effects of Koupe cheese, soy protein isolate (SPI) and inulin on physical and sensory properties of processed cheese an experiment was conducted using a factorial layout in a completely randomized design with three replications. The levels of studied factors included: 0 and 15% Koupe, 0 and 20% SPI, 0 and 7% inulin. Results of this experiment showed that the main and interaction effects of variables on investigated properties were significant ($p < 0.01$). Accordingly, SPI application resulted in the increase of firmness increase (48.82 N*s), oiling-off (175.07%) and decreasing of cohesiveness (0.42), softness (2.828), meltability (103.27%), spreadability (2.986), taste (2.056) and aroma (2.694), whereas inulin application increased spreadability (4.25), meltability (116.04%), cohesiveness (0.8) and decreased oiling-off (148.95%) and firmness (13.734 N*s). In addition Koupe cheese led to increase softness (4.028), spreadability (3.542), meltability (107.68%), oiling-off (260.3), taste (4.083) and aroma (4.528) and decrease firmness (20.601 N*s) and cohesiveness (0.67) of formulations. Color evaluation indicated that variable affected the L^*a^*b parameters in cheese samples, so that the L^* parameter was increased by SPI and Koupe cheese application but was decreased by inulin application. The a^* parameter was increased by SPI and Koupe cheese and the b^* parameter was increased by Koupe cheese and inulin application.

Key word: Processed cheese, physicochemical properties, Koupe cheese, Soy protein isolate (SPI) and inulin

* Corresponding Author E-Mail Address: mmtehrani57@gmail.com