



بررسی اثرات افزودن شیر فراپالوده به پنیر فرایند شده بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی آن

مصطفی کرمی^{۱*}، شراره صالح^۲

۱. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی-صنایع غذایی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاداسلامی، کرمانشاه

(تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۱۶، تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۳۰)

چکیده

پنیر فرایندشده یکی از انواع پنیرهایی است که از اختلاط انواع مختلف پنیر با درجه رسیدگی متفاوت و مواد امولسیفایری جهت تثبیت چربی تولید می‌گردد. از آنجا که در ساخت این پنیر، از پنیرهای تازه نیز استفاده می‌گردد، لذا به‌جای کاربرد پنیر تازه، امکان استفاده از فراپالوده حاصل از فراپالایش شیر، در تولید پنیر فرایندشده بررسی گردید. در این تحقیق، تأثیر سه سطح از فراپالوده (۵۰، ۶۰ و ۷۰ درصد) به‌عنوان جایگزین پنیر فتای تولید شده به روش فراپالایش رسیده، برای تولید پنیر فرایندشده و سه سطح امولسیفایر (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) که ترکیبی از سیترات سدیم، مونوسدیم فسفات و سدیم هگزامتافسفات با نسبت مساوی بود، بر روی خواص فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی پنیر فرایندشده بررسی شد. نتایج نشان داد که فراپالوده بر همه خواص فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی تأثیر معناداری ($p < 0/01$) داشت، در حالی که امولسیفایر، جز بر ویسکوزیته استاتیک، در سایر موارد تأثیر معناداری نداشت. در بررسی تأثیر متقابل میان فراپالوده و امولسیفایر، به جز در مورد ماده خشک ($p < 0/05$) و ویسکوزیته استاتیک ($p < 0/01$) که تأثیر معناداری مشاهده شد، در سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده، اثر معناداری مشخص نگردید. با افزایش مقدار فراپالوده در پنیر فرایندشده، pH، چربی و ویسکوزیته استاتیک افزایش و پروتئین، نمک و ماده خشک کاهش یافت. ویسکوزیته دینامیک نیز در تیمارهای مختلف تغییرات متفاوتی نشان داد، به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین، به‌ترتیب در تیمارهای ۵۰ درصد فراپالوده با ۰/۱ درصد امولسیفایر و ۶۰ درصد فراپالوده با ۰/۱ درصد امولسیفایر قابل مشاهده بود.

واژه‌های کلیدی: امولسیفایر، پنیر فرایندشده، فراپالوده، ویسکوزیته.

1- مقدمه

یکی از مهم‌ترین فراورده‌های لبنی که منبع غنی از پروتئین و کلسیم می‌باشد، پنیر است. یکی از انواع پنیرهای تولیدی در ایران، پنیر فرایندشده¹ است که با وجود طرفداران بسیار، اما تحقیق زیادی در مورد آن انجام نشده است. امروزه پنیر فراپالوده² که با نام پنیر سفید³ ایرانی یا پنیر فراپالوده قالبی⁴ نیز شناخته می‌شود، یکی از انواع پنیر متداول در ایران است که با روش فراپالایش و پس از تغلیظ شیر تولید می‌گردد. در این روش شیر کم‌ترین حرارت را دیده و مواد غذایی آن به میزان زیادی حفظ می‌شود. از طرفی پنیر فرایندشده از باقی‌مانده‌های سایر پنیرها تولید می‌شود که گاهی اوقات به دلیل عدم اطلاع تولیدکنندگان و یا شاید عدم توجه به نکات بهداشتی تولید محصول، امکان دارد پنیر با کیفیت پایین و درجه آلودگی بالا وارد بازار شده و سلامت مصرف‌کننده را به خطر بیندازد. از این رو، تحقیق حاضر با هدف جایگزینی فراپالوده حاصل از فرایند اولترافیلتراسیون در پنیر فراپالایش به جای پنیرهای ضایعاتی در تولید پنیر فرایندشده بنا شده است. از نظر تغذیه‌ای مخلوط پنیر فرایندشده مصنوعی یا اصلاح شده را می‌توان به آسانی با مواد ضروری یا مطلوب به‌طور مثال ویتامین‌ها و مواد معدنی غنی کرد. به زبان دیگر می‌توان محصولی تولید کرد که از لحاظ اقتصادی به صرفه بوده و گران نباشد [1]. به‌طور معمول در هر کشور پنیر پایه مورد استفاده در تولید پنیر فرایندشده بر اساس پنیر غالب تولیدی در آن کشور می‌باشد. برای مثال در آمریکا بیش‌ترین میزان پنیر طبیعی تولیدی پنیر چدار می‌باشد که بیش‌ترین سهم در تولید پنیر فرایندشده به‌عنوان پنیر پایه را دارد. در ایران بیش‌ترین میزان مصرف پنیر، پنیر فتای ایرانی می‌باشد. بدین خاطر در این تحقیق پنیر پایه، پنیر فتای قالبی در نظر گرفته شده است [2]. یکی از عوامل مؤثر در ویژگی‌های پنیر فرایندشده میزان pH مواد اولیه و محصول نهایی است. از طرفی، pH عامل مهمی در تعیین بافت مطلوب پنیر فرایندشده می‌باشد. علاوه بر pH، انواع امولسیفایر اضافه شده نیز می‌تواند در تعیین بافت مطلوب تعیین‌کننده باشد. این امولسیفایرها، علاوه بر ایجاد بافت، در تثبیت امولسیون، جدا شدن فاز چربی و قابلیت ذوب

پنیر فرایندشده نقشی تعیین‌کننده دارند. یکی از خصوصیات کیفی پنیر فرایندشده، خصوصیتی موسوم به پس‌دادن روغن¹ می‌باشد. این خصوصیت به‌ویژه در تهیه پنیر پیتزا قابل بررسی بوده و عبارت است از جدا شدن مایع از پیکره پنیر ذوب شده به‌صورت ذرات روغن در سطح پنیر. از آنجایی که فقدان یا بیش از حد بودن پدیده پس‌دادن روغن بر سایر خصوصیات نظیر رنگ، طعم، احساس دهانی و حتی قضاوت افراد اثر می‌گذارد، بررسی و تعیین میزان آن ضروری به نظر می‌رسد. نتایج بیانگر آن است که پنیر چدار در مقایسه با پنیر موزارلا روغن بیش‌تری از خود پس می‌دهد [3].

تأثیر افزودن پنیر سفید در دامنه 0 تا 30 درصد و تری سدیم سترات در دامنه 0 تا 2 درصد به فرمول، بر ویژگی‌های شیمیایی و رفتاری پنیر پیتزای فرایندشده مورد بررسی قرار گرفته و نشان داده شد که افزودن پنیر سفید به کاهش معنادار پروتئین و افزایش معنادار چربی و نمک منجر می‌شود [4]. پنیرهای فرایندشده با افزودن 3% از دی‌سدیم فسفات، تتراسدیم دی‌فسفات، پنتاسدیم تری-فسفات یا تری‌سدیم سترات یا مقادیر مساوی از سدیم پلی فسفات و تتراسدیم فسفات توسط کلب و همکاران تولید گردید. قابلیت پذیرش عمومی تمام پنیرها تقریباً یکسان بود اما پنیرهایی که با دی‌سدیم فسفات، تتراسدیم دی‌فسفات یا پنتاسدیم تری‌فسفات تولید شده بودند میزان بیش‌تری از نیتروژن محلول در آب در مقایسه با دیگر پنیرها داشتند. در مقابل، هنگامی که از نمک‌های ذوب‌کننده به میزان 2 یا 4% استفاده شد هیچ‌گونه اختلافی در میزان نیتروژن محلول در آب در هر یک از پنیرهای فرایندشده و همچنین چسبندگی، خمیری بودن، قابلیت ورقه شدن یا قابلیت پذیرش عمومی آن‌ها مشاهده نشد [4]. پنیر فرایندشده بازساخته بر اساس کازئین اسیدی و کازئین رنتی با چربی شیر، نمک طعام، سترات‌ها یا فسفات‌ها به‌عنوان مواد امولسیفیه کننده و در غلظت‌های مختلف تولید گردیده و نشان داده شده است که پنیر فرایندشده بازساخته² تولیدی از کازئین اسیدی با دی‌سدیم فسفات دارای بهترین خواص امولسیفیه‌کنندگی بوده و به‌خوبی ذوب می‌شود [5]. تولیدکنندگان مصری از 20% پنیر راس (که از شیر بازساخته با استفاده از آنزیم میکروبی

1. Processed cheese
2. Ultrafiltered cheese
3. White cheese
4. Cast UF

1. Oiling-off
2. Processed cheese analogues

پروتئین‌های آب پنیر در فراپالوده، رفتار بافتی و طعمی پنیر فرایندشده ممکن است دستخوش تغییر گردد [9]. از آن جایی که نوع و مقدار امولسیفایر مصرفی و همچنین مقدار و کیفیت پنیر و اجزاء مصرفی می‌تواند در کیفیت پنیر فرایندشده تولیدی اثری ویژه داشته باشد و همچنین از آن جایی که پنیر مصرفی در تولید پنیر فرایندشده اغلب دارای کیفیت مناسبی نیست، هدف از این پژوهش جایگزینی بخشی از فرمولاسیون پنیر فرایندشده با فراپالوده و اثر امولسیفایرهای مختلف بر ویژگی‌های آن می‌باشد. بدین منظور فراپالوده در سه سطح 0/3، 0/2 و 0/1 درصد و امولسیفایر در سه سطح 50، 60 و 70 درصد و امولسیفایر در سه سطح 0/1، 0/2 و 0/3 در پنیر فرایندشده به کار رفته و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شامل pH، نمک، ماده خشک، چربی و پروتئین و ویژگی‌های رئولوژیکی آن از قبیل ویسکوزیته استاتیک و ویسکوزیته دینامیک مورد بررسی قرار گرفتند تا فرمول بهینه‌ای برای ساخت پنیر فرایندشده حاصل از فراپالوده به دست آید. از طرفی دیگر، در کلیه روش‌های دیگر تولید پنیر فرایندشده، پنیرهایی مورد مصرف قرار می‌گیرند که مراحل انعقاد، سردخانه گذاری، بسته بندی و در بعضی مواقع رسانیدن را پشت سر گذاشته و هزینه‌های زیادی را به تولید وارد می‌نمایند. انتظار می‌رود با کاربرد فراپالوده در تولید پنیر فرایند شده، در بسیاری از این هزینه‌ها صرفه‌جویی شده و به دلیل دخالت‌های کم‌تر نیروی انسانی در تولید آن، پنیر فرایندشده تولیدی، دارای کیفیت بهداشتی بهتری باشد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- آماده‌سازی مواد اولیه و تولید پنیر

مشخصات شیمیایی فراپالوده و پنیر رسیده (با 45 روز رسیدگی) مورد استفاده برای تمامی تیمارها یکسان و مطابق جدول (1) بود.

تهیه می‌شود) در مخلوط پنیر فرایندشده که حاوی 20٪ پنیر طبیعی، 40٪ شیرخشک بدون چربی، 7٪ چربی کره، 30٪ آب و 3٪ امولسیفایر بود استفاده کردند. اصلاح پنیر فرایندشده با مخلوط کردن روغن گیاهی در مخلوط، طعم پنیر را بهبود داده و منجر به صرفه جویی 25-20 درصد از کره مصرفی شد. پنیر فرایندشده بازساخته بر اساس کازئین اسیدی و کازئین رنتی با چربی شیر، نمک طعام، سیترات‌ها یا فسفات‌ها به‌عنوان مواد امولسیفیه کننده و در غلظت‌های مختلف تولید گردید. پنیر فرایندشده بازساخته تولیدی از کازئین اسیدی با دی سدیم فسفات دارای بهترین خواص امولسیفیکاسیون بوده و به‌خوبی ذوب می‌شدند [6]. لوسی و همکاران با اختلاط شیر فراپالوده و شیر بدون چربی، پنیر پیتزا تولید نموده و اظهار کردند که با افزودن شیر فراپالوده، زمان بستن پنیر کوتاه‌تر شده، میزان احتباس چربی و پروتئین افزایش یافته و مقدار بازده پنیر سازی، بدون تأثیر منفی بر خواص پنیر، افزایش می‌یابد [7]. همچنین علی و همکاران با افزودن فراپالوده رسیده شده با آنزیم لپاز به جای پنیر رسیده، در ساخت پنیر فرایندشده مالیدنی، نتیجه گرفتند که با افزایش جایگزینی، میزان رطوبت افزایش یافته در حالی که چربی، نمک و pH تغییر معناداری نداشت [8]. در ساخت پنیرهای فراپالایش شده مانند پنیر UF، شیر در اثر تغلیظ با فیلترهای فراپالایش به دو بخش تبدیل می‌گردد، بخش غلیظ که حاوی پروتئین‌های شیر می‌باشد و فراپالوده¹ نامیده می‌شود و بخش رقیق که پرمیت² نامیده شده و به‌عنوان آب پنیر تلقی می‌گردد. سپس فراپالوده حاصل توسط انعقاد و بدون آب‌گیری، به پنیر تبدیل می‌گردد. کاربرد فراپالوده به دلیل حذف مراحل انعقاد، بسته بندی و آماده سازی، می‌تواند در هزینه‌های تولید پنیرهای فرایندشده صرفه جویی نماید. البته به دلیل حضور

1. Retentate
2. Permeate

جدول (1) مشخصات شیمیایی فراپالوده و پنیر رسیده

مشخصات شیمیایی	فراپالوده	پنیر رسیده
چربی، %	15/5	15/5
ماده خشک، %	33/5	33/21
بریکس، %	27/1	-
اسیدیته	34	80
pH	6/53	4/5

تعیین گردید، به نحوی که گشتاور بین 10 تا 100 درصد باشد [16].

2-4- طرح آزمایشی و آنالیز آماری

در صورتی که در ساخت پنیر فرایندشده، همه پنیر مورد استفاده از نوع پنیر یوفا باشد، نمی‌تواند استانداردهای پنیر فرایندشده را به طور کامل دربر گیرد و همچنین ساخت آن به دلیل زمان بر بودن رسیدگی پنیر و همچنین قیمت تمام شده بیشتر، اقتصادی نیست، لذا در این تحقیق تأثیر دو فاکتور مقدار فرآپالوده و امولسیفایر بر خواص فیزیکی و رولوژیکی و ارگانولپتیکی پنیر فرایندشده مورد بررسی قرار گرفت. فاکتورهای مورد بررسی در این تحقیق درصد فرآپالوده (50، 60 و 70 درصد) و امولسیفایر (0/1، 0/2 و 0/3 درصد) می‌باشد. هر یک از فاکتورهای مورد مطالعه در سه سطح با سه تکرار (9 تیمار آزمایشی در 3 تکرار) (جدول 2) مورد بررسی قرار گرفت و داده‌های آزمایشی به صورت تحلیل واریانس دو متغیره مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای آنالیز داده‌های آزمایشی از نرم افزارهای SPSS و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. تجزیه‌های آماری مورد استفاده در این تحقیق شامل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین با روش دانکن و بررسی همبستگی متغیرها به روش پیرسون و اسپیرمن با توجه به نرمال بودن یا غیرنرمال بودن آن‌ها بود.

3- نتایج و بحث

در جدول تجزیه واریانس (جدول 3)، میانگین مربعات صفات مورد بررسی در این تحقیق، در سطوح مختلف فرآپالوده و امولسیفایر و تأثیر متقابل آن‌ها آمده است. همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز در شکل‌های مربوط به هر پارامتر نشان داده شده است.

3-1-pH

با توجه به جدول (3)، مشخص گردید که فرآپالوده بر روی pH در سطح 99 درصد تأثیر معنادار دارد. بنابراین افزودن فرآپالوده به عنوان پایه در پنیر فرایندشده باعث تغییر pH خواهد شد. مشخص گردید که مقدار pH برای هر یک از سطوح فرآپالوده نیز متفاوت است. به نحوی که هرچقدر مقدار

در کلیه نمونه‌ها، سایر مواد شامل پودر پروتئین شیر 0/3 درصد (وزنی/وزنی)، خامه با چربی 20 درصد به میزان 6 درصد (وزنی/وزنی) و صمغ کاراگینان (دی اس ام، کشور فرانسه) به میزان 0/2٪ (وزنی/وزنی) مصرف گردید. سه سطح امولسیفایر (0/1، 0/2 و 0/3 درصد (وزنی/وزنی)) مورد استفاده، ترکیبی از E331 (سیترات سدیم)، E339 (منوسدیم فسفات) و E452 (سدیم هگزامتا فسفات) با نسبت مساوی از شرکت رودیا (کشور فرانسه) بود.

2-2- روش ساخت پنیر فرایندشده

پنیر یوفا رسیده و فرآپالوده با همزن، مخلوط و یکنواخت شده، سپس به همان میزانی که ذکر گردید، پودر پروتئین شیر و خامه به آن اضافه و مخلوط هموزن گردیده و به مدت 15 دقیقه در دمای 70 درجه سانتی‌گراد در دستگاه ویسکوباتور (سوت ماشین، ایران) حرارت داده شد، سپس صمغ و امولسیفایر به آن اضافه گردیده، دوباره توسط میکسر با سرعت 500 rpm (دراگون، چین) هموزن شده و پس از حرارت دهی به مدت 5 دقیقه در دمای 75 درجه سانتی‌گراد، بسته بندی و وارد سردخانه 2 درجه سانتی‌گراد گردید [9].

2-3- آزمایشات فیزیکی و رولوژیکی

برای اندازه‌گیری pH، نمک، چربی، پروتئین و ماده خشک پنیر از استانداردهای ملی مربوطه استفاده شد [10-15]. برای اندازه‌گیری ویسکوزیته از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد (کشور آمریکا) مدل RV-DV₂T استفاده شد. این دستگاه قابلیت اندازه‌گیری ویسکوزیته استاتیک (ثابت) و ویسکوزیته دینامیک (وابسته به زمان) را دارد، بدین صورت که ویسکوزیته استاتیک، پس از اندازه‌گیری، به همراه مشخصات اندازه‌گیری، به صورت عددی روی صفحه نمایشگر نشان داده می‌شود و ویسکوزیته دینامیک از طریق تنظیم سیستم آنالاین و نرم افزاری دستگاه به نام Rheo-Calc به صورت نموداری که تغییرات ویسکوزیته را بر واحد زمان نشان می‌دهد، ترسیم می‌گردد. برای اندازه‌گیری هر دو نوع ویسکوزیته، از اسپیندل شماره 02 با سرعت 40 rpm (4/19 rad/s) و با فواصل زمانی 10 ثانیه به مدت زمان یک دقیقه استفاده شد. دوک مناسب با توجه به مقدار گشتاور

جدول (2) طراحی تیمارهای مورد بررسی پنیر مورد آزمایش

شماره تیمار	نام تیمار	درصد فرآپالوده	درصد امولسیفایر
1	R1E1	70٪ فرآپالوده+30٪ پنیر یواف رسیده	0/1
2	R1E2	70٪ فرآپالوده+30٪ پنیر یواف رسیده	0/2
3	R1E3	70٪ فرآپالوده+30٪ پنیر یواف رسیده	0/3
4	R2E1	60٪ فرآپالوده+40٪ پنیر یواف رسیده	0/1
5	R2E1	60٪ فرآپالوده+40٪ پنیر یواف رسیده	0/2
6	R2E1	60٪ فرآپالوده+40٪ پنیر یواف رسیده	0/3
7	R3E1	50٪ فرآپالوده+50٪ پنیر یواف رسیده	0/1
8	R3E1	50٪ فرآپالوده+50٪ پنیر یواف رسیده	0/2
9	R3E1	50٪ فرآپالوده+50٪ پنیر یواف رسیده	0/3

جدول (3) جدول تجزیه واریانس تاثیر فرآپالوده و امولسیفایر بر صفات مورد مطالعه در پنیر فرایند شده

میانگین مربعات						منبع تغییرات	درجه آزادی	pH	چربی	پروتئین	نمک	ماده خشک	ویسکوزیته استاتیک
درصد فرآپالوده						2	0/44**	6/317**	0/862**	0/563**	36/263**	378828148/148**	
درصد امولسیفایر						2	1/481E-005 ^{ns}	0/005 ^{ns}	0/034 ^{ns}	0/001 ^{ns}	0/012 ^{ns}	36602952592/593**	
تاثیر متقابل فرآپالوده و امولسیفایر						4	0/001 ^{ns}	0/006 ^{ns}	0/024 ^{ns}	0/000 ^{ns}	0/019*	215512592/593**	
خطای آزمایش						18	0/000	0/024	0/012	0/000	0/005	5897777/778	

** معناداری در سطح احتمال یک درصد

* معناداری در سطح احتمال پنج درصد

ns تفاوت معناداری وجود ندارد

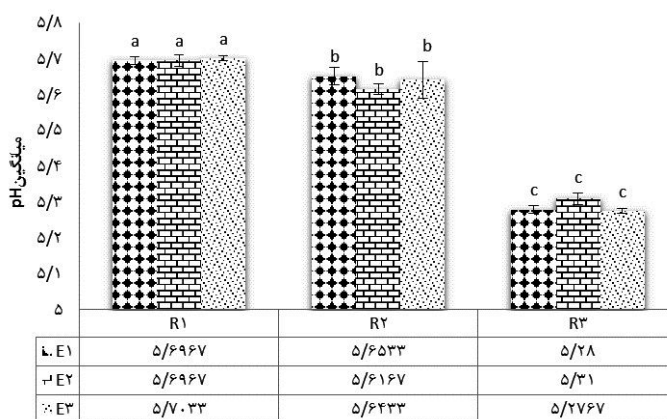
فرآپالوده افزایش یافت، مقدار pH نیز بالاتر رفت. با مراجعه به جدول (3) که در آن pH فرآپالوده 6/53 گزارش شده است، می توان نتیجه گیری کرد که پنیر فرایند شده با 70 درصد فرآپالوده با pH برابر 5/69 به دلیل دارا بودن فرآپالوده به عنوان پایه، pH آن افزایش یافته و هرچقدر درصد فرآپالوده افزایش می یابد، به علت بالا بودن pH فرآپالوده، این ویژگی نیز افزایش می یابد. pH پنیر فرایند شده بر اساس استاندارد ملی 4659 برابر 5/5-6 است که نشان می دهد pH به دست آمده در این تحقیق، در محدوده استاندارد می باشد [10]. لی و کلاسترمایر (2001) در بررسی تاثیر pH بر خواص رئولوژیکی پنیر اظهار کردند که با افزایش pH، بافت نمونه از جامد به مایع تغییر می کند و در نتیجه با افزایش pH، ویسکوزیته کاهش می یابد که این نتیجه نیز در این تحقیق نیز به دست آمده است. تغییر در خواص رئولوژیکی با افزایش pH، ممکن است مربوط به تاثیر متقابل بارها باشد که یک دلیل آن مربوط به افزایش تخلیه بار بین پروتئین در سیستم می باشد. هم چنین عنوان شد که افزایش بار منفی شبکه پروتئین با افزایش pH به بالای pH ایزوالکتریک، سبب هیدراسیون کارژین به دلیل کاهش تاثیرات الکترواستاتیک می شود. جذب آب بیش تر توسط پروتئین، سبب بافت نرم تر پنیر در pH بالا می شود. این نتیجه با این اصل که آب در پنیر به عنوان پلاستی سائزر عمل می کند، همخوانی دارد [17]. شعبانی و همکاران با افزودن پنیر سفید به عنوان جایگزین در پنیر پیتزای فرایند شده با کاهش معناداری در pH مواجه شدند که علت آن را کم تر بودن pH پنیر سفید نسبت به پنیر پیتزای فرایند شده عنوان نمودند. مناسب ترین pH برای پنیر فرایند شده 5/6-6/1 است، به دلیل این که این pH بر تشکیل و هیدراسیون پروتئین، حلالیت امولسیفایر و محصور شدن یون کلسیم کمک می کند [2]. نتایج نشان داد

از طرفی چون امولسیفایر فاقد چربی بوده و در مقادیر کم به کار رفته است، بر فاکتور چربی تأثیری به جا نمی‌گذارد. با مراجعه به جدول دانکن نتایج گیری می‌شود که هر یک از سه سطح به کار رفته فرآپالوده تأثیر متفاوتی بر چربی دارند. بدین ترتیب که هرچه درصد فرآپالوده افزایش یابد، مقدار چربی نیز افزایش می‌یابد (شکل 2). پنیر فرآپالایش از فرآپالوده ساخته می‌شود اما به دلیل افزودن نمک، مایه پنیر و استارتر و هم‌چنین کمی تبخیر رطوبت از سطح و آب اندازی، درصد چربی فرآپالایش رسیده و فرآپالوده یکسان نیست و به طور معمول میزان درصد چربی در فرآپالوده بالاتر است. اما درصد چربی برای هر دو نوع پنیر یواف و فرآپالوده 15/5 درصد است، در حالی که پنیر آزمایشی در این تحقیق حاوی 70 درصد فرآپالوده و دارای 19/16 درصد چربی می‌باشد که با استاندارد ملی مربوط به پنیر فرآپالوده [10] که میزان چربی را 65 درصد ماده خشک گزارش کرده، مطابقت دارد.

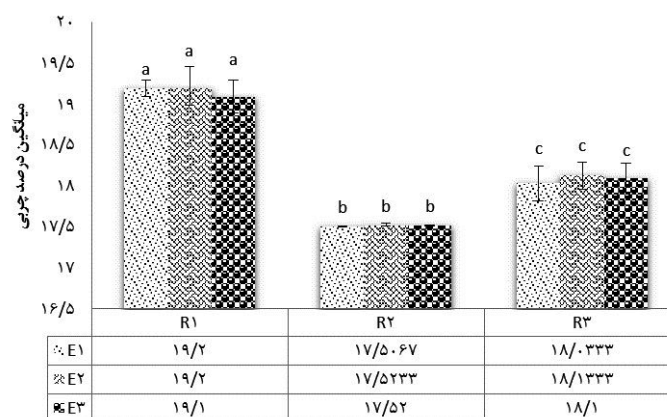
که امولسیفایر و تأثیر متقابل فرآپالوده و امولسیفایر بر روی pH معناداری نیست. با مراجعه به جدول دانکن نیز مشخص می‌شود که تمام سطوح امولسیفایر در یک مجموعه قرار گرفته و نشان می‌دهد که بین آن‌ها اختلاف معناداری وجود ندارد (شکل 1). معنادار نبودن امولسیفایر نشان می‌دهد که در صورت افزودن آن به بافت پنیر جهت یکنواختی بافت، pH پنیر دستخوش تغییر نخواهد شد.

2-3- چربی

مشابه آن‌چه که برای pH به دست آمد، با توجه به مجموع مربعات، تأثیر فرآپالوده بر چربی با احتمال 99 درصد معنادار بوده، در حالی که درصد امولسیفایر و تأثیر متقابل آن با درصد فرآپالوده معنادار نیست. بنابراین به کار بردن فرآپالوده به عنوان جایگزین در پنیر فرآپالوده، سبب تغییر چربی پنیر شده، در حالی که نوع و مقدار امولسیفایر تأثیری بر صفت چربی ندارد.



شکل (1) تأثیر فرآپالوده و امولسیفایر بر pH پنیر فرآپالوده



شکل (2) تأثیر فرآپالوده و امولسیفایر بر مقدار چربی پنیر فرآپالوده

3-3- پروتئین

یک درصد تأثیر معنادار داشته درحالی که امولسیفایر و تأثیر متقابل آن با فرآپالوده تأثیر معناداری ندارد. از آن جا که پنیر رسیده دارای نمک بوده و فرآپالوده فاقد نمک می باشد، به نظر می رسد با افزایش مقدار فرآپالوده در پنیر فرایندشده مقدار نمک کاهش می یابد، که این مسئله می تواند فاکتور سلامتی مهمی در پنیر فرایندشده حاصل از فرآپالوده باشد. به علاوه امولسیفایر بر مقدار نمک تأثیر معناداری نداشته و نشان می دهد که افزودن امولسیفایر تأثیری بر این پارامتر ندارد. با بررسی آزمون دانکن نتیجه گرفته می شود که هر سه سطح فرآپالوده با یکدیگر تفاوت معناداری دارند و همان طور که قبلا گفته شد با افزایش درصد فرآپالوده مقدار نمک کاهش می یابد (شکل 4). بر اساس استاندارد ملی شماره 4659 حداکثر میزان نمک در پنیر فرایندشده 1/5 درصد است که همه تیمارها در سطوح مختلف فرآپالوده توانسته اند این استاندارد را پوشش دهند. شعبانی و همکاران با افزودن پنیر سفید به میزان حداکثر 30 درصد به پنیر فرایندشده با افزایش معنادار در چربی و نمک این نوع پنیر مواجه شدند که هر دو فاکتور امروزه برای سلامتی مصرف کنندگان چالش برانگیز می باشد [2].

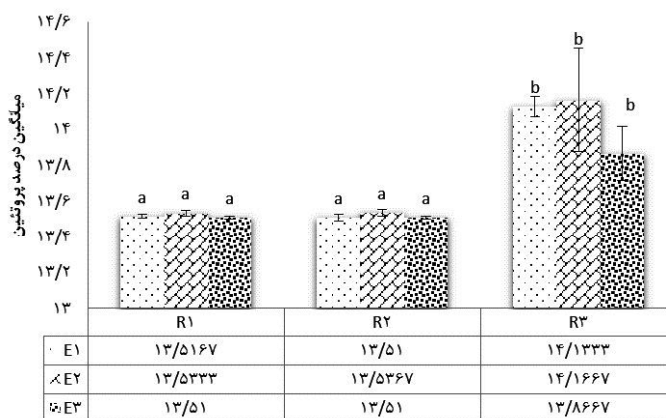
3-5- ماده خشک

به نظر می رسد کمی تفاوت بین این متغیر و سایر متغیرها که تاکنون بررسی شده، دیده می شود. از این لحاظ که اثر فرآپالوده بر ماده خشک و امولسیفایر بر ماده خشک معنادار نبوده ولی تأثیر متقابل فرآپالوده و امولسیفایر معنادار می باشد، نتایج نشان می دهد که تیمارهای R3E1، R3E2، و R3E3 دارای بیشترین

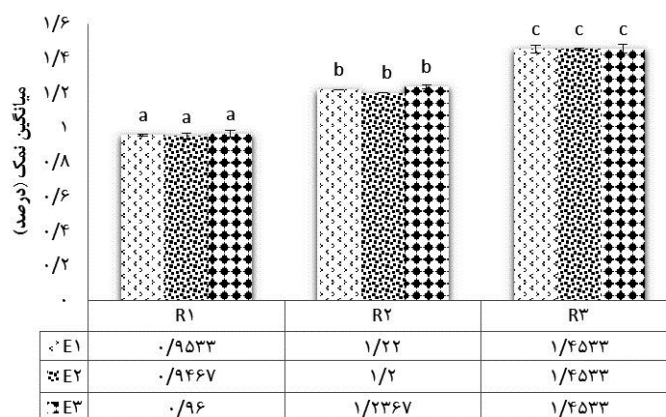
در بررسی تأثیر فرآپالوده و امولسیفایر بر پروتئین پنیر فرایندشده، نتایج نشان داد که فرآپالوده بر مقدار پروتئین پنیر فرایندشده در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنادار داشته، در حالی که امولسیفایر و تأثیر متقابل آن با فرآپالوده معنادار نبود. آزمون دانکن نشان داد که بین سطوح فرآپالوده 70 و 60 درصد تفاوت معناداری وجود ندارد، اما فرآپالوده در سطح 50 درصد متفاوت از دو سطح 60 و 70 درصد می باشد. افزودن 50 درصد فرآپالوده باعث افزایش پروتئین پنیر فرایندشده بیش تر از دو سطح دیگر می شود (شکل 3). بر اساس استاندارد ملی شماره 4659 حداقل مقدار پروتئین پنیر فرایندشده 12 درصد است که همه تیمارها با درصدهای متفاوت فرآپالوده توانسته اند این استاندارد را پوشش دهند. همان طور که قبلا گفته شد بیش ترین مقدار پروتئین که 14/05 درصد بود توسط پنیر با 50 درصد فرآپالوده به دست آمد. شاید علت این پدیده مربوط به بالا بودن پروتئین پنیر یواف نسبت به فرآپالوده باشد. گیونه و همکاران نتیجه گرفتند افزودن امولسیفایر تا سطح 0/5 درصد سبب افزایش کازئین کل پنیر فرایندشده می شود و افزایش امولسیفایر پس از آن تغییری ایجاد نمی کند [18]. در بررسی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی پنیر فتای فرآپالایشی حاصل از پودر فرآپالوده محققین نتیجه گرفتند که بین چربی و پروتئین همبستگی منفی وجود دارد، با افزایش پروتئین میزان چربی پنیر کاهش می یابد [19، 20].

3-4- نمک

برای نمک نیز مشابه متغیرهای دیگر، فرآپالوده در سطح احتمال



شکل (3) تأثیر فرآپالوده و امولسیفایر بر روی مقدار پروتئین پنیر فرایندشده



شکل (4) تاثیر فراپالوده و امولسیفایر بر روی مقدار نمک پنیر فرایندشده

مقدار ماده خشک می‌باشند (حدود 38 درصد). با افزایش مقدار فراپالوده در پنیر فرایندشده مقدار ماده خشک کاهش می‌یابد یا به عبارتی بین سطوح مختلف فراپالوده به کار رفته تفاوت معناداری وجود دارد (شکل 5). در اصل، پروتئین‌های آب پنیر موجود در فراپالوده، باعث حفظ بیش‌تر آب در شبکه پنیر گشته و از تبخیر یا جداسازی آن جلوگیری می‌کنند. با بررسی میزان ماده خشک فراپالوده 33/5 گرم در 100 گرم و پنیر یواف 33/21 گرم در 100 گرم که تقریباً مساوی هستند، مقدار ماده خشک برای سطوح 70، 60 و 50 درصد فراپالوده به ترتیب حدود 34، 36 و 37 گرم در 100 گرم بود که به هر حال پایین‌تر از استاندارد ملی مربوطه بوده و با به کار بردن پایه پنیر با ماده خشک بالا این مشکل حل خواهد شد.

امولسیفایر 0/1 و 0/2 درصد تفاوت معناداری وجود ندارد (به ترتیب حدود 45111 و 42022 سانتی‌پواز) اما سطح 0/3 درصد امولسیفایر با دو سطح دیگر تفاوت معنادار داشته است (سانتی‌پواز 29644) و می‌توان نتیجه گرفت با افزایش مقدار امولسیفایر، ویسکوزیته استاتیک کاهش می‌یابد (شکل 6). در کل می‌توان نتیجه گرفت که افزودن 60 درصد فراپالوده و 0/2٪ امولسیفایر بر ویسکوزیته تأثیر بیش‌تری داشته است. گیونه و همکاران تأثیر امولسیفایر، حرارت و نیروی برشی را بر بافت پنیر فرایندشده مورد بررسی قرار داده و اظهار کردند که امولسیفایرها سبب هیدراسیون و محلول شدن کاپاکازئین شده و قطرات چربی آزاد را محصور می‌کنند. آن‌ها بیان کردند که علت افزایش ویسکوزیته در اثر افزودن امولسیفایر مربوط به خامه‌ای شدن پنیر می‌باشد [18]. در بررسی تأثیر متقابل فراپالوده و امولسیفایر بر ویسکوزیته استاتیک نشان داده شد که بیش‌ترین ویسکوزیته مربوط به تیمار R2E1 با 63533 سانتی‌پواز بود.

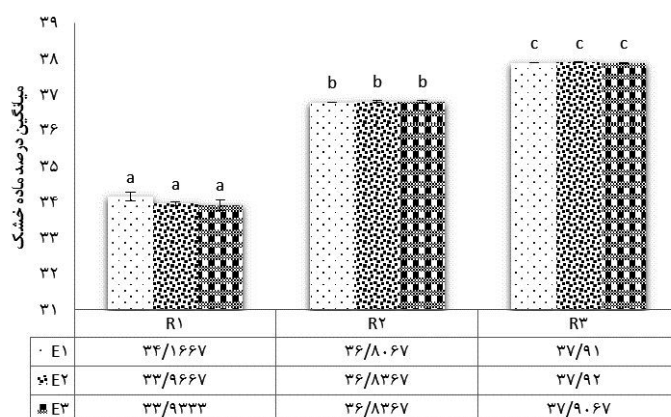
3-7- ویسکوزیته دینامیک

مقدار ویسکوزیته در واحد زمان به‌عنوان ویسکوزیته دینامیک در نظر گرفته می‌شود. روند تغییرات این ویسکوزیته با گذشت زمان طی یک دقیقه با فاصله‌های زمانی 10 ثانیه در شکل (7) نشان داده شده است. کم‌ترین مقدار ویسکوزیته دینامیک مربوط است به تیمار R2E1 که دارای 60 درصد فراپالوده و 0/1 درصد امولسیفایر است. این مقدار برابر 20600 سانتی‌پواز در زمان 50 ثانیه می‌باشد، که در زمان 60 ثانیه با اندکی افزایش

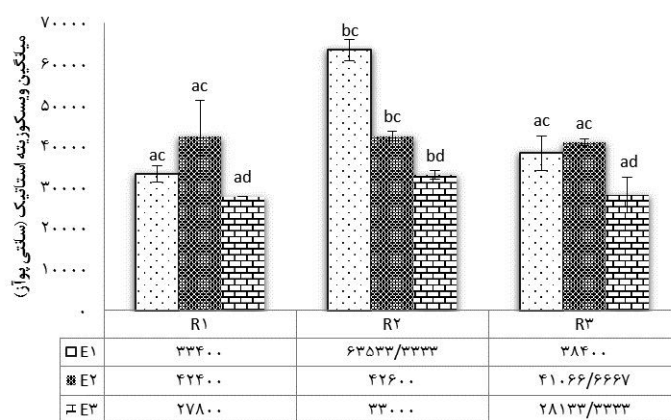
مقدار ماده خشک می‌باشند (حدود 38 درصد). با افزایش مقدار فراپالوده در پنیر فرایندشده مقدار ماده خشک کاهش می‌یابد یا به عبارتی بین سطوح مختلف فراپالوده به کار رفته تفاوت معناداری وجود دارد (شکل 5). در اصل، پروتئین‌های آب پنیر موجود در فراپالوده، باعث حفظ بیش‌تر آب در شبکه پنیر گشته و از تبخیر یا جداسازی آن جلوگیری می‌کنند. با بررسی میزان ماده خشک فراپالوده 33/5 گرم در 100 گرم و پنیر یواف 33/21 گرم در 100 گرم که تقریباً مساوی هستند، مقدار ماده خشک برای سطوح 70، 60 و 50 درصد فراپالوده به ترتیب حدود 34، 36 و 37 گرم در 100 گرم بود که به هر حال پایین‌تر از استاندارد ملی مربوطه بوده و با به کار بردن پایه پنیر با ماده خشک بالا این مشکل حل خواهد شد.

3-6- ویسکوزیته استاتیک

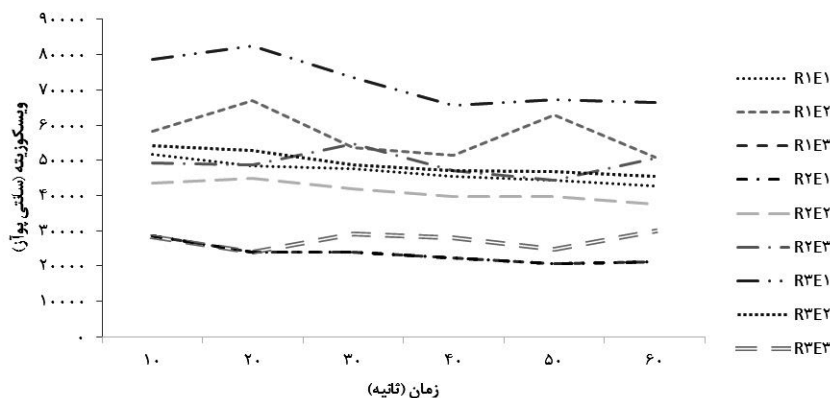
در بررسی تأثیر فراپالوده و امولسیفایر بر ویسکوزیته استاتیک پنیر فرایندشده، نتایج نشان داد که فراپالوده، امولسیفایر و تأثیر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد، بر این فاکتور معنادار بوده است. بین سطح 50 و 70٪ فراپالوده تفاوت معناداری وجود نداشته (به ترتیب حدود 34533 و 35866 سانتی‌پواز) در حالی که این دو سطح با فراپالوده در سطح 60 درصد تفاوت معنادار داشته و جالب‌تر این‌که این سطح ویسکوزیته استاتیک بیش‌تری را اعمال نموده است (حدود 46377 سانتی‌پواز). با توجه به کم بودن میزان ماده خشک پنیر فرایندشده آزمایشی شاید مقدار فراپالوده در سطح 60 درصد مناسب‌تر باشد. در حالی که بین دوسطح



شکل (5) تاثیر فراپالوده و امولسیفایر بر روی مقدار ماده خشک پنیر فرایند شده



شکل (6) تاثیر فراپالوده و امولسیفایر بر مقدار ویسکوزیته استاتیک پنیر فرایند شده



شکل (7) تاثیر فراپالوده و امولسیفایر بر مقدار ویسکوزیته استاتیک پنیر فرایند شده

مواجه می‌شویم. حداکثر ویسکوزیته دینامیک برای این تیمار در 10 ثانیه به میزان 28600 سانتی‌پواز گزارش شده است. به‌طور کلی این تیمار کم‌ترین مقدار ویسکوزیته دینامیک را در 60 ثانیه است. بیش‌ترین مقدار ویسکوزیته دینامیک برای تیمار R3E1 که شامل 50 درصد فراپالوده و 0/1 درصد امولسیفایر است، دیده می‌شود. اگر چه مقدار ویسکوزیته در

پروتئینی مجدداً با الحاق به یکدیگر می‌توانند ساختار خامه‌ای تولید کنند اما در پنیر فرایندشده حاوی مقدار بالایی از فرآپالوده، به این دلیل که پروتئین دست نخورده و سالم است، نمی‌تواند زنجیره‌های پروتئینی زیادی ایجاد کند، ویسکوزیته کاهش یافته و ساختار شکننده می‌شود [22-25].

4- نتیجه گیری

بر اساس نتایج این پژوهش، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی پنیر فرایندشده جایگزین شده با فرآپالوده به‌طور معناداری تحت تأثیر فرآپالوده قرار گرفت، در حالی که به‌جز در مورد ویسکوزیته استاتیک، در سایر موارد افزودن سطوح مختلف امولسیفایر بر این ویژگی‌ها تأثیر معناداری نداشت. افزایش درصد فرآپالوده به‌عنوان پایه برای تولید پنیر فرایندشده منجر به افزایش pH، چربی، ویسکوزیته استاتیک و کاهش پروتئین، نمک و ماده خشک شده در حالی که افزودن امولسیفایر فقط منجر به افزایش معناداری در ویسکوزیته استاتیک پنیر فرایندشده شده است. ویسکوزیته دینامیک نیز تحت تأثیر افزودن فرآپالوده و امولسیفایر قرار گرفته، به‌طوری که تیمار R3E1 که حاوی 50 درصد فرآپالوده و 0/1 درصد امولسیفایر بود، بیش‌ترین مقدار این نوع ویسکوزیته را نشان داد. از طرفی، کاهش نمک در پنیر حاصل می‌تواند به‌عنوان یک مزیت جهت سالم‌تر نمودن پنیرهای فرایندشده به‌کار رود و در تولید پنیرهای رژیمی می‌توان از این مزیت استفاده نمود.

ابتدای آزمایش 78600 سانتی‌پواز بود در 10 ثانیه این مقدار به حداکثر مقدار خود که 82400 سانتی‌پواز بود رسید و پس از آن تا پایان یک دقیقه روند کاهشی ملایمی را طی کرد. مقدار ویسکوزیته سایر تیمارها بین این دو مقدار حداقل و حداکثر قرار گرفت، علیرغم این که روند تغییرات برای هر تیمار متفاوت از تیمار دیگر بود. بیش‌ترین تغییرات در تیمار R1E2 دیده شد که دارای دو پیک در ثانیه‌های 20 و 50 ثانیه بود که به ترتیب 67000 و 62800 سانتی‌پواز می‌باشد و حداقل ویسکوزیته را در زمان 40 ثانیه به میزان 51400 سانتی‌پواز اعمال نمود. تیمار متغییر دیگر R2E3 بود که دارای تغییرات ویسکوزیته از 54600 سانتی‌پواز در ثانیه 30 تا 44200 سانتی‌پواز در ثانیه 50 می‌باشد. سایر تیمارها روند خیلی ملایم افزایشی یا کاهشی را طی یک دقیقه با شیب خیلی ملایم نشان دادند. لی و همکاران نشان دادند که با تغییر میزان پروتئین پنیر فرایندشده، ویسکوزیته آن دستخوش تغییر می‌گردد [21]، به نحوی که پدیده‌ای به نام "خامه‌ای شدن" روی می‌دهد که می‌تواند وابسته به حضور چربی یا عدم حضور آن نیز باشد [6، 21]. از آن جا که با جایگزینی بیش‌تر فرآپالوده با پنیر رسیده، از مقدار پروتئین کاسته می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت در نمونه‌هایی که مقدار فرآپالوده در بالاترین سطح خود می‌باشد، دارای ویسکوزیته بالاتری نیز می‌باشند و پروتئین توانسته است با ایجاد حالت خامه‌ای باعث افزایش ویسکوزیته گردد. کما این که در پنیر رسیده، پروتئین تا حدی شکسته شده و زنجیره‌های

منابع

- غذایی ایران، شماره 7 جلد 2، ص 355-362.
- [3] حاجی محمدی فریمانی، ر.؛ مقیمی، ه.؛ حسینیان، ن. (1387) بررسی خصوصیت پس دادن روغن در انواع پنیر پیتزا و فرایندشده. هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، مشهد، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی خراسان رضوی.
- [4] Kalab, M., Modler, H. W., Caric, M., Milanovic, S. (1991). Structure, meltability, and firmness of process cheese containing white cheese. *Food Structure*, 10, 193-201.
- [5] Thomas, M. A. 1970. Use of calcium co-precipitates in processed cheese. *Aust. J. Dairy Tech.*, 25, 35-26.

- [1] کرمی، م.؛ احسانی، م.؛ خسروشاهی اصل، ا. (1382). تأثیر امولسیفایرها و صمغ‌ها بر خواص بافتی و فیزیکوشیمیایی پنیر فرایندشده. پایان نامه کارشناسی ارشد صنایع غذایی، دانشگاه تهران.
- [2] شعبانی، ج.؛ میرزایی، ا.؛ حبیبی نجفی، م. ب.؛ جعفری، س. م.؛ دزبانی، م.؛ عزتی، ر.؛ نجف زاده، م.؛ شادنوش، م. (1391). مدل‌سازی خصوصیات فیزیکوشیمیایی شبه پنیر فرایندشده گسترده‌ای بر پایه پنیر فتای ایرانی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، شماره 7 جلد 2، ص 355-362.

- [18] Guinee, T. P., Caric, M., Kelab, M. (2004). Pasteurized processed cheese and substitute-imitation cheese products, *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 2, 349-394.
- [19] قدس روحانی، م.؛ مرتضوی، س. ا.؛ مظاهری تهرانی، م.؛ رضوی، س. م. ا. (1391). بررسی اثر شرایط فرایند بر ویژگی‌های بافتی پنیر فتای فراپالایش شده تولیدی از مخلوط شیر گاو و شیر سویا. *علوم و صنایع غذایی ایران*، شماره 36 جلد 9، ص 65-76.
- [20] Marchesseau, S., Gastaldi, E., Lagaude, A., Cuq, J. L. (1997). Influence of pH on protein interaction and microstructure of process cheese. *J. Dairy Sci.*, 80, 1483-1489.
- [21] Lee, S. K., Buwalda, R. J., Euston, S. R., Foegeding, E. A., McKenna, A. B. (2003). Changes in the rheology and microstructure of processed cheese during cooking. *LWT-Food Sci. Tech.*, 36, 339-345.
- [22] Rita, C. S. N., Valeria, P. R., Marcia, C. R. T., Alexandre, A. S., Andria, A. S., Luis, A. M. (2012). Sensory and instrumental consistency of processed cheeses. *J. Food Res.*, 1, 204-213.
- [23] Hajimohammadi Farimani, R., Habibi Najafi, M. B., Razavi, M. R. (2010). Optimization of Pizza processed cheese formulation using constrained mixture design. *J. Food Sci. Tech.*, 7, 11-23.
- [24] رضوی، س. م. ع.؛ حبیبی نجفی، م. ب.؛ فریمانی، ر.؛ حاجی، م. (1389). بهینه‌یابی فرمولاسیون پنیر پیتزای فرایندشده با استفاده از طرح آزمایشی مخلوط محدود شده. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران*، دوره 7، شماره 4، ص 11-23.
- [25] رشیدی، ح.؛ مظاهری تهرانی، م.؛ رضوی، س. م.؛ قدس روحانی، م. (1391). تعیین ویژگی‌های انعقادی و شیمیایی پنیر فتای فراپالایشی حاصل از پودر فراپالوده در سطوح مختلف چربی و کلرید کلسیم. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی*، شماره 35 جلد 9، ص 25-34.
- [6] Savello, P. A., Ernstrom, C. A., Kalab, M. (1989). Microstructure and meltability of model process cheese made with rennet and acid casein. *J. Dairy Sci.*, 72, 1-11.
- [7] Lucey, G. S., Jaeggi, J. J., Johnson, M. E., Wang, T., Lucey, J. A. (2005). Use of cold ultrafiltered retentates for standardization of milks for pizza cheese: Impact on yield and functionality. *Int. Dairy J.*, 15, 941-955.
- [8] Aly, M. E., Abdel-Baky, A. A., Farahat, S. M. (1995). Quality of processed cheese spread made using ultrafiltered retentates treated with some ripening agents. *Int. Dairy J.*, 5, 191-209.
- [9] Tamime, A. Y. 2011. Processed cheese and analogues, wiley-blackwell publishes, pp 368.
- [10] سازمان ملی استاندارد، 1391. پنیر فرایندشده و پنیر فرایندشده بخش پذیر- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی ایران شماره 4659.
- [11] سازمان ملی استاندارد، 1391. پنیر و پنیر فراوری شده- اندازه‌گیری اجزای نیتروژنی- روش آزمون. استاندارد ملی ایران شماره 16718.
- [12] سازمان ملی استاندارد، 1385. تعیین اسیدیته کل و pH و تراکم یون‌های H در شیر و فراورده‌های آن. استاندارد ملی ایران شماره 2852.
- [13] سازمان ملی استاندارد، 1381. تعیین ماده خشک پنیر و پنیر ذوب شده. استاندارد ملی ایران شماره 1753.
- [14] سازمان ملی استاندارد، 1357. تعیین مقدار چربی پنیر (روش مرجع). استاندارد ملی ایران شماره 760.
- [15] سازمان ملی استاندارد، 1356. تعیین مقدار کلرور پنیر(روش مرجع). استاندارد ملی ایران شماره 1809.
- [16] امیری عقدایی، س. س.؛ اعلمی، م. ر. (1389). بررسی تاثیر هیدروکلئید دانه اسفرزه بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و حسی ماست کم چرب. *پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران*، جلد 6، شماره 3، ص 209-201.
- [17] Lee, S. K., Klostermeyer, H. (2001). The effect of pH on the rheological properties of reduced-fat model processed cheese spreads. *Lebensm-Wiss U.-Technology*, 34, 288-292.