

ویژگیهای رئولوژیکی دینامیک (نوسانی) پنیر پیتزای پروسس آنالوگ حاوی ایزوله‌ی پروتئین سویا در جایگزینی جزئی کازئینات

فرناز رضائیان عطار^{۱*}، جواد حصاری^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی پردیس بین‌المللی ارس دانشگاه تبریز

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۳۱)

چکیده

افزودن ایزوله‌ی پروتئین سویا می‌تواند اقدامی مفید و مقرون به صرفه برای بهبود ویژگیهای عملکردی پنیر پیتزای آنالوگ باشد. پنیرهای آنالوگ حاوی ۲، ۳ و ۵٪ وزنی-وزنی ایزوله‌ی پروتئین سویا در جایگزینی جزئی کازئینات تولید شدند و رئولوژی دینامیک این محصولات تحت آزمون روبش دما در مقایسه با نمونه‌ی شاهد (بدون سویا) مطالعه گردید. ویژگیهای رئولوژیکی دینامیک پنیرهای آنالوگ حاوی سطوح گوناگون ایزوله‌ی پروتئین سویا با استفاده از یک رئومتر تحت کرنش ثابت بررسی گردید. مدول ذخیره (G')، مدول افت (G'') و زاویه افت به عنوان تابعی از دما اندازه گیری شدند. مدول ذخیره و مدول افت پنیرهای آنالوگ به طور معنی‌داری در تمامی دماهای آزمون (35°C) با افزودن ایزوله‌ی پروتئین سویا کاهش یافتند ($P < 0.05$). افزودن سویا به طور معنی‌داری مقدار حداکثر را در مقایسه با نمونه‌ی شاهد افزایش داد ($P < 0.05$) و افزودن ۵٪ وزنی-وزنی سویا در جایگزینی جزئی کازئینات، بزرگترین تاثیر را داشت. در ارزیابی حسی از نظر بافت و احساس دهانی؛ طعم و پذیرش کلی، بالاترین امتیاز به نمونه‌ی شاهد تعلق گرفت، درحالی که نمونه‌ی حاوی ۵٪ وزنی-وزنی ایزوله‌ی پروتئین سویا دارای پائین‌ترین امتیاز بود. نمونه‌ها از نظر بافت و احساس دهانی؛ و طعم با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌داری داشتند ($P < 0.05$)، در حالی که از نقطه نظر پذیرش کلی، تفاوت معنی دار نبود ($P > 0.05$). نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن ایزوله‌ی پروتئین سویا، ویژگیهای رئولوژیکی دینامیک را به عنوان تابعی از دما و در نتیجه ویژگیهای عملکردی (برای مثال، ذوب‌پذیری)، و همچنین ویژگی‌های حسی پنیر پیتزای آنالوگ را تحت تاثیر قرار داد.

کلید واژگان: پنیر پیتزای پروسس آنالوگ، ایزوله‌ی پروتئین سویا، آزمون روبش دما، ارزیابی حسی.

* مسئول مکاتبات: Farnazrezaiyan@yahoo.com

۱- مقدمه

پنیرهای آنالوگ یا شبه پنیرها، با پنیرهای طبیعی متفاوت هستند، زیرا در تولید آنها به جای پروتئین طبیعی شیر، از کازئینات یا دیگر منابع پروتئینی و همچنین روغنهای گیاهی، نمکهای امولسیفایر و آب (بدون اضافه کردن رنت یا باکتریهای استارتر) استفاده می‌شود. عموماً، یک سیستم طعمی تا حد امکان مشابه به پنیر طبیعی نیز در پنیرهای آنالوگ ایجاد می‌گردد [۱ و ۲]. همچنین، روش فرآوری مناسبی برای فراهم‌سازی ویژگیهای مورد نیاز بافتی و عملکردی محصول ضروری است. پنیرهای آنالوگ می‌توانند به عنوان محصولات مهندسی شده، شناخته گردند. فروش پنیر آنالوگ ارتباط نزدیکی با توسعه در بخش غذاهای فوری دارد [۳]. در واقع ترجیح مصرف کننده به غذاهای فوری دارای پنیر ذوب شده مانند پای پیتزا و سس ها، تولید پنیرهای آنالوگ را ضروری کرده است، در این میان، پنیر موزارلای آنالوگ از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است [۴]. صنایع شیر کشور بایستی توجه نمایند که محصولات آنالوگ، نتیجه‌ی توسعه‌ی فن‌آوری تولید برای پاسخ به نیازهای بازار می‌باشند، بنابراین عدم توجه به آنها به معنی کم کردن نوآوری محصول و فرصت‌های بازار است [۱].

پروتئین‌های غذایی برای اطمینان از تغذیه مناسب ضروری هستند. ایجاد منابع جدید پروتئینی و بهینه‌سازی منابع موجود، از مهمترین رویکردها در صنعت غذا می‌باشند [۵]. علاوه بر این، استفاده از ترکیبات سودمند برای سلامتی، رویکردی با مطلوبیت روزافزون در صنعت غذا است. غذاهای عملگرا، به غذاها یا ترکیبات غذایی اطلاق می‌گردد که اثرات سودمند فیزیولوژیکی ویژه‌ای را فراهم می‌سازند و یا خطر بیماری‌های مزمن را کاهش می‌دهند [۶ و ۷]. به نظر می‌رسد که پنیر آنالوگ ماتریکس خوبی برای واردسازی پروتئین‌های گیاهی باشد. بنابراین، پنیرهای آنالوگ، به دلیل سودمندی‌های بالقوه‌ی زیاد، پذیرش روزافزونی را از سوی فرآوری کنندگان غذا و مصرف کنندگان بدست آورده‌اند [۱ و ۸-۱۰]. تعدادی از محققان، پروتئین‌های گیاهی ارزان‌تر مانند ایزوله‌ی پروتئین بادام زمینی [۱۱]، پنبه دانه و سویا [۱۲ و ۱۳] را به عنوان جایگزین کازئین بررسی کرده‌اند. از تمامی پروتئین‌های گیاهی، مهمترین گزینه پروتئین سویا است [۱۴].

تاریخ محصولات شبه پنیر بر پایه پروتئین‌های گیاهی، به دوران چینی‌های باستان برمی‌گردد، که از سوفو، یک دلمه‌ی تخمیر شده‌ی سویا استفاده می‌کردند [۱۵]. محصولات سویا مانند شیر سویا و پروتئین سویا، نقش مهمی را در صنایع لبنی به عنوان جایگزین با قیمت کم برای پروتئین شیر بازی می‌کنند [۱۶ و ۱۷]. علاوه بر این، پروتئین سویا، به دلیل ارزش تغذیه‌ای خوب و دسترسی فراوان به عنوان محصول جانبی فرآوری روغن، توجه قابل ملاحظه‌ای را برای جایگزینی پروتئین‌های حیوانی گران قیمت در غذاهای مرسوم دریافت کرده است [۱۸]. در واقع، پروتئین سویا ارزان‌ترین و در دسترس‌ترین منبع پروتئین دارای کیفیت بالای تغذیه‌ای می‌باشد، که ارزش بیولوژیکی آن بالاتر از کازئین است [۱۶]. سازمان غذا و داروی ایالت متحده، ادعای سلامتی‌بخشی سویا را در ۲۶ اکتبر ۱۹۹۹ با بیان اینکه ۲۵ گرم از پروتئین سویا در روز می‌تواند خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی را کاهش دهد، تصویب کرد. غذاهای دارای سویا به سرعت به نفوذ خود در فرهنگ‌ها و رژیم‌های غذایی ادامه می‌دهند، زیرا بازار نسبت به این ادعای سلامتی‌بخشی بسیار پاسخگو است [۱۹ و ۲۰]. فرمولاسیون‌های غذایی گوناگونی وجود دارند که پروتئین سویا را معمولاً به دلیل سودمندی‌های سلامتی‌بخشی یا بهبود مشکل در دسترس نبودن شیر، برای مقاصد گوناگون وارد می‌سازند [۸، ۹، ۱۵ و ۲۱-۲۴]. علاوه براین، محصولات لبنی بسیاری وجود دارند که بایستی برای ایجاد محصولات جدیدی که می‌توانند نیازهای بازار را در زمینه‌های مختلف (مانند میزان پروتئین کافی، سودمندی‌های تغذیه‌ای، قیمت تولید، در دسترس بودن بیشتر و پایداری طی زمان) برطرف نمایند، مورد ارزیابی واقع شوند [۲۵].

ویژگیهای عملکردی پنیر آنالوگ بوسیله مواد متشکله کنترل می‌گردند [۲۶]. بنابراین تغییر فرمولاسیون پنیر آنالوگ نیازمند شناخت رفتار عملکردی اجزای آن در کاربردهای عملی مانند پیتزا و لازانیا است. برای چنین کاربردهایی، پیش بینی سختی به منظور رنده کردن، ریز کردن، خرد کردن پنیر و ذوب‌پذیری ضروری است. مشتقات کازئین در محصولات پنیر آنالوگ به طور عمده‌ای به دلیل ویژگیهای عملکردی، مانند هیدراسیون، امولسیفیکاسیون چربی و همچنین ویژگیهای تغذیه‌ای استفاده می‌گردند [۲۷]. در هر حال، کاربرد این ترکیبات به دلیل هزینه‌ی

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

مواد اولیه‌ی مورد استفاده در فرمول‌بندی پنیر پیتزای آنالوگ بدین شرح بودند: ایزوله‌ی پروتئین سویا با مارک تجاری Crown تولید کشور چین (پروتئین ۹۰٪، چربی حداکثر ۳/۰٪، رطوبت حداکثر ۵٪، خاکستر کل حداکثر ۴٪، خاکستر محلول در اسید حداکثر ۲/۰٪ و pH ۵/۰ ± ۷/۰)؛ کازئینات سدیم با مارک تجاری DMV تولید کشور هلند (رطوبت ۶٪، میزان پروتئین ۸۸٪، چربی و خاکستر ۶٪)؛ پودر طعم دهنده‌ی آویشن (شرکت زیلان، آمل، ایران)؛ و روغن گیاهی بادام زمینی که به روش پرس سرد تهیه گردید. تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده در این مطالعه، ساخت شرکت مرک آلمان و با درجه خلوص تجزیه‌ای بودند.

۲-۲- روش ها

۲-۲-۱- تهیه پنیر

تولید پنیر پیتزای آنالوگ (APC)^۲، که مشابه تولید سایر محصولات پنیر پروسس (PCPs)^۳ می‌باشد، شامل فرمولاسیون، فرآوری و بسته بندی محصول ذوب شده‌ی داغ است، در حالی که فرمولاسیون APC با فرمولاسیون PCPs متفاوت است، زیرا به طور معمول در فرمولاسیون پنیر پیتزای آنالوگ، پنیر وجود ندارد، گرچه ممکن است مقداری پنیر به عنوان عامل طعم دهنده اضافه گردد. نمونه‌های پنیر آنالوگ در کارخانه شیر پاستوریزه پگاه تبریز تهیه شدند. نمونه‌ها با ۳۸/۵٪ آب؛ ۳۰٪ کازئینات سدیم که در درصدهای ۲، ۳ و ۵٪ وزنی-وزنی [۴۲-۴۴ و ۴۹] با مقادیر متناظر از ایزوله‌ی پروتئین سویا در فرمولاسیون تولید جایگزین گردید (جدول ۱)؛ ۲۵٪ روغن بادام زمینی؛ ۱/۹۸٪ نمک امولسیفایر سترات سدیم؛ ۰/۰۲٪ نمک کلسیم کلرید (تقویت خصوصیت کشسانی) [۱]؛ ۰/۰۴٪ لاکتیک اسید؛ ۰/۱٪ نگهدارنده پتاسیم سوربات؛ ۲٪ نمک طعام (تشدید کننده‌ی طعم) و ۲٪ پودر آویشن (طعم دهنده)؛ با استفاده از حرارت غیرمستقیم در یک حمام آب  همزمان با همزنی در ۱۰۰ دور در دقیقه با استفاده از یک همزن دستی تولید شدند. تمامی مواد خشک (کازئینات

بالا و نقایص عملکردی معین محدود است. پروتئین‌های گیاهی ارزان [۱۱ و ۲۸]، صمغ‌ها و انواع نشاسته [۱۰ و ۲۹-۳۲] قابلیت کاربرد متفاوتی را به عنوان جایگزین کازئین در پنیر آنالوگ نشان داده‌اند.

پنیر یکی از اولین غذاهایی بود که بوسیله‌ی روش‌های رئولوژیکی بنیادی بررسی گردید [۳۳]. ویژگیهای رئولوژیکی پنیرهای آنالوگ به دلیل اینکه به طور گسترده‌ای به عنوان یکی از اجزا در غذاهای آماده مانند انواع پیتزا، برگر و ساندویچ‌های برشته شده استفاده می‌گردند، بسیار مهم می‌باشند [۲۹]. رئولوژی دینامیک، روشی اساسی است که برای اهداف مختلفی در تحقیقات پنیر استفاده شده است. این تکنیک برای تشخیص پنیر موزارلای آنالوگ از طبیعی [۳۴] و پنیر چشیر^۱ و چدار [۳۵] و درک رفتار رئولوژیکی مرتبط با کاهش چربی در پنیر چدار [۳۶] بکار رفته است. آنالیزهای دینامیک، برای ارزیابی تاثیر روشهای انبارداری [۳۷ و ۳۸] و دماهای پخت [۳۹] بر رئولوژی پنیر موزارلا نیز استفاده شده‌اند. همچنین، رئولوژی پنیر ذوب شده به طور موفقیت‌آمیزی با استفاده از اندازه‌گیری‌های دینامیک مشخص شده است [۳۴، ۳۸، ۴۰ و ۴۱]. علاوه بر این، رئولوژی دینامیک، قابلیت فراهم‌سازی اطلاعات مرتبط با تغییرات ایجاد شده در خواص ویسکوالاستیک پنیرهای آنالوگ حاوی سطوح گوناگون انواع مواد افزوده شده، مانند نشاسته‌ی طبیعی (ذرت، ذرت مومی، گندم و سبب زمینی) [۱۰ و ۴۲-۴۴] و اصلاح شده (برنج، ذرت، ذرت مومی، گندم، برنج) [۳۱ و ۴۵-۴۷] در اثر حرارت را دارد، که می‌تواند در مرحله تولید و استفاده‌ی نهایی، برای مثال در محصولات پیتزا، مفید باشد. هدف از این مطالعه تعیین اثرات افزودن سطوح متفاوت ایزوله‌ی پروتئین سویا به عنوان جایگزین گیاهی و جزئی کازئینات، بر ویژگیهای رئولوژیکی دینامیک طی اعمال حرارت، و ویژگی‌های حسی پنیر پیتزای پروسس آنالوگ می‌باشد. با در نظر گرفتن اینکه در این مطالعه، هردوی پروتئین و چربی دارای منشا گیاهی (پروتئین با ارزش بیولوژیکی بالا و چربی غیراشباع) هستند، تولید این محصول آنالوگ به عنوان غذای عملگرا یا فراسودمند در نظر گرفته می‌شود [۴۸].

2. Analogue pizza cheese

3. Pasteurized processed cheese products

1. Cheshire

(بدون سویا) آماده شدند. سه بچ ۱۰۰ گرمی از هر نوع پنیر تولید گردید.

فرآیند استفاده شده برای تهیه‌ی پنیر (حرارت غیرمستقیم در یک حمام آب 90°C همزمان با همزنی در ۱۰۰ دور در دقیقه با استفاده از یک همزن دستی) سبب مخلوط شدن کافی در حین شدت نسبتاً پائین برش مکانیکی، در مقایسه با اثرات هموژنیزه کردن برخی از دیگ های پنیر پروسس می‌گردد [۵۰] و بنابراین سبب پراکندگی کم روغن و اندازه نسبتاً بزرگ گلبول آن می‌شود.

اضافه کردن طعم دهنده در انتهای فرآیند تولید، از دست رفتن طعم‌های فرار را حداقل می‌کند. درجه‌ی pH محصول نهایی، با اضافه کردن نمک امولسیفایر، که pH مخلوط را طی فرآوری تنظیم و بافری می‌کند، تنظیم می‌گردد. اضافه کردن اسید در انتهای فرآوری، روشی مرسوم برای تعدیل pH محصول پخته شده تا میزان مورد نیاز در محصول نهایی می‌باشد.

سدیم، ایزوله‌ی پروتئین سویا، سیترات سدیم، کلسیم کلرید، نمک طعام و پتاسیم سوربات) و آب، در ظرف استیل در دمای آزمایشگاه مخلوط شدند، سپس روغن بادام زمینی اضافه گردید و پخت در دمای 90°C حین همزنی تا زمانی که یک توده‌ی ذوب شده‌ی همگن حاصل گردید (۶ دقیقه) صورت گرفت ($8/5^{\circ}\text{C}$). سپس لاکتیک اسید و پودر آویشن اضافه شد و مخلوط کردن به مدت ۲ دقیقه (تا زمانی که یک توده‌ی پنیری همگن و به خوبی امولسیفیه شده تشکیل گردید) ادامه یافت. در ادامه، توده‌ی داغ ذوب شده قالب گذاری شد و برای کند کردن بافت‌دهی بیشتر، که رئولوژی نهایی پنیرآنالوگ را تحت تاثیر قرار می‌دهد، به سرعت به یک فریزر با دمای -20°C منتقل شد [۴۲]، پس از حدود ۲۰ دقیقه از فریزر خارج گردید، با سلفون بسته بندی گشت و سپس به یخچال با دمای 4°C منتقل شد و در این دما تا هنگام نیاز انبار گردید. با استفاده از این فرآیند، ۳ نوع پنیر پیتزای آنالوگ حاوی ۲، ۳ و ۵٪ وزنی-وزنی ایزوله‌ی پروتئین سویا از طریق جایگزینی این مقادیر کازئینات با سویا و یک نمونه‌ی شاهد

جدول ۱ مقدار ترکیبات مورد استفاده در فرمولاسیون نمونه‌های مختلف پنیر (درصد وزنی).

ترکیبات	شاهد	Sb $28-2^*$	Sb $27-3$	Sb $25-5$
آب	۳۸/۵	۳۸/۵	۳۸/۵	۳۸/۵
کارئینات سدیم	۳۰	۲۸	۲۷	۲۵
ی پروتئین ایزوله سویا	—	۲	۳	۵
روغن بادام زمینی	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
سیترات سدیم	۱/۹۸	۱/۹۸	۱/۹۸	۱/۹۸
کلسیم کلرید	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
لاکتیک اسید	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴
پتاسیم سوربات	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
نمک طعام	۲	۲	۲	۲
پودر آویشن	۲	۲	۲	۲

* Sb، مخفف کلمه‌ی Soybean (لوبیای سویا) می‌باشد.

۲-۲-۲- ترکیب شیمیایی

pH نمونه‌های پنیر با استفاده از pH سنج دیجیتال (مدل ۷۶۶، Knick، آلمان) تعیین گردید، رطوبت نمونه‌های پنیر با استفاده از ترازوی رطوبت‌سنج (مدل SARTORIUS MA 35، آلمان)

تعیین شد. میزان چربی نمونه‌های پنیر به روش ژربر مشخص گردید و مقدار پروتئین کل نمونه‌های پنیر از راه اندازه گیری ازت کل به روش کلدال (A. O. A. C روش شماره‌ی ۲۰/۱۲۳) و

تبدیل رقم بدست آمده به محتوای پروتئینی با ضرب کردن آن در ۶/۳۸ بدست آمد. تمامی آنالیزها در ۳ تکرار انجام شدند.

۲-۲-۳- ارزیابی ویژگیهای رئولوژیکی دینامیک به عنوان

تابعی از دما

اندازه گیریهای رئولوژیکی دینامیک (نوسانی) با استفاده از یک رئومتر (مدل Paar Physica UDS 200، ساخت Universal Dynamic Spectrometer، اتریش) تحت کرنش ثابت ۰/۵٪ (زیر ۱٪) برای ایجاد ناحیه ویسکوالاستیک خطی و در فرکانس ثابت ۱ هرتز، ۳ روز پس از تولید نمونه، در دانشکده مهندسی پلیمر دانشگاه صنعتی امیرکبیر انجام شدند. برطبق روش مونسی و اوربوردان [۳۱]، تعیین ویژگیهای رئولوژیک نمونههای دیسک شکل (با شعاع ۲۵ میلی‌متر و ضخامت ۱/۹ میلی‌متر)، با استفاده از رئومتري صفحه-صفحه (Plate and Palate) با قطر ۲۵ میلی‌متر انجام شد و میزان Gap (فاصله بین صفحه گردان و صفحه ثابت) معادل با ۱/۸ میلی‌متر بود. دمای نمونه‌ها از ۳۵ تا ۵°C با سرعت ۵ درجه‌ی سلسیوس در دقیقه افزایش یافت. پارامترهای اندازه گیری شده به عنوان تابعی از دما، شامل مدول ذخیره (G')، مدول افت (G'') و زاویه افت (G''/G') □ بودند.

۲-۲-۴- ارزیابی حسی

برای ارزیابی حسی از ۱۰ نفر (۵ مرد و ۵ زن) از دانشجویان آموزش دیده‌ی دانشگاه تبریز در محدوده‌ی سنی ۱۸-۲۵ سال خواسته شد تا با آزمون کیفی نمونه‌های پنیر آنالوگ تولیدی که به طور تصادفی رمزگذاری شماره‌ای شده بودند، نظر خود را پیرامون بافت و احساس دهانی، طعم و پذیرش کلی ۴ نمونه متفاوت پنیر با درج نمره‌ای بین ۱ تا ۴ (یک= مطلوب‌ترین و چهار= نامطلوب‌ترین) در فرم مربوطه، بر طبق روش میلگارد و همکاران [۵۱]، بیان کنند. نمونه‌های مورد ارزیابی پس از ۳ روز انبار پس از تولید بدست آمدند. ارزیاب‌ها در مکان‌های جداگانه نشانداده شدند. قبل از ارزیابی، هر پنیر به شکل مکعب‌های ۱۰ گرمی بریده شد، در دمای اتاق (۲۰°C) به تعادل رسید و در فویل

آلومینیوم قرار داده شد. پس از وقفه‌ی حدود ۱۰ دقیقه، مکعب‌های پنیر دارای پوشش آلومینیوم، با قرار گرفتن در یک آون ۵°C به مدت ۴ دقیقه تحت حرارت قرار گرفتند و سپس به مدت حدود ۱ دقیقه تا ۵°C بر روی میز خنک شدند و سپس به ارزیاب‌ها داده شدند. دمای نمونه‌های پنیر با واردسازی یک ترموکوپل نوع T (Tempsens Instruments، هند) در مرکز قطعه‌ی پنیر به مدت ۲۰ ثانیه ثبت شد. ارزیاب‌ها برای ارزیابی نمونه‌های داغ بلافاصله پس از باز کردن بسته بندی، تحت آموزش قرار گرفتند. طی آزمون به ارزیاب‌ها بیسکویت و آب داده شد. نتایج فرم‌ها پس از جمع‌آوری جهت آنالیز آماری استفاده گردید.

۲-۲-۵- تحلیل آماری

نتایج این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم افزار SPSS v.19 تجزیه و تحلیل گردید. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel صورت گرفت. کلیه تیمارها و آزمایش‌ها در ۳ تکرار انجام گرفتند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی پنیرهای آنالوگ حاوی سطوح متفاوت ایزوله‌ی پروتئین سویا، در جدول ۲ نشان داده شده است. نمونه‌ها از نظر میزان پروتئین و چربی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P \geq 0/05$). بیشترین و کمترین میزان رطوبت به ترتیب در نمونه‌های Sb۲۵-۵ و شاهد مشاهده گردید و نمونه‌ها از نظر میزان رطوبت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند ($P \leq 0/05$). همچنین، بیشترین و کمترین میزان pH نیز به ترتیب در نمونه‌های Sb۲۵-۵ و شاهد مشاهده شد و از نظر میزان pH، تفاوت معنی‌داری میان نمونه‌ها مشاهده گردید ($P \leq 0/05$).

جدول ۲ ترکیب شیمیایی نمونه‌های پنیر.

نمونه	% پروتئین	% چربی	% رطوبت	pH
شاهد	۳۰/۴۶± ۰/۱۲ ^a	۲۵/۵۶± ۰/۱۰ ^a	۳۷/۰۱± ۰/۲۵ ^b	۵/۹۹± ۰/۰۲ ^b
Sb۲۸-۲	۳۰/۲۹± ۰/۱۸ ^a	۲۵/۳۲± ۰/۲۷ ^a	۳۷/۲۲± ۰/۲۲ ^{ab}	۶/۰۱± ۰/۰۲ ^b
Sb۲۷-۳	۳۰/۱۴± ۰/۲ ^a	۲۵/۴۰± ۰/۲۱ ^a	۳۷/۳۹± ۰/۱۶ ^{ab}	۶/۰۱± ۰/۰۱ ^b
Sb۲۵-۵	۲۹/۹۷± ۰/۲۵ ^a	۲۵/۴۶± ۰/۱۷ ^a	۳۷/۵۴± ۰/۱۱ ^a	۶/۰۶± ۰/۰۱ ^a

مقادیر، نشان دهنده‌ی میانگین سه تکرار می‌باشند. حروف مشابه درستون، نشان دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) است.

۳-۲- ویژگیهای رئولوژیکی دینامیک به عنوان

تابعی از دما

تاثیر ترکیبات و شرایط فرآوری گوناگون بر خصوصیات رئولوژیکی پنیرهای آنالوگ، به طور گسترده‌ای با استفاده از روش‌های بررسی گوناگون، مانند آزمون‌های رئولوژیکی در کرنش‌های بزرگ و کوچک، مطالعه شده است [۲۹ و ۵۲-۵۵]. مطالعات اخیر نشان داده است که برهم کنش میان نشاسته‌ی افزوده شده و کازئین، خصوصیات رئولوژیکی پنیر آنالوگ را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۱۰، ۳۰ و ۳۱]. افزودن انواع نشاسته‌ی

طبیعی و اصلاح شده در جایگزینی جزئی کازئین سبب تغییرات معنی‌داری در خصوصیات بافتی، ذوبی و خصوصیات رئولوژیکی دینامیک وابسته به دمای پنیر آنالوگ می‌گردد [۱۰]. مدول ذخیره (G') شاخص توانایی ماده برای ذخیره انرژی است (که خصوصیت الاستیک آن است)، در حالیکه مدول افت (G'') شاخص توانایی ماده برای پراکنده‌سازی انرژی است (که خصوصیت ویسکوز آن است). $\tan \delta$ شاخص مناسبی از خصوصیت ویسکوالاستیک ماده است، که مقادیر ۱ نشان دهنده‌ی رفتار شبیه ژل است.

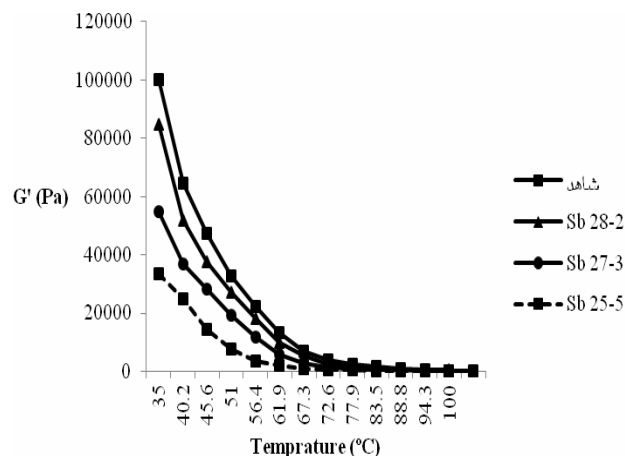
جدول ۳ تاثیر افزودن مقادیر متفاوت ایزوله‌ی پروتئین سویا در جایگزینی جزئی کازئینات بر مقادیر G' ، G'' و $\tan \delta$ در ۳۰°C؛ و بر مقدار ماکزیمم $\tan \delta$ در محدوده‌ی ۳۵-۳۰°C، در پنیر آنالوگ.

نوع پنیر	G' (KPa) (°C)	G'' (KPa) (°C)	$\tan \delta$ (°C)	$\tan \delta$ (Max) (°C)
شاهد	۱۰۰± ۱/۸ ^a	۳۱/۳± ۱/۲ ^a	۰/۳۱± ۰/۰۵ ^b	۱/۴۳± ۰/۰۴ ^d
Sb۲۸-۲	۸۴/۸± ۱/۲ ^b	۲۹/۵± ۲/۱ ^a	۰/۳۴± ۰/۰۴ ^b	۱/۵۹± ۰/۰۲ ^c
Sb۲۷-۳	۵۴/۷± ۱/۱ ^c	۲۱/۸± ۲/۴ ^b	۰/۳۹± ۰/۰۷ ^b	۱/۷۴± ۰/۰۲ ^b
Sb۲۵-۵	۳۳/۳۸± ۱/۰ ^d	۱۹/۶± ۲/۱ ^b	۰/۵۸± ۰/۰۸ ^a	۲/۱۳± ۰/۰۵ ^a

مقادیر، نشان دهنده‌ی میانگین سه تکرار می‌باشند. حروف یکسان درستون، نشان دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) است.

با توجه به جدول ۳، مدول ذخیره (G') نمونه‌ی Sb۲۵-۵ در ۳۳/۱۰± ۱/۰ kPa، به طور معنی‌داری پائین‌تر از نمونه‌های دیگر بود ($P \leq ۰/۰۵$). برای تمامی نمونه‌ها در ۳۰°C، مقدار G' از G'' بزرگتر بود، که نشان‌دهنده‌ی غالب بودن رفتار الاستیک پنیرهای آنالوگ می‌باشد [۴۸]. رینالدونی و همکاران [۴۸] پنیرهای آنالوگ را از شیر پس‌چرخ گاو دارای مقادیر مختلف

پروتئین سویا تولید کردند. آنها مشاهده کردند که در تمامی نمونه‌ها میزان G' بالاتر از G'' بود. همچنین، با افزایش سطح ایزوله‌ی پروتئین سویا، هر دوی مقادیر G' و G'' در یک دمای معین، کاهش یافتند. نمونه‌ی Sb۲۵-۵ بیشترین مقدار $\tan \delta$ را در ۳۰°C داشت، که به طور معنی‌داری با نمونه‌های دیگر متفاوت بود ($P \leq ۰/۰۵$). طی حرارت‌دهی در محدوده‌ی ۳۵-۳۰°C، مقدار



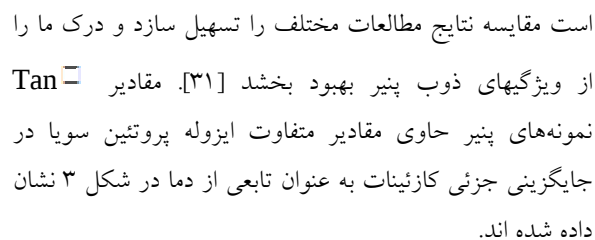
شکل ۱ تاثیر دما بر مدول ذخیره (G') پنیرهای آنالوگ حاوی مقادیر

متفاوت ایزوله‌ی پروتئین سویا در جایگزینی جزئی کازئینات.

طبق یافته‌های مونسی و اوربودان [۱۰] نتایج رئولوژی دینامیک در توافق با داده‌های سختی قرار دارند، به طوری که محصولات الاستیک تر (G' بالاتر)، سخت‌تر نیز می‌باشند. هنلی و همکاران [۵۷] گزارش کردند که در نتایج TPA، میان سختی (x) نمونه‌ها و مقادیر G' در $^{\circ}\text{C}$ (y) رابطه مستقیمی وجود داشت، بطوری که: $y = 0.0012x + 51.202$ ($r^2 = 0.99$)، رینالدونی و همکاران [۴۸] گزارش کردند که سختی نمونه‌های پنیر آنالوگ حاوی سویا با افزایش غلظت SPC $^{\circ}$ کاهش یافت. این نتیجه بایستی با مدول الاستیک (G') در ارتباط باشد، زیرا نمونه دارای G' بالاتر، به انرژی بالاتری برای تغییر شکل نیاز دارد و بافت سخت‌تری دارد. آنها نتیجه گیری کردند که پنیر شاهد (SPC=۰ گرم بر لیتر) که بالاترین سختی را دارد، بالاترین G' را نیز دارد.

در این مطالعه، دمای تلاقی برای نمونه‌ی شاهد ($G' = G''$)، $T_{\text{Tan}} = 1$ برابر 67°C بود، که نشان دهنده‌ی این است که ساختار ژلی پروتئینی پنیر، در این دما ذوب می‌شود [۳۱]. دمایی که در آن $T_{\text{Tan}} = 1$ ($G' = G''$) است، به عنوان شاخص "نقطه ذوب" پنیر آنالوگ استفاده می‌گردد [۳۱، ۳۰ و ۵۸]. مدول کمپلکس G'' که بوسیله رئولوژی دینامیک تعیین می‌گردد، به عنوان پیش بینی کننده‌ی مفید نقطه‌ی ذوب پنیر چدار گزارش شده است [۳۶]. در نتیجه، رئولوژی دینامیک می‌تواند به عنوان یک روش اساسی برای ارزیابی ذوب‌پذیری محصولات پنیر آنالوگ باشد، که قادر

ماکزیم T_{Tan} برای محصولات حاوی ایزوله‌ی پروتئین سویا، با افزایش سطح سویا افزایش یافت که نشان دهنده‌ی قدرت ژلی پائین تر می‌باشد [۴۳]. نمونه‌ی Sb25-5، مقدار ماکزیم T_{Tan} خود را که برابر $0.05/2$ بود، در دمای 67°C داشت، نمونه‌های شاهد، Sb28-2 و Sb27-3 مقدار ماکزیم T_{Tan} خود را به ترتیب در دماهای $83/4$ ، $94/1$ ، $83/4$ داشتند. مقادیر G' و G'' نمونه‌های پنیر حاوی غلظت‌های متفاوت ایزوله‌ی پروتئین سویا در جایگزینی جزئی کازئینات به عنوان تابعی از دما نشان داده شده اند (شکل ۱ و ۲). مقادیر G' و G'' تمامی نمونه‌ها بطور معنی‌داری با افزایش دما از 35°C تا کاهش یافت ($P \leq 0.05$)، که نشان دهنده‌ی نرم شدن ماتریکس پنیر است. زمانی که پنیر آنالوگ حرارت داده می‌شود، احتمال دارد که شبکه کازئین تخریب گردد و گلبول‌های چربی مایع گردند، که سبب پلاستیزاسیون ماتریکس پروتئین شده و به آن اجازه می‌دهد که تغییر شکل داده و جریان یابد. این مطلب می‌تواند ارتباط معکوس مدول‌ها با دما را توضیح دهد. در حالی که G' و G'' تمامی نمونه‌های پنیر آنالوگ با افزایش دما کاهش یافت، تغییرات در مدول‌ها نسبت به شاهد بوسیله مقادیر متفاوت ایزوله‌ی پروتئین سویا تحت تاثیر قرار گرفت. تمامی محصولات حاوی ایزوله‌ی پروتئین سویا به طور معنی‌داری مقادیر G' و G'' پائین‌تر را در مقایسه با شاهد طی محدوده‌ی دمایی حفظ کردند ($P \leq 0.05$). همچنین، تفاوت‌های G' و G'' میان محصولات حاوی ایزوله‌ی پروتئین سویا در تمامی دماها حفظ شدند ($P \leq 0.05$). پنیر آنالوگ Sb28-2، مقادیر G' و G'' نزدیک‌تری را نسبت به نمونه‌های دیگر به شاهد در محدوده‌ی دمایی 35°C تا 67°C داشت. این نتایج با پژوهش‌های مشابهی که در رابطه با پنیر طبیعی [۴۰] و پنیر آنالوگ [۳۱ و ۵۶] انجام شدند، موافق بودند.

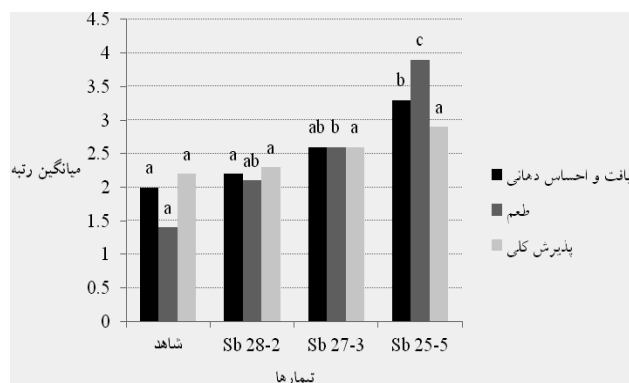


Temperature (°C)	شاماد (Pa)	Sb 28-2 (Pa)	Sb 27-3 (Pa)	Sb 25-5 (Pa)
35	20000	31000	22000	19000
40.2	16000	25000	18000	15000
45.6	12000	20000	14000	11000
51	8000	16000	10000	7000
56.4	5000	12000	7000	4000
61.9	3000	8000	4000	2000
67.3	1500	4000	2000	1000
72.6	800	2000	1000	500
77.9	400	1000	500	200
83.5	200	500	200	100
88.8	100	200	100	50
94.3	50	100	50	20
100	20	50	20	10

مقادیر $\tan^2$ محصول ۲-۲۸Sb در تمامی دماها نسبت به نمونه‌های دیگر، به نمونه شاهد نزدیک تر بود، در حالی که مقادیر $\tan^2$ برای این نمونه به طور معنی‌داری در تمامی دماها بالاتر از شاهد بود ($P \leq 0/05$). نمونه‌های حاوی ایزوله‌ی پروتئین سویا به طور معنی‌داری مقادیر $\tan^2$ بالاتری را نسبت شاهد در تمامی دماها داشتند ($P \leq 0/05$)، که نشان دهنده‌ی رفتار ساختاری نرم تر بوده و در توافق با یافته‌های قبل برای واردسازی سویا در جایگزینی کازئین می‌باشد [۶۱]. احمد و همکاران [۱۶] نیز گزارش کردند که با افزایش افزودن سویا در جایگزینی جزئی کازئین در پنیر آنالوگ، نمونه‌ها نرم‌تر می‌گردند. در دماهای بالا نیز مقادیر $\tan^2$ نمونه‌های پنیر حاوی ایزوله‌ی پروتئین سویا از شاهد بالاتر بود. برای مثال، مقادیر $\tan^2$ در 4°C با افزایش غلظت سویا افزایش یافت ($P \leq 0/05$). رینالدونی و همکاران [۴۸] مقادیر $\tan^2$ را برای نمونه‌های پنیر آنالوگ تولید شده از شیر پس چرخ گاو و غنی شده با مقادیر متفاوت پروتئین سویا، در دمای 4°C بدین شکل گزارش کردند؛ برای $0/27$ گرم بر لیتر SPC، $0/26$ گرم بر لیتر SPC، $0/26$ گرم بر لیتر SPC، $0/27$ گرم بر لیتر SPC و $0/27$ گرم بر لیتر SPC. این مقادیر تفاوت معنی‌داری را نداشتند ($P \leq 0/01$) و کمتر از ۱ بودند، این مقادیر نشان دهنده‌ی این است که طبیعت الاستیک ماتریکس نمونه‌ها بر قسمت ویسکوز آن غلبه دارد. نتایج مشابهی بوسیله پیرا و همکاران [۶۲] برای پنیرهای تولید شده از چندین منابع

حالی که در خصوص پذیرش کلی، تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت ($P=0/05$).

در هر حال، استفاده از جایگزین‌های پروتئینی گیاهی، کیفیت پائین‌تری را به محصولات پنیر آنالوگ نسبت به محصولات دارای کازئینات می‌دهد. کاستی‌های متداول شامل فقدان الاستیسیته، سختی کمتر، چسبندگی بدنه، جریان و کشسانی معیوب، رنگ شدیدتر و طعم ضعیف می‌باشند [۱۲]. طعم مهمترین خصوصیتی است که پذیرش پنیر آنالوگ حاوی پروتئین سویا را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۶۶]. استفاده از سویا به عنوان یک غذای انسانی به دلیل طعم لوبیایی‌اش محدود است [۶۷ و ۶۸]. آتیا و همکاران [۶۹] گزارش کردند که نمرات بافت و ظاهر در پنیر شاهد در مقایسه با پنیرهای دارای ۵٪ و ۷٪ ایزوله‌ی پروتئین سویا پس از ۳۰ روز بالاتر بودند. ابو ال-الا [۷۰] گزارش کرد که پنیر *Ras* تولید شده از شیر سویا، دارای سطح رطوبت بالاتری است و نمرات حسی پائین‌تری را برای رنگ، طعم، بدنه و خصوصیات بافتی نسبت به پنیرهای تولید شده از شیر گاو توسط روش‌های مرسوم تولید پنیر دارد. احمد و همکاران [۱۶] نیز امکان استفاده از پروتئین سویا را به عنوان جایگزین جزئی کازئین، در تولید پنیرهای آنالوگ بررسی کردند. در این مطالعه، نتایج ارزیابی حسی نشان داد که کازئینات در ترکیب با ایزوله‌ی پروتئین سویا (۲-۵٪ وزنی-وزنی) دارای قابلیت کاربرد زیادی برای استفاده در فرمولاسیون پنیر آنالوگ پروسس پیتزا به عنوان جایگزین کازئینات می‌باشد.



شکل ۴ آزمون رتبه‌بندی برای ارزیابی حسی انواع نمونه‌های پنیر آنالوگ (۲۰۰۶).

- حروف مشابه درستون، نشان دهنده‌ی عدم اختلاف معنی دار (در سطح ۵ درصد) است.

شیری گزارش شد. لی و سون [۶۳] گزارش کردند که در پنیرهای آنالوگ تولید شده از سدیم کازئینات، ایزوله‌ی پروتئین سویا، روغن دانه سویا و نشاسته‌ی ذرت، خصوصیات ذوب به طور شدیدی بوسیله نسبت لاکتیک اسید و دی سدیم فسفات تحت تاثیر قرار می‌گیرد. همچنین، برای بهبود قابلیت عملکردی پروتئین سویا در کاربردهای غذایی، اصلاحات گوناگون با پروتئازها مطالعه شده‌اند [۶۴ و ۱۵]. نیشیا و همکاران [۶۵] گزارش کردند که هیدرولیز ایزوله‌ی پروتئین سویا، ذوب‌پذیری پنیر موزارالای آنالوگ را بهبود می‌بخشد. گرچه ذوب‌پذیری پنیرهای آنالوگ بوسیله استفاده از SPI اصلاح شده با آنزیم بهبود می‌یابد، اما هنوز نسبت به محصولات لبنی پائین‌تر بوده و نیاز به بهبود بیشتری دارد. بعلاوه، تیمار SPI با آلکالاز و تریپسین در اصلاح خصوصیات پنیرهای آنالوگ نسبت به پروتئازهای دیگر مطالعه شده، موثرتر بودند [۱۵]. مونسی و اوربوردان [۳۱] از آزمون روبش کرنش (۰/۱ تا ۱۰٪) برای تعیین محدوده‌ی رفتار ویسکوالاستیک خطی پنیر آنالوگ استفاده کردند. نتایج نشان داد که زمانی که مقادیر کرنش کمتر از ۱٪ بود، تنش با کرنش متناسب بود. این نتایج با یافته‌های پیرامون پنیرهای طبیعی موافق بود. نولان و همکاران [۳۴] و آک و گونااسکاران [۳۷] تنش/کرنش خطی را برای چندین نوع پنیر در کرنش‌های کمتر از ۲٪ گزارش کردند.

۳-۳- ارزیابی حسی

نتایج بدست آمده از ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر تهیه شده در این پژوهش، در شکل ۴ نمایش داده شده است. در نمونه‌های شاهد و دارای ۲، ۳ و ۵٪ وزنی-وزنی ایزوله‌ی پروتئین سویا در جایگزینی جزئی کازئینات، مقادیر میانگین رتبه برای بافت و احساس دهانی، طعم و پذیرش کلی به ترتیب ۲/۶۰، ۲/۲۰، ۲/۰۰ و ۳/۳۰؛ ۱/۴، ۲/۱، ۲/۶ و ۲/۹؛ ۲/۳، ۲/۲، ۲/۳ و ۲/۹ بود. زمانی که نمونه‌های پنیر به شکل گرم آزمون شدند (۲۰۰۶)، نمونه شاهد از نظر بافت و احساس دهانی، طعم و همچنین پذیرش کلی با بالاترین ترجیح توسط ارزیاب‌ها رتبه‌بندی شد و با افزایش میزان ایزوله‌ی پروتئین سویا ترجیح ارزیاب‌ها کاهش یافت، میانگین رتبه‌ها در تمامی نمونه‌ها برای بافت و احساس دهانی؛ و طعم، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار داشتند ($P \leq 0/05$).

۴- نتیجه گیری

ویژگیهای رئولوژیکی دینامیک به عنوان تابعی از دما در پنیر پیتزای آنالوگ بر پایه کازئینات، با جایگزینی جزئی کازئینات با مقادیر متفاوت ایزوله پروتئین سویا تغییر یافت و تغییرات وابسته به غلظت ایزوله پروتئین سویا بود. اساساً، افزایش غلظت ایزوله پروتئین سویا با کاهش G' و G'' و افزایش $\tan \delta$ همراه بود. طی آزمون رئولوژیکی دینامیک روبش دما در دامنه دمایی 5°C - 35°C ، برای تمامی نمونه‌ها، مقادیر G' و G'' به تدریج کاهش یافت، در حالی که مقادیر $\tan \delta$ تا دمای معین و وابسته به نوع نمونه تا میزان حداکثر افزایش و سپس به تدریج کاهش پیدا کرد. ارزیابی حسی مشخص کرد که با افزایش میزان سویا، مطلوبیت بافت و احساس دهانی، طعم؛ و پذیرش کلی کاهش یافت. نتایج این مطالعه در درک تاثیر افزودن ایزوله پروتئین سویا در جایگزینی جزئی کازئینات بر ویژگیهای رئولوژیکی دینامیک به عنوان تابعی از دما و بالتبع ویژگیهای عملکردی (برای مثال، ذوب پذیری) و همچنین ویژگیهای حسی پنیر پیتزای آنالوگ می‌تواند مفید باشد.

۵- تشکر و قدردانی

فرصت را مغتنم شمرده و قدردان همکاری و راهنمایی‌های ارزنده آقایان دکتر صدیف آزادمرد دمیرچی، دکتر سید هادی پیغمبردوست، دکتر میرکریم رضوی و دکتر حسین نازک‌دست؛ همچنین پشتیبانی‌های دفتر هدایت استعدادهای درخشان دانشگاه تبریز، که این پژوهش را تحت حمایت مالی خود قرار داد، خواهیم بود. از مدیریت محترم شرکت شیر پاستوریزه پگاه آذربایجان شرقی جناب آقای مهندس گودرزی و کارشناسان محترم شرکت به خاطر حمایت و مساعدت بیدریغی که در اجرای این پژوهش مبذول داشتند، کمال تشکر را داریم.

۶- منابع

- in storage of cheese analogues from these caseins. *Journal of Dairy Research* 60: 431-438.
- [3] Anonymous. (1999). Flexible, functional, flavourful cheese. *Food Engineering International* 12: 30-31.
- [4] Jana AH, Upadhyay KG. (2003). Mozzarella cheese analogue—A review. *Journal of Food Science Technology (Mysore)* 40: 1-10.
- [5] Cheftel JC, Cuq JL, Lorient D. (1989). In Acibia (Ed.), *Proteínas Alimentarias*. Zaragoza, España.
- [6] Gomes da Cruz A, Buriti FCA, Souza CHB, Faria JAF, Saad SMI. (2009). Probiotic Cheese: health benefits, technological and stability aspects. *Trends in Food Science and Technology* 20: 344-354.
- [7] Mazza G. (1998). In S. A. Acibia (Ed.), *Alimentos funcionales. Aspectos bioquímicos y de procesado*. Zaragoza España.
- [8] El-Neshawy AA, Farahat SM, Wahbah HA. (1988). Production of processed cheese food enriched with vegetable and whey proteins. *Food Chemistry* 28: 245-255.
- [9] Farahmandfar R, Mazaheri Tehrani M, Razavi SMA, Habibi Najafi MB. (2010). Effect of soy cheese and trisodium citrate on pizza cheese. *International Journal of Food Engineering* 6. <http://dx.doi.org/10.2202/1556e3758.1777>. Article 2.
- [10] Mounsey JS, O'Riordan ED. (2001). Characteristics of imitation cheese containing native starches. *Journal of Food Science* 66: 586-591.
- [11] Chen SL, Wan PJ, Lusas EW, Rhee KC. (1979). Utilization of peanut protein and oil in cheese analogs. *Food Technology* 33: 88-93.
- [12] Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guninee TP. (2004). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 3rd ed. Volume 2: Major Cheese Groups. Elsevier Ltd.
- [13] Taranto MV, Yang, CST. (1981). Morphological and textural characterisation of soybean Mozzarella cheese analogs. *Scanning Electron Microscopy* 3: 483-492.
- [14] Berger W, Klostermeyer H, Merkenich K, Uhlmann G. (1993). Raw materials and added ingredients. In: *Processed Cheese Manufacture (Joha® Guide)*, Klostermeyer, H. (chief ed.), BK Ladenburg, Pp:94-97.
- [15] Kim SY, Park PSW, Rhee KC. (1992). Textural properties of cheese analogs containing

- [1] Bachmann HP. (2001). Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal* 11: 505-515.
- [2] Mulvihill DM, McCarthy A. (1993). Relationships between plasmin levels in rennet caseins and proteolytic and rheological changes

- [28] Yang CST, Taranto MV. (1982). Textural properties of Mozzarella cheese analogs manufactured from soya beans. *Journal of Food Science* 47: 906-910.
- [29] Guinee TP, Caric M, Kalab M. (2004). Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Volume 2 (eds FoxPF, McSweeneyPLH, CoganTMand GuineeTP), pp. 349-394, Elsevier, London.
- [30] Montesinos C, Cottell DC, O'Riordan ED, O'Sullivan M. (2006). Partial replacement of fat by functional fibre in imitation cheese. Effects of rheology and microstructure. *International Dairy Journal* 16: 910-919.
- [31] Mounsey JS, O'Riordan ED. (1999). Empirical and dynamic rheological data correlation to characterize melt characteristics of imitation cheese. *Journal of Food Science* 64: 701-703.
- [32] Zwiercan GA, Lacourse NL, Lenchin JM. (1987). United States patent 4,695,475.
- [33] Tunick MH. (2010). Activation energy measurements in rheological analysis of cheese. *International dairy journal* 20: 680-685.
- [34] Nolan EJ, Holsinger VH, Shieh JJ. (1989). Dynamic rheological properties of natural and imitation Mozzarella cheese. *Journal of Texture Studies* 20: 179-189.
- [35] Tunick MH, Nolan EJ, Shieh JJ, Basch JJ, Thompson MP, Maleeff BE, Holsinger VH. (1990). Cheddar and Cheshire cheese rheology. *Journal of Dairy Science* 73: 1671-1675.
- [36] Ustunol Z, Kawachi K, Steffe J. (1995). Rheological properties of Cheddar cheeseas influenced by fat reduction and ripening time. *Journal of food science* 60: 1208-1210.
- [37] Ak MM, Gunasekaran S. (1996). Dynamic rheological properties of Mozzarella cheese during refrigerated storage. *Journal of Food Science* 61: 566-568.
- [38] Diefes HA, Rizvi SSH, Bartsch JA. (1993). Rheological behavior of frozen and thawed low-moisture, part-skim Mozzarella cheese. *Journal of Food Science* 58: 764-769.
- [39] Yun JJ, Hsieh YL, Barbano DM, Rohn CL. (1994). Rheological and chemical properties of Mozzarella cheese. *Journal of Texture Studies* 25: 411-420.
- [40] Hsieh YL, Yun JJ, Rao M.A. (1993). Rheological properties of Mozzarella cheese proteolytic enzyme-modified soy protein isolates. *Journal of the American Oil Chemists Society* 69: 755-759.
- [16] Ahmed NS, Hassan FAM, Salama FMM, Enb AKM. (1995). Utilization of plant proteins in the manufacture of cheese analogs. *Egyptian Journal of Food Science* 23: 37-45.
- [17] El-Sayed MM, El-Samragy YA, El-Sayed NH. (1991). Production of an imitation processed cheese using soy bean protein. *Lebensmitteltechnologie* 24: 78-81.
- [18] Kinsella JE. (1979). Functional properties of soy proteins. *Journal of American oil chemists's society* 56: 242-258.
- [19] Fukushima D. (2001). Review: Recent progress in research and technology on soybeans. *Food Science Technology Research* 7: 8-16.
- [20] Hermansson AM. (1978). Physico-chemical aspects of soy proteins structure formation. *Journal of Texture Studies* 9: 33-58.
- [21] Canabady-Rochelle LS, Mellema M. (2010). Physical-chemical comparison of cow's milk proteins versus soy proteins in their calcium-binding capacities. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 366: 110-112.
- [22] Che Man YB, Yee YN. (1996). Development and properties of soybean spreads. *Journal of Food Processing and Preservation* 20: 347-358.
- [23] Rani, M, Verma NS. (1995). Changes in organoleptic quality during ripening of cheese made from cows and soya milk blends, using microbial rennet. *Food Chemistry* 54: 369-375.
- [24] Rinaldoni AN, Campderrós ME, Pérez Padilla A. (2012). Physico-chemical and sensory properties of yogurt from ultrafiltered soy milk concentrate added with inulin. *LWT- Food Science and Technology* 45: 142-147.
- [25] Brocklehurst TF, Lund BM. (1985). Microbiological changes in cottage cheese varieties during storage at +7°C. *Food Microbiology* 2: 207-233.
- [26] McMahon DJ, Oberg CJ. (1998). Influence of fat, moisture and salt on functional properties of mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology* 53: 98-101.
- [27] Vernon RH. (1972). Non-dairy cheese: A uique reality. *Food Product Development* 6: 22-26.

- [52] Bowland EL, Foegeding EA. (1999). Factors determining large-strain (fracture) rheological properties of model processed cheese. *Journal of Dairy Science* 82: 1851-1859.
- [53] Bowland EL, Foegeding EA. (2001). Small strain oscillatory shear and microstructural analyses of a model processed cheese. *Journal of Dairy Science* 84: 2372-2380.
- [54] Lee SK, Klostermeyer H, Schrader K, Buchheim W. (1996). Rheological properties and microstructure of model processed cheese containing low molecular weight emulsifiers. *Nahrung/Food* 40: 189-194.
- [55] Shirashoji N, Jaeggi JJ, Lucey JA. (2006). Effect of trisodium citrate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal of Dairy Science* 89: 15-28.
- [56] Zhou N, Mulvaney SJ. (1998). The effect of milk fat, the ratio of casein to water, and temperature on the viscoelastic properties of rennet casein gels. *Journal of Dairy Science* 81:2561-2571.
- [57] Hennelly PJ, Dunne PG, O'Sullivan M, O'Riordan D. (2005). Increasing the moisture content of imitation cheese: effects on texture, rheology and microstructure. *European Food Research and Technology* 220: 415-420.
- [58] Noronha N, O'Riordan ED, O'Sullivan M. (2007). Replacement of fat with functional fibre in imitation cheese. *International Dairy Journal* 17: 1073-1082.
- [59] Sanchez C, Beauregard JL, Chassagne MH, Duquenoy A, Hardy J. (1994). Rheological and textural behaviour of double cream cheese. Part II: effect of curd cooling rate. *Journal of Food Engineering* 23: 595-607.
- [60] Paulson BM, McMahon DJ, Oberg CJ. (1998). Influence of sodium chloride on appearance, functionality, and protein arrangements in non fat Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science* 81:2053-2064.
- [61] Lee YH, Marshall RT. (1981). Microstructure and texture of process cheese, milk curds, and caseinate curds containing native or boiled soy proteins. *Journal of Dairy Science* 64: 2311-2317.
- [62] Pereira CI, Franco MI, Gomes AMI, Malcata FX. (2011). Microbiological, rheological and sensory characterization of Portuguese model cheeses manufactured from several milk sources. filled with dairy, egg, soy proteins, and gelatin. *Journal of Food Science* 58: 1001-1004.
- [41] Ustunol Z, Kawachi K, Steffe J. (1994). Arnott test correlates with dynamic rheological properties for determining Cheddar cheese meltability. *Journal of food science* 59: 970-971.
- [42] Mounsey JS. (2009). Effect of wheat starch on imitation cheese texture. *Journal of food technology* 7: 30-33.
- [43] Mounsey JS, O'Riordan ED. (2008a). Alteration of imitation cheese structure and melting behaviour with wheat starch. *European Food Research and Technology* (Published online 14/04/2007).
- [44] Ye A, Hewitt SH. (2009). Phase structures impact the rheological properties of rennet-casein-based imitation cheese containing starch. *Food hydrocolloids* 23: 867-873.
- [45] Arimi JM, Duggan E, O'Sullivan M, Lyng J, O'Riordan ED. (2011). Effect of protein:starch ratio on microwave expansion of imitation cheese-based product. *Food Hydrocolloids* 25: 1069-1076.
- [46] Arimi JM, Duggan E, O'Sullivan M, Lyng JG, O'Riordan ED. (2012). Crispiness of a microwave-expanded imitation cheese: Mechanical, acoustic and sensory evaluation. *Journal of food engineering* 108: 403-409.
- [47] Mounsey JS, O'Riordan ED. (2008b). Modification of imitation cheese structure and rheology using pre-gelatinised starches. *European Food Research and Technology* 226: 1039-1046.
- [48] Rinaldoni AN, Palatnik DR, Zaritzky N, Campderros ME. (2014). Soft cheese-like product development enriched with soy protein concentrates. *LWT- Food science and Technology* 55: 139-147.
- [49] Noronha N, Duggan E, Ziegler GR, O'Riordan ED, O'Sullivan M. (2008). Inclusion of starch in imitation cheese: Its influence on water mobility and starch functionality. *Food Hydrocolloids* 22: 1612-1621.
- [50] Fox PF, Guinee TP, Cogan TM., McSweeney PLH. (2000). *Fundamentals of cheese science*. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, MD. 429p.
- [51] Meilgaard MM, Civille GV, Carr T. (1991). *Descriptive analysis techniques*. In: *Sensory evaluation techniques* (3rd ed.). New York, NY, USA: CRC Press.

- characterization of a cheese analogue containing aqueous soya extract (soya milk), whey and cow milk. *Arquivo de Biologia y Tecnica* 35: 99-115.
- [67] Singh S, Mittal K. (1984). Development of soycheese spread. *Journal of Food Science and Technology (Mysore)* 31: 205-208.
- [68] Yada RY. (2004). Proteins in food processing. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
- [69] Atia M, Wenshui X, Guonong Z. (2004). Effect of soy protein supplementation on the quality of ripening cheddar-type cheese. *International Journal of Dairy Technology* 57: 209-214.
- [70] Abou El-Ella WM. (1980). Hard cheese substitute from soy milk. *Journal of Food Science* 45: 1777-1778
- LWT-Food Science and Technology 44: 2244-2252.
- [63] Lee CH, Son HS. (1985). The textural properties of imitation cheese by response surface analysis. *Korean Journal of Food Science and Technology* 17: 361-370.
- [64] Kim SK, Park PSK., Rhee KC. (1990). Functional properties of proteolytic enzyme modified soy isolate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38: 651-656.
- [65] Nishiya T, Tatsumi K, Ido K, Tamaki K, Hanawa N. (1989). Functional properties of imitation Mozzarella cheese containing soy protein and casein. *Journal of the Japanese Food Science and Technology* 10: 805.
- [66] Pereira GV, Antunes LAF, dos Santos Ferreira da Silva RS. (1992). Development and

The Dynamic (Oscillatory) Rheological Properties of Imitation Pizza Cheese Containing Soy Protein Isolate as a Partial Caseinate Substitute

Rezaiyan Attar, F. ^{1*}, Hesari, J. ²

1. Graduated MSc student, Department of Food Science and Technology, Aras International Campus, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2. Associate professor, Department of Food Science and Technology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

(Received: 93/3/9 Accepted: 93/4/31)

Increasing soy protein isolate content may be a practical and cost-effective means to control the functional properties of imitation pizza cheese. Imitation cheeses containing 2, 3 and 5% (w/w) soy protein isolate as a partial caseinate substitute were manufactured and dynamic rheology of these products were compared to a control (0% w/w soy protein isolate) in temperature sweep analysis. The dynamic rheological properties of caseinate-based imitation cheeses containing various concentrations of soy protein isolate were investigated using a strain-controlled rheometer. The storage modulus (G'), the loss modulus (G'') and the loss angle ($\tan \delta$) were measured as a function of temperature (35–100°C). The storage modulus and loss modulus of imitation cheeses was significantly decreased ($P \leq 0.05$) at all examined temperatures (35–100°C) with the inclusion of soy protein isolate. Inclusion of soy protein isolate significantly increased imitation cheese peak $\tan \delta$ values compared to control ($P \leq 0.05$), and the inclusion of 5% (w/w) soy protein isolate as a partial caseinate substitute had the greatest effect. In sensory evaluation, in terms of texture and mouthfeel, flavour and total acceptance the highest score belonged to control, while in all of samples lowest score observed in sample containing 5% w/w soy protein isolate. The results of this study showed that varying the level of soy protein isolate altered dynamic rheological properties as a function of temperature and thus the functionality (for example, meltability), as well as sensory attributes of imitation pizza cheeses.

Keywords: Imitation pizza cheese, Sensory analysis, Soy protein isolate, Temperature sweep analysis.

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