Archive of SID

www.journals.rifst.ac.ir
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۶، جلد ۶، شماره ۲، صفحات ۱۵۶-۱۴۱

JRIFST

پژوهشکده علوم و صنایع غذایی

بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حسی و رئولوژیکی پنیر فتای فراپالایشی تهیه‌شده با عصارهٔ کامل نعناع به روش پاسخ سطح

ابوالفضل فدوی[1*]، حمیدرضا صمدلویی[2]

۱- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

* نویسندهٔ مسئول (Fadavi.ac.ir@gmail.com)

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۱

واژه‌های کلیدی
عصارهٔ نعناع
پنیر فتای فراپالایشی
خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی
مدول ذخیره ('G)
مدول افت ("G)

چکیده

اثرات عصارهٔ نعناع (۶۶۰-۲۲۰ میکروگرم در گرم پنیر)، استارتر (۲/۷-۱/۳ گرم در ۱۰۰ کیلوگرم پنیر)، رنت (۲/۵-۱/۳ گرم در ۱۰۰ کیلوگرم پنیر) و روز رسیدن (۵۰-۱۰ روز) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حسی و رئولوژیکی پنیر فتای فراپالایشی بررسی گردید و مقادیر بهینهٔ آنها به‌منظور به‌دست‌آوردن خصوصیاتی مشابه با نمونه‌های تجارتی فاقد عصارهٔ نعناع به روش پاسخ سطح پیش‌بینی شد. آنالیز نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که با افزایش غلظت عصارهٔ نعناع میزان pH نمونه‌ها افزایش یافته اما در کیفیت حسی به‌طور معنی‌داری تأثیر منفی می‌گذارد. در آزمون مادهٔ خشک هیچ‌کدام از متغیرها تأثیر معنی‌داری از خود نشان نداد. آنزیم رنت تأثیر معنی‌داری روی مدول ذخیره ('G) داشت. اثر متقابل رنت و عصارهٔ نعناع و اثر جداگانهٔ رنت تأثیر معنی‌داری روی مدول افت ("G) داشتند. همچنین اثر متقابل رنت و عصارهٔ نعناع تأثیر معنی‌داری روی تانژانت افت داشت. درنهایت مقادیر بهینه برای تولید نمونه‌های مشابه با نمونه‌های بازار عبارتند از: عصارهٔ نعناع: ۶۶۰ (میکروگرم در گرم پنیر)، استارتر (۲/۲۵-۱/۶۳ گرم در ۱۰۰ کیلوگرم پنیر)، رنت ۲/۳۴-۲/۱۴ (گرم در ۱۰۰ کیلوگرم پنیر) و روز رسیدن به مدت ۲۶ روز.

مقدمه

عصاره‌های گیاهی به‌دلیل دارابودن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نظیر فنول‌ها (توکوفرول‌ها[1]، فلاونوئیدها[2]، اسیدهای فنولی[3]، ترکیبات نیتروژن‌دار (آلکالوئیدها[4]، مشتقات کلروفیل[5]، اسیدآمینه‌ها و آمینه‌ها)، کاروتنوئید[6] و اسیدآسکوربیک[7]، نقش مهمی در جلوگیری از تشکیل رادیکال‌های آزاد و تشکیل مواد سرطان‌زا و جهش‌زا ایفا می‌کند(Salmanian *et al.*, 2013). یکی از گیاهانی که حاوی این دسته از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌باشد، نعناع است. Sroka و همکاران (۲۰۰۵) دریافتندکه عصارهٔ آبی به‌دست‌آمده از برگ نعناع حاوی ترکیبات پلی‌فنولیک مانند اریوسیتریون[8] (۳۸ درصد)، لوتئولین-۷-ارتو-روتینوزید[9] (۳/۵ درصد)، هسپریدین[10] (۰/۸ درصد)،

[1] Tochopherols
[2] Flavonoids
[3] Phenolic acids
[4] Alkaloids
[5] Chlorophyll derivatives
[6] Carotenoides
[7] Ascorbic acid
[8] Eriocitrin
[9] Luteolin-7-O-rutinoside
[10] Hesperidin

www.SID.ir

Archive of SID

ایزورویفولین[1] (۰/۶ درصد)، اسیدهای رزمارینیک[2] (۳/۷ درصد) و کافئیک[3] (۰/۰۵ درصد) بود، گزارش شده است که روغن نعناع حاوی خواص آنتی‌اکسیدانی (Ribeiro, 2002)، فعالیت ضدباکتری (Arakawa & Osawa, 2000) است. این گیاه حاوی یکی از ترکیبات مهم دارویی است که در اروپا برای درمان سندرم رودهٔ تحریک‌پذیر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pittler & Ernst, 1998).

پنیر فتای فراپالایشی[4] از گروه پنیرهای نرم با محتوای رطوبتی ۶۰ الی ۶۵ درصد و میزان نمک ۳-۱ درصد می‌باشد که در تولید آن از شیر پاستوریزهٔ اولترافیلترشده و استارتر مزوفیل[5] و رنت میکروبی تجاری استفاده می‌شود (Rashidi *et al.*, 2015). این محصول یک مادهٔ ویسکوالاستیک است که این ویژگی را می‌توان با شاخص‌های مدول افت ("G) و مدول ذخیره ('G) اندازه‌گیری نمود (Lobato-Calleros *et al.*, 2006). بالابودن این دو پارامتر بیانگر سفتی پنیر است و مقدار آنها به تعداد و استحکام پیوندهای بین رشته‌های کازئین بستگی دارد. گلبول‌های چربی و رطوبت به‌عنوان فاز پرکننده در ماتریکس کازئین عمل می‌کنند و موجب نرمی پنیر می‌شوند (Madadlou *et al.*, 2005). در پنیر کم‌چرب، کاهش چربی به مقدار مساوی به‌وسیلهٔ رطوبت جایگزین نمی‌شود و درنتیجه، میزان فاز پرکننده در ماتریکس کاهش می‌یابد و باعث متراکم‌ترشدن شبکه شده، بافت سفت‌تری حاصل می‌شود (Romeih *et al.*, 2002; Rudan *et al.*, 1999).

درخصوص بهبود خواص رئولوژی پنیرها، Zerfiridis و همکاران (۲۰۰۴) از کنسانترهٔ β گلوکان[6] یولاف به‌عنوان جایگزین چربی استفاده کردند و توانستند همهٔ شاخص‌های بافتی پنیر کم‌چرب آب‌نمکی را اصلاح کنند ولی β گلوکان بر خواص ظاهری و طعمی پنیر، اثر منفی داشت. Lobat-calleras و همکاران (۲۰۰۶) از امولسیون مرکبی که با هیدروکلوئیدهای مختلف از جمله پکتین، کربوکسی‌متیل سلولز[7] و صمغ عربی، پایدارشده بود، استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که تفاوت در شاخص‌های رئولوژیکی نمونه‌ها به‌دلیل برهم‌کنش متفاوت صمغ‌ها با شبکهٔ پروتئینی است. درمطالعهٔ آنها پنیر حاوی کربوکسی‌متیل سلولز، خواص بافتی و رئولوژیکی مشابهی با پنیر سفید پرچرب از خود نشان داد. Rahimi و همکاران (۲۰۰۷) از صمغ کتیرا به‌عنوان جایگزین چربی در نوع کم‌چرب پنیر سفید ایرانی استفاده کردند و توانستند پارامترهای سختی بافت را کاهش دهند و تا اندازه‌ای بافت آن را بهبود بخشند. در این تحقیق، از دو نوع هیدروکلوئید، صمغ عربی و صمغ گوار به‌عنوان جایگزین چربی استفاده شد و چگونگی اثر این دو صمغ و برهم‌کنش آنها روی بافت و بعضی ویژگی‌های شیمیایی پنیر کم‌چرب با استفاده از روش سطح پاسخ ارزیابی شد.

امروزه روند روبه‌رشد شهری‌شدن جوامع انسانی و نداشتن زمان کافی برای تهیه و آماده‌سازی سبزی‌ها مانع مهمی در جلوگیری از مصرف قابل قبول آنها شده است. لذا به‌منظور کسب ویژگی‌ها و خواص مفید نعناع، غنی‌سازی پنیر فتای فراپالایشی (باتوجه‌به مصرف بالای روزانهٔ آن نسبت به سایر پنیرها) با عصارهٔ نعناع می‌تواند در افزایش سلامت عمومی جامعه تأثیر داشته باشد. اما ازآنجایی‌که یکی از ویژگی‌های مهم در پذیرش خصوصیات حسی پنیر، خصوصیات رئولوژیکی آن است لزوم سنجش این خصوصیات و بهینه‌سازی غلظت‌های ترکیبات مورد استفاده در تولید آن وجود دارد. در این تحقیق غلظت‌های مختلف عصارهٔ نعناع، استارتر و رنت و مدت زمان مختلف رسیدن، در تولید پنیر فتای فراپالایشی استفاده گردید و مقادیر مناسب و بهینهٔ آنها با هدف به‌دست‌آوردن خصوصیات رئولوژیکی مشابه با پنیر بازاری (فاقد عصارهٔ نعناع باشد) با استفاده از روش پاسخ سطح به‌دست آمد.

مواد و روش‌ها

مواد و وسایل مورد نیاز

رنت مورد استفاده (2200 TL granulate-Fromase)

[1] Isorhoifolin
[2] Rosmarinicacids
[3] Caffeicacids
[4] Feta ultra filtered
[5] Mesophilic starter cultuer
[6] β-glucan
[7] Carboxymethyl Cellulose

www.SID.ir

Archive of SID

مربوط به شرکت (Seclin, France)، استارترهای میکروبی عبارتند از: *لاکتوباسیلوس لاکتیس*[1] زیرگونهٔ *کرموریِ س*[2] (Danisco, France)، *لاکتوباسیلوس لاکتیس* زیرگونهٔ *لاکتیس* (Danisco, France)، *لاکتوباسیلوس دلبروک ی*[3] زیرگونهٔ *بولگاریکو س*[4] (Danisco, France)، *استرپتوکوکوس ترموفیلوس*[5] (Danisco, France)، ترازوی رطوبت‌سنج (Sartorius Ltd., Epsom, UK)، pHمتر (Metrohm, 744)، آون معمولی (Memmert، آلمان)، حمام آبی (Memmert، آلمان)، کاغذ صافی (Whatman No. 2)، رئومتر[6] چرخشی (Anton Paar, Austria) MCR 301.

تهیهٔ عصارهٔ نعناع

در این تحقیق ابتدا برگ‌های سبز تازه، سالم و بدون لکه جمع‌آوری‌شده از اطراف شهر گرگان با مشخصات جغرافیایی ارتفاع از سطح دریای ۱۵۰-۱۷۰ متر و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه به‌دست آمد. سپس با دستگاه خردکن به حالت خمیری درآمد. توده‌های خردشده به دستگاه عصاره‌گیر (Myson, model MJE 900, Iran) منتقل شده و عصارهٔ کامل نعناع از آن خارج گردید و سپس از کاغذ صافی شمارهٔ ۲ واتمن عبور داده شد. بعد از آن با اعمال حرارت‌دهی (۷۳ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه) پاستوریزه گردید و تا مرحلهٔ افزودن به کنستانترهٔ شیر، در دمای ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد.

تولید نمونه‌های پنیر

نمونه‌های پنیر در شرکت لبنی نصر نوین گلستان واقع در استان گلستان، شهرک صنعتی آق‌قلا تولید شدند. بدین صورت که شیرخام ذخیره‌شده حاوی ۱۱/۵ درصد مادهٔ خشک پس از مراحل پیش‌گرم‌کردن (۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد)، باکتوفیوگاسیون[7]، استانداردسازی چربی (۳/۲ درصد)، پاستوریزاسیون (۷۳ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه)، فراپالایش (با میزان نسبت تغلیظ ۱ کیلوگرم رتنتیت[8] از ۳/۱ کیلوگرم شیر) به رتنتیت یا همان شیر غلیظ‌شده تبدیل و بعد هموژنیزاسیون (۵۰ الی ۷۰ بار) و سپس دوباره پاستوریزاسیون (۸۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۶۰ ثانیه) گردید، سپس رتنتیت وارد تانک استارتر شده و با افزودن غلظت‌های مختلف استارترهای مربوطه pH آن به ۶/۲ می‌رسد. بعد از آن در دستگاه پرکن، غلظت‌های مختلف مایه‌پنیر (مشخصات رنت مورد استفاده در بند مواد مورد استفاده گفته شده است) داخل آب استریل حل شده و پس از ریختن رتنتیت به داخل ظروف پنیر حاوی غلظت‌های مختلف عصارهٔ کامل نعناع، مایه‌پنیر نیز اضافه می‌شود. در داخل تونل انعقاد با دمای حدوداً ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد و زمان ۳۰ دقیقه، رتنتیت منعقد شده و به پیش پنیر تبدیل می‌شود. در ماشین دربندی ۳ درصد نمک (وزنی/وزنی) روی کاغذ پارچمنت[9] که روی پنیر قرار گرفته است، ریخته شده و با استفاده از فویل آلومینیوم، درظروف بسته می‌شود. در مرحلهٔ پیش‌رسانیدن یا انبار گرم، پس از افت pH به ۴/۸، پنیر به سردخانه فرستاده شده، سردگردید و به مدت ۶۰-۳ روز در دمای ۱±۹ درجهٔ سانتی‌گراد برای انجام آزمایش‌ها نگهداری می‌شود.

نحوهٔ انجام آزمون‌ها

اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکوشیمیایی

کنترل pH به‌دلیل اطمینان از رسیدن pH نمونه‌ها به حداقل میزان مورد نیاز برای جلوگیری از رشد باکتری‌های بیماری‌زا ضروری است (Fox, 2004). اندازه‌گیری pH با استفاده از روش موجود در استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ (۱۳۶۶)؛ اندازه‌گیری مادهٔ خشک پنیر با استفاده از روش موجود در استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۵۳ (۱۳۵۶) و اندازه‌گیری چربی پنیر با استفاده از روش موجود در استاندارد ملی ایران به شماره ۷۶۰ (۱۳۵۷) صورت پذیرفت.

[1] *Lactobacillus lactis*
[2] *Cremoris*
[3] *Lactobacillus delberoki*
[4] *Bulgaricus*
[5] *Streptococcus thermophillus*
[6] Rheometer
[7] Bactofugation
[8] Retentate
[9] Parchment

www.SID.ir

Archive of SID

امتیاز حسی

ارزیابی حسی نمونه‌ها توسط ۶۰ نفر از داوطلبان مرد و زن انتخاب شد که در محدودهٔ سنی متفاوتی از هم بوده و واجد شرایط لازم برای انجام این آزمون بودند. مکان انجام آزمون در شرایط مناسب دمایی (۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد)، رطوبتی (۸۰ درصد) و نوری (۳۰۰ لوکس) انجام گرفت و روش آن براساس روش آزمون هدونیک ۷ نقطه‌ای (امتیاز یک؛ خیلی بد و امتیاز ۷؛ خیلی خوب) بود (سازمان ملی استاندارد ایران شماره ۳۴۴۳، ۱۳۷۳). میانگین حاصل از امتیازهای ظاهری، رنگ، بو، طعم و مزه، احساس بافتی و دهانی، و داشتن پس‌مزه ثبت گردیده و مورد آنالیز تجزیهٔ واریانس قرار گرفت.

آزمون روبش کرنش[1]

به‌دلیل اینکه پنیر یک مادهٔ ویسکوالاستیک است و برای توصیف بهتر رفتار رئولوژیکی پنیر، اندازه‌گیری‌های نوسانی پویا در نمونه‌ها انجام گردید. این اندازه‌گیری با استفاده از دستگاه رئومتر چرخشی MCR 301 (ساخت شرکت Anton Paar) و به‌وسیلهٔ ژئومتری پره‌ای (Vane St14) انجام شد. نرم‌افزار مورد استفاده در دستگاه رئومتر (Rheoplus/32 V3.21) بود.

نمونه‌ها به مدت حداقل ۴ ساعت در دمای اتاق (۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد) نگهداری گردید. به‌منظور جلوگیری از آسیب به نمونه‌ها، عمل جابجایی آنها از ظرف اصلی‌شان (که در کارخانه پُر و تولید شده بودند) صورت نپذیرفت و مستقیماً به قسمت جایگاه نمونه‌ها در دستگاه منتقل شدند. پس از فروبردن ژئومتری پره‌ای در بافت نمونه‌ها به‌طوری که از کف و سطح نمونه‌ها ۱ سانتی‌متر فاصله داشت عمل اندازه‌گیری انجام شد.

در تمامی آزمون‌های رئومتری ابتدا بایستی محدودهٔ ویسکوالاستیک خطی نمونه یا نمونه‌ها به‌دست آید بدین معنی که در کدام محدوده تغییر شکل (یا میزان کرنش) نمونه‌ها، مقادیر مدول ذخیره (G') و مدول افت (G") ثابت باقی می‌ماند. برای این منظور فرکانس (۱ هرتز) ثابت گرفته شد و محدودهٔ تغییر شکل صفر تا ۱۰۰ درصد برای دستگاه تعریف شد. این آزمون به‌طور تصادفی برای چند نمونه انجام و مقادیر مدول ذخیره و مدول افت آنها ثبت شد که مشخص گردید از کرنش صفر تا ۱ درصد تغییرات مدول ذخیره (G') و مدول افت (G") ثابت می‌باشد لذا مقدار کرنش ۰/۱ درصد برای آزمون روبش فرکانس انتخاب شد.

روبش فرکانس[2]

پس از مشخص‌شدن محدودهٔ ویسکوالاستیک خطی نمونه‌ها، در میزان خاصی از کرنش (۰/۱ درصد)، آزمون روبش فرکانس (در محدودهٔ ۲۰ الی ۰/۱ هرتز) انجام گرفت و مقادیر پارامترهای مدول ذخیره (G') و مدول افت (G") همچنین تانژانت افت هر نمونه اندازه‌گیری شد. برای هر نمونه، مقادیر مربوط به بسامد ۱ هرتز برای تجزیه‌وتحلیل آماری در نرم‌افزار مربوطه مورد استفاده واقع گردید.

جامعهٔ آماری، حجم نمونه و شیوهٔ تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

در این تحقیق با استفاده از روش پاسخ سطح، طرح باکس-بنکن با ۳ سطح مختلف غلظت عصارهٔ نعناع، میزان استارتر (استارتر میکروبی)، مایه‌پنیر (رنت) و روز رسیدن (جدول ۱)، نمونه‌های مورد نظر را تولید و مورد آزمون قرار می‌گیرند. مقادیر میانگین حاصل از ۳ تکرار از هر تیمار در جدول (۲) آمده است.سپس داده‌ها با روش آماری نامبرده با نرم‌افزار (Design Stat-Ease Design (Expert, 7.0.0, 2005 باتوجه‌به مدل پیش‌بینی‌شده و براساس رابطهٔ (۱) مورد آنالیز قرار گرفتند.

رابطهٔ (۱)

$$Y=\beta_0+\sum_{i=1}^{4}\beta_i x_i+\sum_{i=1}^{4}\beta_{ii}x^2+\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=i+1}^{4}\beta_{ij}x_i x_j$$

در رابطهٔ (۱) Y عبارت است از پاسخ پیش‌بینی‌شده و β_0 ضریب ثابت، β_i اثرات خطی، β_{ii} اثر مربعات و β_{ij} اثر متقابل، x_i و x_{ij} متغیرهای مستقل هستند.

[1] Strain Sweep

[2] Frequency Sweep

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مقادیر سطوح و کدهای متغیرهای مستقل مورد استفاده در تحقیق

متغیرها	نشانگرها		سطوح		
	کددار	بدون کد	-۱	۰	+۱
عصارهٔ نعناع (میکروگرم در گرم پنیر)	x_1	X_1	۲۲۰	۴۴۰	۶۶۰
استارتر (گرم در ۱۰۰ کیلوگرم پنیر)	x_2	X_2	۱/۳	۲	۲/۷
رنت (گرم در ۱۰۰ کیلوگرم پنیر)	x_3	X_3	۱/۳	۱/۹	۲/۵
زمان رسیدن (روز)	x_4	X_4	۱۰	۳۰	۵۰

$x_1 = (X_1\text{-}440)/220;\ x_2 = (X_2\text{-}2.00)/0.70;\ x_3 = (X_3\text{-}1.90)/0.60;\ x_4 = (X_4\text{-}30)/20$

جدول ۲- داده‌های خام به‌دست‌آمده مربوط به ویژگی‌های رئولوژیکی نمونه‌های حاوی عصارهٔ نعناع (در فرکانس ۱ هرتز)

شمارهٔ تیمار	غلظت عصارهٔ نعناع (میکروگرم در گرم پنیر)	غلظت استارتر (گرم در ۱۰۰ کیلوگرم پنیر)	غلظت رنت (گرم در ۱۰۰ کیلوگرم پنیر)	زمان رسیدن (روز)	pH	مادهٔ خشک (درصد)	چربی (درصد)	مدول ذخیره G' (Pa)	مدول افت G'' (Pa)	تانژانت افت	امتیاز حسی
۱	۲۲۰	۲/۷	۱/۹	۳۰	۴/۷۵	۳۶/۵۴	۳۴/۲	۸۰۶۴۰	۲۱۶۲۰	۰/۲۶۸	۵/۳۴
۲	۶۶۰	۲	۱/۹	۱۰	۴/۸	۳۵/۹۷	۳۷	۸۳۰۹۰	۲۳۱۱۹	۰/۲۴۸	۴/۲۷
۳	۴۴۰	۲	۲/۵	۵۰	۴/۷۴	۳۵/۸	۳۳/۷	۵۸۱۴۰	۱۵۴۰۰	۰/۲۶۵	۳/۹۵
۴	۴۴۰	۲	۱/۹	۳۰	۴/۷	۳۳/۷۷	۳۸/۴۹	۵۴۸۲۰	۱۴۸۰۰	۰/۲۶۹	۵/۱
۵	۴۴۰	۱/۳	۱/۹	۱۰	۴/۷۹	۳۴/۱	۳۶	۴۰۱۶۰	۱۰۱۱۰	۰/۲۵۲	۳/۲۶
۶	۴۴۰	۱/۳	۱/۹	۵۰	۴/۸	۳۴/۷	۳۳	۲۷۵۴۰	۷۵۵۷	۰/۲۷۴	۳/۲۷
۷	۶۶۰	۲	۱/۹	۵۰	۴/۷۷	۳۶/۳	۳۲/۷	۶۱۰۰۰	۱۶۷۰۰	۰/۲۷۳	۴/۲۵
۸	۲۲۰	۱/۳	۱/۹	۳۰	۴/۸۱	۳۴/۹۸	۳۴/۳	۸۲۰۸۰	۲۱۴۹۰	۰/۲۶۲	۴/۶
۹	۴۴۰	۲	۲/۵	۱۰	۴/۷۸	۳۵/۵۲	۳۶	۷۰۶۷۸	۱۷۵۹۶	۰/۲۴۹	۳/۶
۱۰	۲۲۰	۲	۱/۹	۵۰	۴/۶۳	۳۵/۵	۳۴/۷	۶۰۰۳۰	۱۵۹۴۰	۰/۲۶۶	۳/۷۷
۱۱	۴۴۰	۲/۷	۱/۹	۱۰	۴/۷۲	۳۴/۱	۳۶/۷	۴۳۹۳۰	۱۰۵۶۰	۰/۲۴۱	۳/۸۷
۱۲	۶۶۰	۲	۲/۵	۳۰	۴/۸۳	۳۵/۸۵	۳۳/۴۷	۸۵۱۷۰	۲۲۰۹۰	۰/۲۵۹	۴/۳۲
۱۳	۴۴۰	۲	۱/۹	۳۰	۴/۷۱	۳۵/۳۳	۳۶/۷۹	۵۴۰۹۰	۱۵۲۷۰	۰/۲۸۲	۵/۵
۱۴	۴۴۰	۲	۱/۹	۳۰	۴/۷۳	۳۳/۶۶	۳۷/۱۳	۵۶۰۰۰	۱۶۹۰۰	۰/۳۰۲	۴/۷۵
۱۵	۴۴۰	۱/۳	۲/۵	۳۰	۴/۸۳	۳۴/۷۶	۳۷/۳۹	۷۷۹۹۰	۱۷۸۲۰	۰/۲۲۹	۴/۴۱
۱۶	۲۲۰	۲	۲/۵	۳۰	۴/۷۷	۳۴/۵۳	۳۳/۳	۸۱۳۱۰	۲۵۳۶۰	۰/۳۱۲	۵/۵۹
۱۷	۶۶۰	۱/۳	۱/۹	۳۰	۴/۸۲	۳۳/۵۵	۳۲/۷۸	۸۵۳۴۰	۲۲۷۸۰	۰/۲۶۷	۴/۵
۱۸	۴۴۰	۱/۳	۱/۳	۳۰	۴/۷۳	۳۶/۳۹	۳۵/۷۲	۲۹۳۴۵	۷۵۸۰	۰/۲۵۹	۴/۰۴
۱۹	۴۴۰	۲/۷	۲/۵	۳۰	۴/۶۷	۳۴/۰۹	۳۲/۲۶	۶۳۳۶۰	۱۵۱۶۰	۰/۲۳۶	۴/۸۷
۲۰	۴۴۰	۲	۱/۳	۱۰	۴/۷۳	۳۵/۰۹	۳۷/۰۴	۳۵۶۱۰	۱۰۳۰۰	۰/۲۸۹	۵/۱
۲۱	۲۲۰	۲	۱/۹	۱۰	۴/۶۵	۳۶/۴۲	۳۳/۵	۷۶۰۸۰	۲۱۶۷۰	۰/۲۸۵	۳/۶۹
۲۲	۴۴۰	۲	۱/۳	۵۰	۴/۶۵	۳۵/۶	۳۲/۵	۵۳۶۵۰	۱۴۵۲۰	۰/۲۷۱	۵/۰۵
۲۳	۴۴۰	۲	۱/۹	۳۰	۴/۷	۳۶/۵۴	۳۵/۵۷	۵۵۴۷۰	۱۶۱۵۰	۰/۲۹۱	۵/۴
۲۴	۴۴۰	۲/۷	۱/۳	۳۰	۴/۶۷	۳۴/۵۳	۳۷/۶۴	۵۸۴۰۰	۱۴۱۹۰	۰/۲۴۳	۴/۲۶
۲۵	۶۶۰	۲	۱/۳	۳۰	۴/۷۷	۳۶	۳۳/۳۳	۴۹۰۸۰	۱۳۹۸۰	۰/۲۸۵	۴/۹۵
۲۶	۲۲۰	۲	۱/۳	۳۰	۴/۶۷	۳۶/۴۲	۳۷/۴۵	۱۱۴۰۰۰	۲۸۰۰۰	۰/۲۴۶	۵/۶۶
۲۷	۶۶۰	۲/۷	۱/۹	۳۰	۴/۷۵	۳۴/۷۶	۳۴/۵۲	۵۹۲۸۰	۱۵۳۳۰	۰/۲۵۹	۳/۷۱
۲۸	۴۴۰	۲	۱/۹	۳۰	۴/۷۲	۳۶/۹	۳۵/۱۴	۵۵۹۰۰	۱۶۰۸۰	۰/۲۸۸	۵
۲۹	۴۴۰	۲/۷	۱/۹	۵۰	۴/۶۷	۳۵/۲	۳۳/۲	۳۹۴۰۰	۱۰۸۰۰	۰/۲۷۴	۳/۹

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

تأثیر متغیرهای مستقل بر مقادیر خصوصیات فیزیکوشیمیایی

میزان pH، مادهٔ خشک و چربی نمونه‌ها در جدول (۲) نشان داده شده است. در آزمون مادهٔ خشک هیچ‌کدام از متغیرها تأثیر معنی‌داری از خود نشان نداد و در آزمون میزان چربی تنها روز رسیدن معنی‌دار منفی ($P<۰/۰۱$) بود یعنی با افزایش روز رسیدن میزان چربی کاهش یافت که بیانگر تجزیهٔ چربی‌ها طی دورهٔ رسیدن است. غلظت‌های مختلف عصارهٔ نعناع تأثیر مثبت معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) از خود نشان داد یعنی با افزایش غلظت عصارهٔ نعناع میزان pH نمونه‌ها افزایش یافت که این امر می‌تواند به‌دلیل بالاتر بودن pH عصارهٔ نعناع (۶/۴) از pH پنیر (۴/۷) باشد (اندازه‌گیری‌شده در این تحقیق). البته نقش ترکیبات فنولی در خنثی‌سازی اسیدلاکتیک و دیگر ترکیبات اسیدی در طی دوران رسیدن پنیر نیز به‌خوبی شناخته شده است (Hagerman, 1992). برخلاف عصارهٔ نعناع، کاهش pH به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) با افزایش غلظت آغازگرهای میکروبی صورت پذیرفت که علت آن به نقش آنها در مصرف لاکتوز و تولید اسید برمی‌گردد (Fox, 2004). افزایش معنی‌دار pH ($P<۰/۰۰۱$) نیز به افزایش میزان رنت وابسته بود که این امر بیانگر تأثیر بیشتر این آنزیم‌ها در تجزیهٔ پروتئین‌ها و آزادشدن گروه‌های قلیایی است (Waagner Nielsen, 1993). رابطهٔ (۲) مدل پیشنهادی محاسبه‌شده توسط نرم‌افزار مربوطه است که ارتباط بین pH و متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد.

رابطهٔ (۲)

$$pH = 4.71 - 0.038x_1 + 0.046x_2 + 0.033x_3 - 0.018x_4 - 2.5E\text{-}003x_1x_2 - 1.0E\text{-}002x_1x_3 - 2.5E\text{-}03x_1x_4 - 0.025x_2x_3 - 0.015x_2x_4 + 0.010x_3x_4 + 0.030x_1^2 + 0.029x_2^2 + 0.0733x_3^2 - 0.006417x_4^2$$

در این مدل (رابطهٔ ۲)، مقدار R-Sq. برابر ۰/۷۹ است که مقدار قابل قبولی می‌باشد. معنی‌دارنبودن ویژگی فقدان برازش یکی از ویژگی‌های مثبت مدل مورد نظر در رابطهٔ (۲) است. به‌دلیل تأثیر عامل مهم دیگر روی pH مقدار Pred R-Sq در این ویژگی نزدیک به مقدار Adj R-Sq. نمی‌باشد. مقدار Adeq Precision بیشتر از ۴ است که بیانگر قابلیت ناوبری این مدل است (جدول ۳).

درخصوص آنالیز نتایج به‌دست‌آمده از آزمون مادهٔ خشک، مشخص گردید که هیچ‌کدام از متغیرهای مورد بررسی اثر معنی‌داری نداشتند و مدلی نیز توسط نرم‌افزار نامبرده در بخش مواد و روش‌ها پیشنهاد نگردید. نتایج مشابهی نیز توسط Karami و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شد که عدم تغییرات معنی‌دار مادهٔ خشک پنیر فتای فراپالایشی طی دورهٔ رسیدن گزارش دادند.

درخصوص محتوی چربی نمونه‌ها، مشخص شد که طی دورهٔ نگهداری کاهش معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) در مقدار چربی رخ می‌دهد که این امر به‌دلیل تجزیهٔ چربی‌ها و تولید اسیدهای چرب آزاد است (Collins *et al.*, 2003). افزایش هم‌زمان عصارهٔ نعناع و روز رسیدن نیز به‌طور معنی‌داری باعث کاهش چربی گردید ($P<۰/۰۵$) که این امر درخصوص اثر استارتر و رنت هم صادق بود ($P<۰/۰۵$). درخصوص ویژگی‌های مدل ارائه‌شده، ویژگی فقدان برازش معنی‌دار نشده است که یکی از ویژگی‌های مثبت مدل مورد نظر در رابطهٔ (۳) است. مقدار Pred R-Sq در این ویژگی نزدیک به مقدار Adj R-Sq. نمی‌باشد که این امر به‌دلیل تأثیر عامل مهم دیگری است که روی داده‌ها اثر گذاشته است. مقدار Adeq Precision بیشتر از ۴ است که بیانگر قابلیت ناوبری این مدل است. مقدار R-Sq. برابر ۰/۸۵۹ است که مقدار مناسبی می‌باشد (جدول ۳). رابطهٔ (۳) مدل پیشنهادی محاسبه‌شده توسط نرم‌افزار مربوطه است که ارتباط بین محتوی چربی و متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد.

رابطهٔ (۳)

$$Fat(\%) = +36.62 - 0.30x_1 - 0.056x_2 - 0.63x_3 - 1.37x_4 + 0.46x_1x_2 + 1.07x_1x_3 - 1.38x_1x_4 - 1.76x_2x_3 - 0.13x_2x_4 + 0.56x_3x_4 - 1.59x_1^2 - 0.78x_2^2 - 0.52x_3^2 - 0.99x_4^2$$

تأثیر متغیرهای مستقل بر امتیاز حسی

داده‌های به‌دست‌آمده از امتیاز حسی در جدول (۲) ارائه شده است. مقادیر امتیاز حسی در محدودهٔ بین ۶/۳۲ و ۵/۶۶ بود و عصارهٔ نعناع تأثیر بسیار

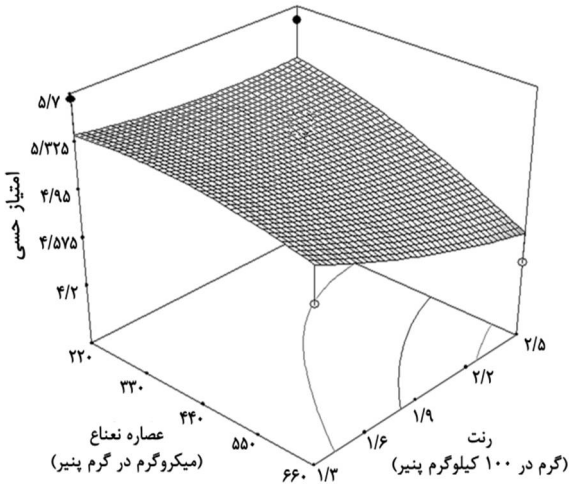
www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) در امتیاز حسی داشت. که به وضوح می‌توان آن را در شکل (۱) مشاهده نمود که با افزایش سطح عصارهٔ نعناع، کیفیت حسی کاهش می‌یابد. این امر به واسطهٔ حضور ترکیبات فنلی موجود در عصارهٔ نعناع بوده که عطروطعم غیرطبیعی ایجاد می‌کند (Crouzet et al., 1996) و (Teranishi *et al.*, 1989) برهم‌کنش عصارهٔ نعناع با استارتر اثر منفی کمی روی امتیاز حسی داشت (جدول ۳). هرچند اثرخطی استارتر و روز رسیدن روی امتیاز حسی بی‌معنی بود ولی اثر مربعی آنها بسیار معنی‌دار بود ($P<۰/۰۰۱$) (جدول ۳). رنت اثر چندانی روی امتیاز حسی نداشت.درخصوص ویژگی‌های مدل ارائه‌شده، ویژگی فقدان برازش معنی‌دار نشده است که یکی از ویژگی‌های مثبت مدل مورد نظر در رابطهٔ (۴) است. مقدار Pred R-Sq در این ویژگی نزدیک به مقدار Adj R-Sq. نمی‌باشد که این امر به‌دلیل تأثیر عامل مهم دیگری است که روی داده‌ها اثر گذاشته است. مقدار Adeq Precision بیشتر از ۴ است که بیانگر قابلیت ناوبری این مدل است. رابطهٔ (۴) برای برآورد امتیاز حسی در مقادیر مختلف متغیرهای مستقل پیشنهاد شده است.

رابطهٔ (۴)

$$\text{امتیاز حسی} = 5.15 - 0.3741x_1 + 0.1558x_2 - 0.1933x_3 + 0.0183x_4 - 0.3825x_1x_2 - 0.14x_1x_3 + 0.02x_1x_4 + 0.06x_2x_3 + 0.005x_2x_4 + 0.1x_3x_4 + 0.0666\,x_1^2 - 0.7408\,x_2^2 - 0.0195\,x_3^2 - 0.7670x_4^2$$



شکل ۱- تغییرات میزان امتیاز حسی در مقادیر مختلف عصارهٔ نعناع و آنزیم رنت در نمونه‌های حاوی ۲ گرم استارتر (در ۱۰۰ گرم رتنتیت) نگهداری‌شده تا ۳۰ روز

تأثیر متغیرهای مستقل بر مدول ذخیرهٔ ('G) تیمارهای تولیدی

داده‌های خام به‌دست‌آمده مربوط به ویژگی مدول ذخیرهٔ نمونه‌ها در جدول (۲) آمده است. همان‌طوری که مشاهده می‌گردد کمترین مدول ذخیره (در فرکانس ۱ هرتز) مربوط به نمونهٔ شمارهٔ ۱۸ به‌میزان ۲۹۳۴۵ پاسکال بوده و بیشترین مدول ذخیره مربوط به نمونهٔ شمارهٔ ۲۶ به‌میزان ۱۱۴۰۰۰ پاسکال می‌باشد. همچنین طی آنالیز واریانس داده‌های خام، تأثیر معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) آنزیم رنت و تأثیر معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) اثر متقابل رنت و عصارهٔ نعناع و تأثیر معنی‌دار ($P<۰/۰۰۰۱$) اثر مربعی عصارهٔ نعناع و روز رسیدن مشخص شد. طبق آنالیز مدل پیشنهادی، عدم تطابق داده‌های واقعی با داده‌های پیشگویی‌شده توسط مدل معنی‌دار بود. بااین‌وجود این مدل می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. البته مطلوبیت مدل ارائه‌شده در حد متوسط است. دراین‌خصوص مدل ارائه‌شده برای محاسبهٔ 'G در رابطهٔ (۵) آورده شده است که به‌طور نسبی ارتباط بین متغیرهای مستقل مورد آزمایش با ویژگی مورد نظر را نشان می‌دهد (A، B، C و D به‌ترتیب بیانگر متغیر مقادیر عصارهٔ نعناع، استارتر، آنزیم رنت و روز رسیدن است). ضرایب آن پارامترها در واقع ضریب همبستگی آنها با 'G است.

www.SID.ir

Archive of SID

رابطهٔ(۵)

$$\text{مدول ذخیره} = +55256.00 - 5931.67 * A + 296.25 * B + 8130.25 * C - 4149.0 * D - 6155.* A * B + 17195.00 * A * C - 1510.00 * A * D - 10671.25 * B * C + 2022.50 * B * D - 7644.50 * C * D + 23830.21 * A^2 - 4749.17 * B^2 + 6409.33 * C^2 - 9643.79 * D^2$$

در این مدل (رابطهٔ ۵)، مقدار .R-Sq برابر ۰/۸۵ است که مقدار مناسبی می‌باشد. معنی‌داربودن مدل محاسبه‌شده ($P<$۰/۰۱) و معنی‌دارنبودن ویژگی فقدان برازش از ویژگی‌های مثبت مدل مورد نظر است. حضور عامل مهم و تأثیرگذار بر مدول ذخیره باعث شده تا مقدار Pred R-Sq نزدیک به مقدار .Adj R-Sq نباشد. مقدار Adeq Precision بیش از ۹ است که قابلیت مناسب ناوبری این مدل را نشان می‌دهد (جدول ۳). باتوجه‌به شکل (۲) با افزایش غلظت عصارهٔ نعناع (در کمترین غلظت رنت) مقدار مدول ذخیره کاهش یافت اما با افزایش هم‌زمان غلظت رنت و عصارهٔ نعناع، میزان مدول ذخیره بالا رفت که این امر در ضرایب رگرسیونی آنها کاملاً مشهود است.

شکل (۳) نیز نشانگر تأثیر قابل توجه عصارهٔ نعناع روی مدول الاستیسیته طی نگهداری است که در غلظت‌های ۴۴۰ میکروگرم بر گرم پنیر باعث کاهش قابل توجه مدول الاستیسیته شده است. افزایش مدول ذخیره بیانگر افزایش سفتی بافت پنیر است که نشان‌دهندهٔ افزایش پیوندهای الاستیک بین ساختارهای اصلی پنیر می‌باشد.

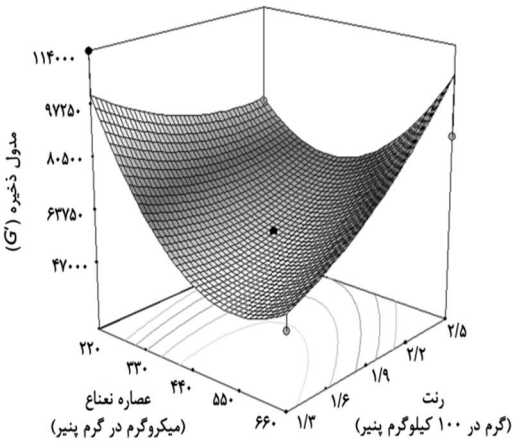
جدول ۳- مقادیر p-value و دیگر پارامترهای مربوط به مدل پیشنهادی برای ویژگی‌های مورد آزمون نمونه‌های پنیر حاوی عصارهٔ نعناع

منبع	pH	چربی	مدول ذخیره	مدول افت	تانژانت افت	امتیاز حسی
	p-value					
مدل	۰/۰۰۸**	۰/۰۱۲۱*	۰/۰۰۱۱**	۰/۰۰۱۲**	۰/۰۴۳۸*	۰/۰۰۶**
عصارهٔ نعناع:A	۰/۰۰۳**	۰/۴۰۸۴	۰/۰۷۷۹	۰/۰۵۷۳	۰/۳۶۵۵	۰/۰۰۸۱**
استارتر:B	۰/۰۰۰۸***	۰/۸۷۷۹	۰/۹۲۵۷	۰/۹۷۳۹	۰/۶۷۴۷	۰/۲۱۹۸
رنت:C	۰/۰۰۷۷**	۰/۰۹۹۳	۰/۰۲۰۷	۰/۰۲۲۵	۰/۴۱۶۲	۰/۱۳۳۴
روز رسیدن :D	۰/۱۲۵	۰/۰۰۱**	۰/۲۰۴۶	۰/۲۲۰۴	۰/۲۶۹۶	۰/۸۸۲۰
AB	۰/۸۹۴۹	۰/۴۶۹۱	۰/۲۷۳۵	۰/۱۹۷۲	۰/۶۴۳۹	۰/۰۹
AC	۰/۵۹۸۹	۰/۱۰۴۷	۰/۰۰۶۶	۰/۰۷۵۴	۰/۰۰۷۸**	۰/۵۱۶
AD	۰/۸۹۴۹	۰/۰۴۳*	۰/۷۸۳۹	۰/۹۰۳۸	۰/۱۵۹۷	۰/۹۲۵
BC	۰/۱۹۹۹	۰/۰۱۳*	۰/۰۶۸۲	۰/۱۲۰۰	۰/۴۵۰۶	۰/۷۷۹
BD	۰/۴۳۳۱	۰/۸۴۲۶	۰/۷۱۳۶	۰/۶۲۵۶	۰/۷۱۶۰	۰/۹۸۱
CD	۰/۵۹۸۹	۰/۳۸۰۳	۰/۱۷۸۸	۰/۲۷۰۹	۰/۲۷۰۴	۰/۶۴۱
A^2	۰/۰۶۰۲	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۰۱***	<۰/۰۰۰۱***	۰/۶۸۳۷	۰/۶۹۲
B^2	۰/۰۷۰۴	۰/۱۲۹۷	۰/۲۸۱۶	۰/۰۲۷۸	۰/۰۰۱۴**	۰/۰۰۰۵***
C^2	۰/۶۲۳۱	۰/۳۰۱۹	۰/۱۵۳۰	-	۰/۰۳۸۴*	۰/۹۰۷۲
D^2	۰/۶۶۶۹	۰/۰۶۰۷	۰/۰۳۹۲	-	۰/۲۰۱۶	۰/۰۰۰۴***
فقدان برازش	۰/۴۶۳	۰/۶۴۴	۰/۰۷۱	۰/۱۰۸	۰/۳۱۶۹	۰/۲۲۲
R-Sq.	۰/۷۹۵	۰/۸۵۹	۰/۸۵۴	۰/۸۵۷	۰/۷۲۷	۰/۸۱
Adj R-Sq.	۰/۵۹۰	۰/۷۳۹	۰/۷۰۸	۰/۷۱۵	۰/۴۵۵	۰/۶۱
Pred R-Sq.	-۰/۱۴۹۱	۰/۰۳۷۲	۰/۲۰۷	۰/۲۳۷	-۰/۳۶۷	۰/۰۰۰۲
Adeq Precision	۷/۶۶۹	۷/۵۲۸	۹/۳۴۴	۹/۱	۵/۹۷۴	۷/۱۲

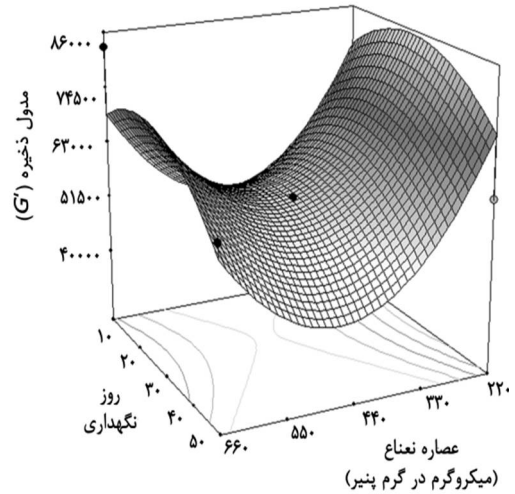
$^{***}P\leq 0.001$, $^{**}P\leq 0.01$, $^{*}P\leq 0.05$

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- تغییرات میزان مدول ذخیره در مقادیر مختلف عصارهٔ نعناع و آنزیم رنت در نمونه‌های حاوی ۲ گرم استارتر (در ۱۰۰ گرم رتنتیت) نگهداری‌شده تا ۳۰ روز



شکل ۳- تغییرات میزان مدول ذخیره در مقادیر مختلف عصارهٔ نعناع و روز نگهداری در نمونه‌های حاوی ۲ گرم استارتر (در ۱۰۰ گرم رتنتیت) و ۱/۹ گرم رنت (در ۱۰۰ گرم رتنتیت)

عصارهٔ نعناع به‌دلیل دارابودن pH حدود ۶/۴ می‌تواند باعث کندی روند کاهش pH لخته طی گرم‌خانه‌گذاری گردد که نظر به اهمیت و نقش pH در آب‌اندازی و استحکام لخته، افزایش غلظت عصارهٔ نعناع می‌تواند باعث کاهش مدول الاستیسیته و درنتیجه نرمی نمونه‌ها گردد. ازطرفی افزایش غلظت رنت، افزایش مقادیر مدول الاستیسیته در نمونه‌ها را باعث می‌گردد که این امر می‌تواند به‌دلیل تجزیهٔ بیشتر کاپاکازئین‌ها[1] و افزایش گروه‌های آب‌گریز باشد که نهایتاً منجربه‌افزایش سفتی لخته می‌گردد. تشکیل اتصالات و ترکیبات پلی‌فنولیک[2] در ابتدا تشکیل لخته کازئین هنگام افزودن رنت منجربه ایجاد مزاحمت در برقراری پیوندهای بین پروتئین‌های کازئینی می‌گردد زیرا باتوجه‌به اینکه عصارهٔ نعناع قبل از افزودن آنزیم رنت و تشکیل لخته اضافه می‌گردد ترکیبات فنولیک با ایجاد پیوندهای واندروالس[3] با پروتئین‌های کازئینی، گروه‌های فعال کازئینی را نیمه‌فعال یا غیرفعال می‌کنند (Hagerman *et al.*, 1992) که نهایتاً منجربه‌کاهش مدول ذخیره و سفتی پنیر می‌گردند. با افزایش غلظت رنت و آزادشدن بیشتر گروه‌های فعال کازئینی، پیوندهای بیشتری بین پپتیدها ایجاد شده و مدول ذخیره افزایش می‌یابد. در پنیرهای غیرفراپالایشی که با انعقاد آنزیمی تهیه می‌شوند به‌دلیل بالابودن pH و حفظ املاح در لخته و عملیات پرس، سفتی پنیر بیشتر می‌گردد زیرا بسته به نوع ترکیبات فنولیک، کاهش محتوی رطوبتی لخته به‌میزان تا ۶ درصد اتفاق می‌افتد و با افزودن آنها ظرفیت آب‌گیری لخته به آرامی کاهش می‌یابد که باعث کاهش پیوندهای آب با لخته می‌شود (Han *et al.*, 2011). همچنین باتوجه‌به سطح آب‌گریز پروتئین‌ها، به نظر می‌رسد که بافت فشرده‌ای ایجاد شود (Pandey *et al.*, 2000). اما در پنیرهای فراپالایشی که با آنزیم تهیه می‌گردند به‌دلیل خروج املاح از لخته و نداشتن عملیات پرس، خروج آب و سفتی لخته بستگی به کاهش pH به‌میزان کمتر از ۴/۸ دارد (Karami *et al.*, 2009) که این امر در نمونه‌هایی که حاوی غلظت‌های بیشتری از عصارهٔ نعناع و غلظت‌های کمتری از آنزیم رنت است کاملاً مشهود می‌باشد (شکل ۲).

تأثیر افزودنی‌ها روی بافت پنیر فتای فراپالایشی می‌تواند بسیار متفاوت باشد. درخصوص پنیرهای فتای فراپالایشی فاقد هرگونه افزودنی، Karami و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر زمان رسیدن بر خصوصیات ویسکوالاستیک را مورد بررسی قرار دادند که مشخص شد با گذشت زمان میزان مدول ذخیره نسبت به مدول افت از افزایش بیشتری برخوردار است. این امر

[1] κ-caseins

[2] Polyphenolic compounds
[3] Von der waals

www.SID.ir

Archive of SID

مؤید افزایش سفتی نمونه‌ها بود که در کنار آن ویژگی الاستیسیته نسبت به ویژگی جریان‌پذیری از افزایش بیشتری برخوردار بود فشردگی بافت نمونه‌های فاقد افزودنی طی نگهداری به این علت است که طی پدیدهٔ لیپولیز[1]، بافت از چربی‌ها تخلیه شده، ساختار بافتی در هم فرو می‌رود (karami *et al.*, 2008). ازطرفی پدیدهٔ پروتئولیز[2] باعث ایجاد پیوندهای جدید گردیده و بافت کازئینی بازسازی می‌شود. مقادیر مدول الاستیسیته در نمونه‌های Karami و همکاران (۲۰۰۹) از مقادیر نتایج ما کمتر بود. همچنین Farbod و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی که روی پنیرهای فتای فراپالایشی حاوی مقادیر مختلف پودر زیره، روغن‌زیتون و روغن ماهی (که به مدت ۲ ماه در دمای ۸ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شده بود) انجام دادند مقدار مدول الاستیسیته را در نمونه‌ها در محدودهٔ ۸۴۰۰ الی ۲۸۰۰۰ پاسکال و میزان مدول افت در محدودهٔ ۲۴۰۰ الی ۷۰۰۰ پاسکال گزارش نمودند که نسبت به نمونه‌های شاهد، کاهش مدول الاستیسیته و مدول افت را نشان داد. اما در این دو گروه، زمان نگهداری تأثیری بسزایی روی این دو ویژگی داشت که باعث کاهش آنها گردید که از این نظر می‌تواند مخالف نتایج ما باشد. البته در شرایط زمانی طولانی‌تر ممکن است بافت پنیرها دچار نرمی گردد. این پدیده در نمونه‌های پنیر آب‌نمکی گلپایگان که ۶ ماه نگهداری شده بودند مشاهده شد زیرا که تا ۳ ماه نگهداری، مقدار مدول ذخیره و مدول افت افزایش داشته ولی از ماه ۴ تا ماه ۶ روند کاهشی از خود نشان داد (Farahani *et al.*, 2014).

تأثیر متغیرهای مستقل بر مدول افت (G") تیمارهای تولیدی

در جدول (۲) داده‌های خام به‌دست‌آمده مربوط به ویژگی مدول افت نمونه‌ها آمده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌گردد کمترین مدول افت (در فرکانس ۱ هرتز) به‌میزان ۷۵۸۰ پاسکال مربوط به نمونهٔ شمارهٔ ۱۸ بوده و بیشترین مقدار به‌میزان ۲۸۰۰۰ پاسکال مربوط به نمونهٔ شمارهٔ ۲۶ می‌باشد. آنالیز واریانس داده‌ها نشان‌دهندهٔ معنی‌داربودن ($P<۰/۰۵$) اثر خطی آنزیم رنت و عصارهٔ نعناع ($P<۰/۰۱$) و همچنین معنی‌داری ($P<۰/۱$) اثر متقابل رنت و عصارهٔ نعناع است. تأثیر معنی‌دار ($P<۰/۰۰۰۱$) اثر مربعی عصارهٔ نعناع، استارتر و روز رسیدن ($P<۰/۰۵$) نیز مشخص شد. مانند آنالیز مدل پیشنهادی مدول ذخیره، در مدل پیشنهادی مدول افت، عدم تطابق داده‌های واقعی با داده‌های پیشگویی‌شده معنی‌دار بود. بااین‌وجود این مدل (رابطهٔ ۶) می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. البته مطلوبیت مدل ارائه‌شده در حد متوسط است. میزان R^2 در این ویژگی نزدیک به ۱ نزدیک و برابر ۰/۸۵ است که مطلوبیت خوبی دارد همچنین باتوجه‌به بالابودن Adeq Precision قدرت ناوبری این مدل مطلوب است. دراین‌خصوص مدل ارائه‌شده برای برآورد "G در رابطهٔ (۶) آورده شده است که ارتباط بین آن و متغیرهای مستقل مورد آزمایش را نشان می‌دهد.

رابطهٔ (۶)

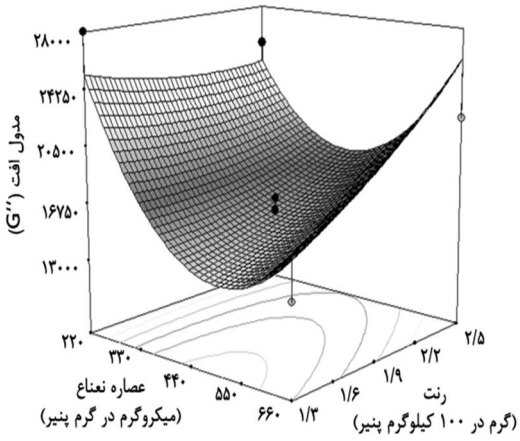
$$\text{مدول افت} = 15840 - 1673.42*A + 26.91667*B + 2071.333*C - 1036.5*D - 1895*A*B + 2687.5*A*C - 172.25*A*D - 2317.5*B*C + 698.25*B*D - 1604*C*D + 6436.875*A^2 - 2698.38*B^2 + 676.5*C^2 - 2789*D^2$$

باتوجه‌به شکل (۴) با افزایش غلظت عصارهٔ نعناع (در کمترین غلظت رنت) مقدار مدول افت کاهش یافت ولی با افزایش غلظت رنت، میزان مدول ذخیره بالا رفت اما مشابه اثری که برهم‌کنش آنها روی مدول ذخیره گذاشت در ویژگی مدول افت نیز این تأثیر مشاهده گردید و با افزایش هم‌زمان غلظت رنت و عصارهٔ نعناع، میزان مدول افت نیز بالا رفت که این امر در ضرایب رگرسیونی آنها کاملاً قابل مشاهده است. درخصوص اثرات استارتر و روز نگهداری (باتوجه‌به مدل پیشگویی) تنها تأثیر مربعی آنها معنی‌دار بود بدین‌معنا که در مقادیر متوسط آنها بیشترین میزان مدول افت ایجاد می‌گردد که در شکل (۵) این پدیده کاملاً مشخص شده است.

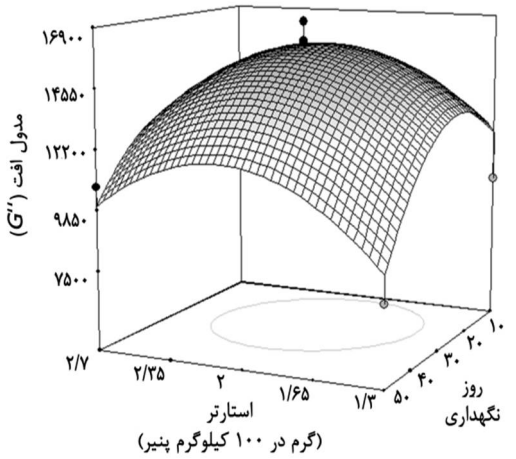
[1] Lipolysis
[2] Proteolysis

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- تغییرات میزان مدول افت در مقادیر مختلف عصارهٔ نعناع و آنزیم رنت در نمونه‌های حاوی ۲ گرم استارتر در ۱۰۰ گرم رتنتیت نگهداری‌شده تا ۳۰ روز



شکل ۵- تغییرات میزان مدول افت در مقادیر مختلف استارتر و روز رسیدن در نمونه‌های حاوی ۱/۹ گرم آنزیم رنت (در ۱۰۰ گرم رتنتیت) و ۴۴۰ میکروگرم عصارهٔ نعناع (در هر گرم پنیر)

تأثیر متغیرهای مستقل بر تانژانت افت تیمارهای تولیدی

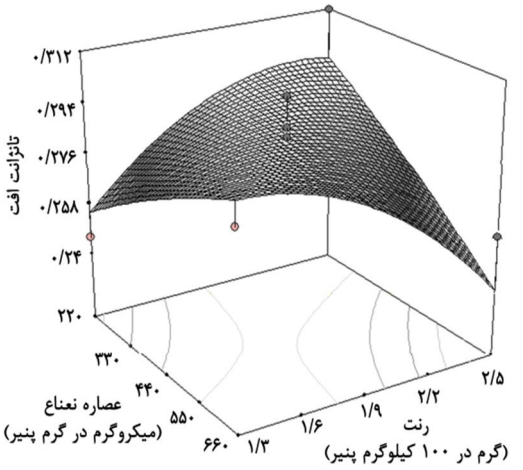
مقادیر این پارامتر برای تمامی نمونه‌های مورد آزمون در جدول (۲) آمده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌گردد کمترین مقدار (در فرکانس ۱ هرتز) مربوط به نمونهٔ شمارهٔ ۱۱ به‌میزان ۰/۲۴۱ بوده و بیشترین مقدار مربوط به نمونهٔ شمارهٔ ۱۶ به‌میزان ۰/۳۱۲ می‌باشد. آنالیز واریانس داده‌های خام نشان داد که برهم‌کنش رنت و عصارهٔ نعناع تأثیر معنی‌داری ($P<0/01$) داشت. همچنین معنی‌داری ($P<0/01$) اثر مربعی استارتر و رنت مشخص شد. در آنالیز مدل پیشنهادی (رابطهٔ ۷) معنی‌دارنبودن فقدان برازش ثابت می‌کند که این مدل می‌تواند به‌خوبی مورد استفاده قرار گیرد. البته مطلوبیت، دقت و قدرت ناوبری مدل ارائه‌شده در حد متوسط است (جدول ۳). رابطهٔ (۷)

$$\text{Damping factor}=0.28634-0.004*A-.001833333*B-0.003583333*C+0.004916667*D-0.0035*A*B-0.023*A*C+0.011*A*D+0.00575*B*C+0.00275*B*D+0.0085*C*D-0.00242*A^2-0.02317*B^2+0.013295*C^2-0.007795*D^2$$

در محاسبهٔ میزان تانژانت افت، مقدار مدول ذخیره بر مدول افت تقسیم می‌گردد. این امر بدین‌معنی است که تغییرات آن دو در تانژانت افت اثر مستقیم دارد. بنابراین تمامی عواملی که روی مدول افت و مدول ذخیره اثرگذار هستند بر تانژانت افت تأثیر می‌گذارند. باتوجه‌به شکل (۶) مشخص شد که با افزایش غلظت عصارهٔ نعناع (در مقدار کم آنزیم رنت) افزایش خاصیت ویسکوزشدن یا جریان‌یافتگی نمونه‌ها مشاهده می‌گردد که نشان‌دهندهٔ مزاحمت ترکیبات فنولیک موجود در عصارهٔ نعناع در تشکیل پیوندهای الاستیک بین اجزای اصلی پنیر می‌باشد. زیرا ترکیبات فنولیک با ایجاد پیوندهای واندروالسی با پروتئین‌های کازئینی، گروه‌های فعال کازئینی را نیمه‌فعال یا غیرفعال می‌کنند (Hagerman *et al.*,, 1992). اما با افزایش آنزیم رنت این خاصیت کم‌شده و در غلظت متوسط رنت بی‌تغییر مانده و درنهایت در غلظت بالای رنت خاصیت ژله‌ای‌شدن افزایش می‌یابد که این امر می‌تواند به‌دلیل تجزیهٔ بیشتر کاپاکازئین‌ها و افزایش گروه‌های آب‌گریز باشد که پیوندهای بیشتری بین پپتیدها ایجادشده و درنهایت منجربه‌افزایش سفتی لخته می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

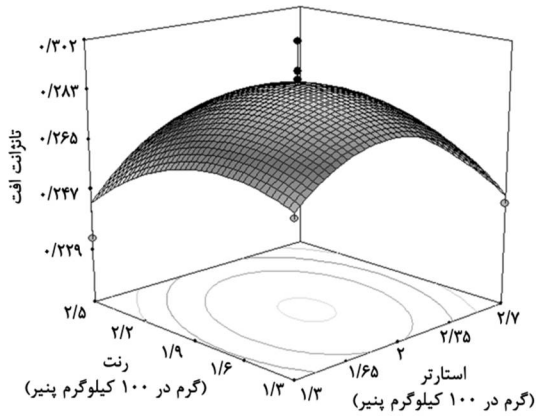


شکل ۶- تغییرات میزان تانژانت افت در مقادیر مختلف عصارهٔ نعناع و آنزیم رنت در نمونه‌های حاوی ۲ گرم استارتر (در ۱۰۰ گرم رتنتیت) نگهداری‌شده تا ۳۰ روز

افزایش هم‌زمان مقادیر عصارهٔ نعناع و رنت باعث کاهش تانژانت افت در نمونه‌های پنیر فتای فراپالایشی گردید که در شکل (۶) قابل مشاهده است. این رویه باعث تغییر بافتی پنیرها از حالت ویسکوز به حالت الاستیک یا ژله‌ای شد که به افزایش سفتی نمونه‌ها منجر گردید. درخصوص اثرات استارتر و رنت (باتوجه‌به مدل پیشگویی) تنها تأثیر مربعی آنها معنی‌دار بود بدین‌معنا که در مقادیر متوسط آنها بیشترین میزان تانژانت افت ایجاد می‌گردد که در شکل (۷) این پدیده کاملاً مشخص شده است.

در این تحقیق میزان تانژانت افت کمتر از ۱ بود که بیانگر غالب‌بودن خاصیت ژله‌ای نمونه‌ها نسبت به خاصیت ویسکوز (جریان‌پذیری) در آنها است. تانژانت افت و مدول ذخیره شاخص‌های مفیدی در تفکیک و تمایزبخشی بافت‌های نمونه‌های پنیرهای فتای فراپالایشی هستند (Gunasekaran, 2003). به‌طور مثال این اندازه‌گیری در تفکیک ۷ نوع پنیر فتای فراپالایشی مورد استفاده قرار گرفت که مقدار مدول کمپلکس در محدودهٔ ۴۰ الی ۱۷۳ کیلوپاسکال و مقدار تانژانت افت آنها در محدودهٔ ۰/۱۷ الی ۰/۲۵ به‌دست آمد (Wium *et al.*, 1997). در بررسی اثر افزودن پکتین به پنیر پروسس (Ak & Gunasekaran, 1995) افزایش مدول‌های ذخیره‌ای و افت و همچنین کاهش زاویهٔ افت مشخص شد که بیانگر افزایش خاصیت ویسکوالاستیکی پنیر و سفتی آن می‌باشد. در این تحقیق با افزایش فرکانس اعمال‌شده روی نمونه‌ها، تانژانت افت کاهش می‌یابد. البته به استثنای نمونهٔ ۲۱ و ۲۷ که منحنی آنها شیب ملایمی داشت منحنی سایر نمونه‌ها شیب تندی داشتند. این امر بیانگر کاهش نسبت خاصیت ویسکوزی به خاصیت ژله‌ای در نمونه‌ها با افزایش فرکانس است. به‌عبارت‌دیگر سهم سفتی به سهم نرمی در بافت افزایش می‌یابد.

نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق Karami و همکاران (۲۰۰۹) که روی نمونه‌های پنیر فتای فراپالایشی فاقد افزودنی این آزمون را انجام دادند مشابه بود. علت این پدیده به مقدار نسبتاً بالای آنزیم رنت در لختهٔ پنیرهای فراپالایشی برمی‌گردد زیرا تنها ۶ درصد رنت در جریان تشکیل لخته استفاده می‌شود این امر منجربه‌افزایش کلوخه‌ای و سخت‌شدن شبکهٔ کازئینی می‌شود که درنهایت باعث افزایش سفتی پنیر فتای فراپالایشی می‌گردد (Gunasekaran, 2003). مشابه تحقیق ما Hesari و همکاران (۲۰۰۶) پی‌بردند که آنزیم رنت تأثیر زیادی در افزایش سفتی بافت پنیر فتای فراپالایشی دارد درخصوص بی‌تأثیربودن غلظت‌های مختلف استارتر نتایج ما با Lawrence و همکاران (۱۹۸۷) متفاوت بود آنها به این نتیجه رسیده بودند که استارترها روی رئولوژی و خصوصیات بافتی پنیرهای غیرفراپالایشی طی تجزیهٔ آرام و کند کازئین‌ها در دورهٔ نگهداری اثرگذار است.



شکل ۷- تغییرات میزان تانژانت افت در مقادیر مختلف استارتر و آنزیم رنت در نمونه‌های حاوی ۴۴۰ میکروگرم عصارهٔ نعناع (در هر گرم پنیر) نگهداری‌شده تا ۳۰ روز

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین مقادیر بهینهٔ متغیرهای مستقل

در این بخش با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی‌کننده که توسط نرم‌افزار مربوطه ارائه شد می‌توان با تعیین محدوده برای متغیرهای مستقل و وابسته، به اهداف مورد نظر که رسیدن به خصوصیات رئولوژیکی نمونه‌های شاهد فاقد عصارهٔ نعناع دست یافت. در جدول (۴) محدودهٔ مقادیر مورد نظر آمده است. باتوجه‌به خواص مفید و سودمند گیاه نعناع، غلظت آن با درجهٔ اهمیت ۵، حداکثر در نظر گرفته شد. درحالی‌که سایر متغیرهای مستقل در محدودهٔ طبیعی خود تعریف گردیدند. براساس محدوده‌های تعریف‌شده و آنالیز صورت‌گرفته توسط نرم‌افزار مربوطه تعداد ۱۰ پاسخ ارائه گردید که همگی دارای مطلوبیت ۱ بودند (جدول ۳). لذا به‌منظور تولید نمونه‌های پنیر فتای فراپالایشی مشابه نمونه‌های مطلوب بازار (فاقد عصارهٔ نعناع) می‌بایست عصارهٔ نعناع با غلظت ۶۶۰ (میکروگرم در گرم پنیر)، استارتر (۲/۲۵-۱/۶۳ گرم در ۱۰۰ کیلوگرم پنیر)، رنت (۲/۳۴-۲/۱۴ گرم در ۱۰۰ کیلوگرم پنیر) به‌کار گرفته شود و حداقل ۲۶ روز نگهداری شود.

جدول ۴- محدودهٔ تعریف‌شده برای متغیرهای مستقل و وابسته برای دستیابی به اهداف مورد نظر

متغیرها	هدف	حداقل	حداکثر	درجه اهمیت
عصارهٔ نعناع (میکروگرم در گرم پنیر)	حداکثر باشد	۲۲۰	۶۶۰	۵
استارتر (گرم در ۱۰۰ کیلوگرم پنیر)	در محدودهٔ حداقل و حداکثر باشد	۱/۳	۲/۷	۳
رنت (گرم در ۱۰۰ کیلوگرم پنیر)	در محدودهٔ حداقل و حداکثر باشد	۱/۳	۲/۵	۳
زمان رسیدن (روز)	در محدودهٔ حداقل و حداکثر باشد	۱۰	۳۰	۳
میزان pH	در محدودهٔ حداقل و حداکثر باشد	۴/۶۳	۴/۸۱	۳
امتیاز حسی	حداکثر باشد	۳/۲۶	۵/۶۶	۵
مدول ذخیره	در محدودهٔ حداقل و حداکثر باشد	۸۵۰۰۰	۹۵	۳
مدول افت	در محدودهٔ حداقل و حداکثر باشد	۲۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳
تانژانت افت	در محدودهٔ حداقل و حداکثر باشد	۰/۲۵۵	۰/۲۲۵	۳

نتیجه‌گیری

عصارهٔ نعناع به‌دلیل دارابودن pH حدود ۶/۴ می‌تواند باعث کندی روند کاهش pH لخته طی گرم‌خانه‌گذاری گردد که نظر به اهمیت و نقش pH در آب‌اندازی و استحکام لخته، افزایش غلظت عصارهٔ نعناع باعث کاهش مدول الاستیسیته و درنتیجه نرمی نمونه‌ها شد. ازطرفی افزایش غلظت رنت، افزایش مقادیر مدول الاستیسیته در نمونه‌ها را باعث می‌گردد که درنهایت منجربه‌افزایش سفتی لخته می‌شود. این امر می‌تواند به‌دلیل تجزیهٔ بیشتر کاپاکازئین‌ها و افزایش گروه‌های آب‌گریز باشد. در آزمون مدول افت (G")، مشخص شد که با افزایش غلظت عصارهٔ نعناع (در کمترین غلظت رنت) مقدار مدول افت کاهش می‌یابد ولی طی افزایش غلظت رنت، میزان مدول ذخیره بالا می‌رود. همچنین افزایش هم‌زمان غلظت رنت و عصارهٔ نعناع، باعث افزایش میزان مدول افت می‌شود که این امر در ضرایب رگرسیونی آنها کاملاً قابل مشاهده بود. در این تحقیق میزان تانژانت افت کمتر از ۱ بود که بیانگر غالب‌بودن خاصیت ژله‌ای نمونه‌ها نسبت به خاصیت ویسکوز (جریان‌پذیری) در آنهاست. درنهایت می‌توان نتیجه گرفت که با افزودن حداکثری غلظت عصارهٔ نعناع می‌توان به تولید نمونه‌هایی که ازنظر بافتی مشابه پنیر فتای فراپالایشی بازاری (فاقد عصارهٔ نعناع) باشند، دست یافت.

قدردانی

این مقاله از گزارش نهایی حاصل از طرح پژوهشی مصوب‌شده در کمیتهٔ پژوهشی استخراج گردید. نویسنده برخود لازم می‌داند از مدیریت واحد تولیدی لبنی نصر نوین گلستان به‌دلیل دراختیار قراردادن امکانات تولید نمونه‌ها و از آقای دکتر محمدامین محمدی‌فر به واسطهٔ همکاری در آزمون نمونه‌ها تشکر و قدردانی نماید.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱- سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۷۳. روش‌های آزمون حسی-ارزیابی فراورده‌های خوراکی با روش‌های مقیاسی. شماره ۳۴۴۳. چاپ اول.

۲- سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۶۶. روش تعیین اسیدیتهٔ کل و pH با تراکم H در شیر و فراورده‌های آن. شماره ۲۸۵۲، چاپ اول.

۳- سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۵۷. اندازه‌گیری چربی پنیر و پنیرهای ذوب‌شده. شماره ۷۶۰، چاپ اول.

۴- سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۵۶. روش اندازه‌گیری مادهٔ خشک پنیر و پنیرهای ذوب‌شده. شماره ۱۷۵۳، چاپ اول.

5- Ak, M., & Gunasekaran, S. 1995. Measuring elongational properties of Mozzarella cheese. Journal of Texture Studies, 26(2):147-160.

6- Arakawa, T., & Osawa, K. 2000. Pharmacological study and application to food of mint flavour-antibacterial and antiallergic principles. Aroma Research, 1(1):20-23.

7- Collins, Y.F., McSweeney, P.L., & Wilkinson, M.G. 2003. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. International Dairy Journal, 13(11):841-866.

8- Crouzet, J., Sakho, M., & Chassagne, D. 1996 Fruit aroma precursors with special reference to phenolics. Proceedings-Phytochemical Society Of Europe, 1996. Vol. 41, pp.109-124. Oxford University Press Inc.

9- Farahani, G., Ezat Panah, H., & Abbasi, S. 2014. Evaluation of Some Physicochemical, Rheological and Textural Properties of White-Brined Cheese (Golpayegan cheese) During Ripening. Food Technology & Nutrition, 11(3):5-25.

10- Farbod, F., Kalbasi, A., Moini, S., Emam-Djomeh, Z., Razavi, H., Mortazavi, A., & Beheshti, H.R. 2013. The effects of storage time on physiochemical, rheological, micro-structural and sensory properties of feta cheese fortified with fish and olive oils. Journal of Nutrition & Food Sciences, 3(5):1-8.

11- Fox, P.F. 2004. Cheese: chemistry, physics, and microbiology. Volume 1. London: Elsevier Academic.

12- Gunasekaran, S., & Ak, M.M. 2003. Cheese rheology and texture. Boca Raton, FL: CRC Press.

13- Hagerman, A.E. 1992. Tannin protein interactions. ACS Symposium Series, 1992. Vol. 506, pp.236-247. Amer Chemical Soc 1155 16th St, Nw, Washington, Dc 20036.

14- Hagerman, A.E., Robbins, C.T., Weerasuriya, Y., Wilson, T.C., & McArthur, C. 1992. Tannin chemistry in relation to digestion. Journal of Range Management, 45:57-62.

15- Han, J., Britten, M., St-Gelais, D., Champagne, C.P., Fustier, P., Salmieri, S., & Lacroix, M. 2011. Effect of polyphenolic ingredients on physical characteristics of cheese. Food Research International 44(1):494-497.

16- Hesari, J., Ehsani, M.R., Khosroshahi, A., & McSweeney, P.L. 2006. Contribution of rennet and starter to proteolysis in Iranian UF white cheese. Le Lait, 86(4):291-302.

17- Karami, M., Ehsani, M., Mousavi, S., Rezaei, K., & Safari, M. 2009. Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening. Food Chemistry, 112(3):539-544.

18- Karami, M., Ehsani, M.R., Mousavi, M.E., Rezaei, K., & Safari, M. 2008. Microstructural changes in fat during the ripening of Iranian ultrafiltered Feta cheese. Journal of dairy Science, 91(11):4147-4154.

19- Lawrence, R.C., Creamer, L.K., & Gilles, J. 1987. Texture development during cheese ripening. Journal of Dairy Science, 70(8):1748-1760.

www.SID.ir

Archive of SID

20- Lobato-Calleros, C., Rodriguez, E., Sandoval-Castilla, O., Vernon-Carter, E., & Alvarez-Ramirez, J. 2006. Reduced-fat white fresh cheese-like products obtained from W 1/O/W 2 multiple emulsions: Viscoelastic and high-resolution image analyses. Food Research International, 39(6):678-685.

21- Madadlou, A., Khosroshahi, A., & Mousavi, M. 2005. Rheology, microstructure, and functionality of low-fat Iranian white cheese made with different concentrations of rennet. Journal of Dairy Science, 88(9):3052-3062.

22- Pandey, P., Ramaswamy, H., & St-Gelais, D. 2000. Water-holding capacity and gel strength of rennet curd as affected by high-pressure treatment of milk. Food Research International, 33(8):655-663.

23- Pittler, M., & Ernst, E. 1998. Peppermint oil for irritable bowel syndrome: a critical review and metaanalysis. The American Journal of Gastroenterology, 93(7):1131-1135.

24- Rahimi, J., Khosrowshahi, A., Madadlou, A., & Aziznia, S. 2007. Texture of low-fat Iranian white cheese as influenced by gum tragacanth as a fat replacer. Journal of Dairy Science, 90(9):4058-4070.

25- Rashidi, H., Mazaheri-Tehrani, M., Razavi, M., & Ghods-Rohani, M. 2015. Improving Textural and Sensory Characteristics of Low-Fat UF Feta Cheese Made with Fat Replacers. Journal of Agricultural Science and Technology, 17(1):121-132.

26- Ribeiro, M.A., Martins, M.M., Esquivel, M.M., & Bernardo-Gil, M.G. 2002. Peppermint supercritical CO2 extraction. Influence of extraction conditions on the antioxidant activity of the residues. Informacion Tecnologica, 13(3):185-190.

27- Romeih, E.A., Michaelidou, A., Biliaderis, C.G., & Zerfiridis, G.K. 2002. Low-fat white-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes. International Dairy Journal, 12(6):525-540.

28- Rudan, M.A., Barbano, D.M., Yun, J.J., & Kindstedt, P.S. 1999. Effect of fat reduction on chemical composition, proteolysis, functionality, and yield of mozzarella cheese. Journal of Dairy Science, 82(4):661-672.

29- Salmanian, S., Sadeghi Mahoonak, A., Alami, M., & Ghorbani, M. 2013. Determination of antiradical and antioxidant activities and flavonoid content in hawthorn fruit (Crataegus elbursensis). Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 8(1):177-185.

30- Sroka, Z., Fecka, I., & Cisowski, W. 2005. Antiradical and anti-H2O2 properties of polyphenolic compounds from an aqueous peppermint extract. Zeitschrift für Naturforschung. C, Journal of Biosciences, 60:826-832.

31- Teranishi, R., Buttery, R.G., & Shahidi, F. 1989. Flavor chemistry: trends and developments: ACS Publications.

32- Waagner Nielsen, E. 1993. North European varieties of cheese In P.F. Fox. Cheese: Chemistry, physics and microbiology. Volume 2. London, UK: Chapman and Hall.

33- Wium, H., Qvist, K., & Gross, M. 1997. Uniaxial compression of uf-feta cheese related to sensory texture analysis. Journal of Texture Studies, 28(4):455-476.

34- Zerfiridis, G.K., Biliaderis, C.G., Volikakis, P., & Vamvakas, C. 2004. Effects of a commercial oat-ß-glucan concentrate on the chemical, physico-chemical and sensory attributes of a low-fat white-brined cheese product. Food Research International, 37(1):83-94.

www.SID.ir

Archive of SID

Investigation of Physicochemical, Sensory and Rheological Properties of Ultra- Filtrated Feta Cheese Prepared With Peppermint Extract (*Mentha Piperita* L.) by Response Surface Methodology

Abolfazl Fadavi[1*], Hamid Reza Samadloiy[2]

1- Assistant professor of Department of Food Science and Member of Young Researchers and Elite club, Azadshahr branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran

* Corresponding author (Fadavi.ac.ir@gmail.com)

2- Assistant professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

Abstract

The effects of peppermint extract (PE) (220-660 µg/g cheese), starter (1.3-2.7 g/100 Kg retentate), rennet (1.3-2.5 g/100 Kg retentate) and ripening time (10-50 days) were investigated on physicochemical, sensory andrheological properties of Ultra-filtrated Feta cheese. In order to attain properties similar to the commercial UF-Feta cheese, their optimized values were predicted by response surface methodology. Analysis of obtained data showed thatPE had positive effect on pH whereas in sensory quality it had negative effect significantly. None of treatments had effect on dry matter. Rennet had significant effect on storage modulus (G'). Significant effects of rennet and significant interaction of PE and rennet were detected on loss modulus (G"). In tan(δ), significant effect of PE and rennet was seen simultaneously. Finally, optimized values for preparation of samples similar to commercial UF-Feta cheese were as follows: peppermint extract: 660 (µg/g cheese), starter: 1.63-2.25 (g/100 Kg retentate), rennet: 2.14-2.34 (g/100 Kg retentate) and ripening time of 26 days.

Keywords: Loss Modulus (G"), Peppermint Extrct, Physicochemical and Sensory Properties, Storage Modulus (G'), Ultrafiltrated-Feta Cheese

www.SID.ir