Archive of SID

نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی
جلد دهم، شماره اول، ۹۷
۴۷-۶۰
http://ejfpp.gau.ac.ir
DOI:10.22069/EJFPP.2018.13341.1434

بررسی تأثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و ژلاتین بر روی خصوصیات رئولوژیکی و حسی پنیر خامه‌ای کم چرب

فرزانه همتی[۱]، اکرم آریان‌فر[۲*]

[۱]گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران
[۲]باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: پنیر خامه‌ای فرآورده‌ای است که از شیر و خامه پاستوریزه تهیه می‌گردد و دارای بافت نرم و صاف تا کمی ورقه‌ای می‌باشد. چربی بالای موجود در برخی محصولات لبنی مانند پنیر خامه‌ای برای برخی افراد مضر بوده و سلامتی آنان را تهدید کند. لذا تقاضا برای محصولات لبنی کم چرب و کم کالری رو به افزایش است. اما از سویی دیگر، چربی پنیر نه تنها از نظر تغذیه‌ای اهمیت دارد، بلکه نقش مهمی در بهبود ظاهر و بافت پنیر بازی می‌کند. پنیرهای کم چرب معایبی چون بافت و طعم نامطلوب دارند. از این رو، در این مطالعه تأثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و ژلاتین بر بهبود خواص بافتی (سفتی، پیوستگی، استحکام و قابلیت جویدن)، ویسکوزیته و حسی (رنگ، عطر، طعم، بافت و پذیرش کلی) پنیر خامه‌ای کم چرب مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، از ژلاتین و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی به عنوان مواد اولیه فرمولاسیون پنیر خامه‌ای کم‌چرب استفاده شد. اثر ژلاتین با غلظت‌های ۰/۶، ۰/۴ و ۰/۲ درصد و آنزیم ترانس گلوتامیناز در ۳ سطح ۵، ۳، ۱ درصد از طریق اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی، رئولوژیکی و حسی با استفاده از روش سطح پاسخ و نرم افزار Design Expert نسخه 6.0.2 انجام شد. این طرح از طریق Box-Behnken در سه سطح که شامل ۱۳ آزمون است، صورت گرفت. ویژگی‌های حسی به روش هدونیک ارزیابی شد. آنالیز بافت و خواص رئولوژی با استفاده از دستگاه بافت سنج انجام شد. کلیه نمونه‌ها در شرایط یکسان تولید و در دمای ۶-۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

یافته‌ها: ویژگی‌های پنیرخامه‌ای به وسیله نمودارهای سطح پاسخ ارزیابی شد و برای هر پاسخ مدل‌های چند جمله‌ای درجه دوم به دست آمد. با توجه به اینکه ضریب تبیین (R^2) برای مدل‌های به دست آمده برای کلیه صفات رئولوژی و حسی بالاتر از ۰/۸ بوده و فاکتور عدم برازش نیز برای تمامی صفات مذکور در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نبود، صحت مدل‌ها برای برازش اطلاعات مورد تایید قرار گرفت. در نهایت، بر اساس ویژگی‌های رئولوژی و حسی پنیر خامه‌ای نقاط بهینه تولید پنیر خامه‌ای تعیین شد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج بهینه‌سازی با روش سطح پاسخ، آنزیم ترانس گلوتامیناز در سطح ۳/۰۱ درصد و ژلاتین با ۰/۳۸ درصد به‌عنوان سطح بهینه فرمولاسیون برای تولید پنیر خامه‌ای تعیین شدند که منجر به تولید محصولی کم‌چرب با ویژگی‌های رئولوژیک مطلوب خواهد شد. همچنین نتایج ارزیابی حسی نشان داد که نمونه بهینه از مقبولیت به مراتب بالاتری نزد مصرف کنندگان برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پنیر خامه‌ای، رئولوژی، کم چرب، آنزیم ترانس گلوتامیناز

*مسئول مکاتبه: a_aria_1443@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در طی یک دهه گذشته به‌دلیل که بین مصرف چربی و بیماری‌های زیادی از جمله چاقی، بیماری‌های قلبی و عروقی مانند تصلب شرائین و سرطان ارتباط وجود دارد مصرف محصولات غذایی بدون چربی و کم‌چربی گسترش زیادی پیدا کرده است بنابراین صنعت غذا با تقاضای روز افزونی برای کاهش مقدار چربی در محصولات غذایی روبرو است و لذا تولید کنندگان غذا نیز به تقاضای مصرف کنندگان پاسخ داده‌اند و از این رو شاهد رشد سریع در تولید محصولات کم چربی هستیم (۱۲، ۱۷و ۲۶). علاوه بر تغذیه، چربی ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی غذاها مانند طعم و مزه، احساس دهانی و بافت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین حذف چربی به راحتی امکان پذیر نیست، چون حذف آن بافت و طعم و مزه را در جهت نامطلوب شدن، تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین برای فرمولاسیون محصولات کم‌چرب، استفاده از ترکیباتی که به طور نسبی و یا کامل جایگزین چربی می‌شوند و ویژگی‌های چربی را ایجاد می‌کنند، پیشنهاد شده است (۱۷ و ۸).

جایگزین‌های چربی، ترکیباتی هستند که روی ویژگی‌های محصول نظیر طعم، احساس دهانی، بافت، ویسکوزیته و سایر خصوصیات ارگانولپتیک تأثیر می‌گذارند (۷). هیدروکلوئیدها ترکیباتی هستند که ایجاد قوام و بافت می‌کنند، باعث افزایش پایداری می‌شوند، به‌عنوان یک امولسیفایر عمل می‌کنند، تشکیل ژل می‌دهند و احساس دهانی را بهبود می‌بخشند. هیدروکلوئیدها، حالتی مشابه یک ساختار چرب و روغنی برای محصولاتی که چربی آنها کاهش یافته است ایجاد می‌کنند. در حقیقت هیدروکلوئیدها مقدار کم چربی را از طریق توانایی‌شان در جذب و باند کردن آب و داشتن ویژگی‌های بافت دهندگی جبران می‌کنند. هیدروکلوئیدها همچنین به ایجاد یک ساختار ژله‌ای شبه چربی کمک می‌کند که این ساختار در طول نگهداری محصولات پایدار باقی می‌ماند و در دهان به‌صورت مطلوبی ذوب می‌شود و آزاد شدن کامل طعم را در طول مصرف ایجاد می‌کند. این ویژگی به‌طور گسترده‌ای در تولید محصولات لبنی و گوشتی که میزان چربی آنها کاهش یافته است، مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴).

ژلاتین یکی از مهمترین هیدروکلوئیدهای غذایی می باشد که قابلیت‌های زیادی از جمله توانایی اتصال به آب، تشکیل ژل، افزایش گرانروی (ویسکوزیته) تشکیل لفاف (فیلم) و نقش امولسیون کنندگی دارد. حالت دو خصلتی (آمفوتریک) ژلاتین و همچنین نواحی هیدروفوبیک آن بر روی زنجیره پپتیدی، آن را به صورت یک عامل امولسیون کننده و کف کننده قوی در آورده و همچنین ثابت شده است که ژلاتین توانایی تشکیل یک لایه جذب شده قوی، در سطح مشترک، برای ممانعت از فروریختن حباب‌های هوا دارد (۷).

آنزیم ترانس گلوتامیناز یک آسیل ترانسفراز است که می‌تواند واکنش‌هایی مانند ایجاد اتصالات عرضی، انتقال آسیل و دآمیداسیون را کاتالیز کند. هنگامی که اسید آمینه لیزین پذیرنده آسیل باشد، واکنش انتقال آسیل بین گروه Y–کربوکسی آمید اسیدآمینه گلوتامین و گروه آمین نوع اول در اسید آمینه لیزین منجر به تشکیل پیوند عرضی ε -Y- (glutamyl)- lysine می‌شود (۹، ۱۹ و ۲۰). تشکیل اتصالات عرضی کوالان بین پروتئین‌ها منجر به تغییراتی در ویژگی‌های کارکردی آنها می‌شود و از این ویژگی برای تولید محصولاتی با ویژگی‌های حسی و رئولوژیکی بهتر استفاده می‌شود (۵).

تحقیقات بسیاری نشان داده‌اند که کازئین شیر به علت ساختمان غیر کروی و باز خود یک سوبسترای خوب برای آنزیم ترانس گلوتامیناز است و می‌تواند

www.SID.ir

Archive of SID

یک ژل مقاوم به حرارت و پایدار تشکیل دهد. ترانس گلوتامیناز تولید فراورده‌های لبنی مانند بستنی، پنیر و ماست با مقدار چربی یا ماده جامد غیر چرب کاهش یافته را ممکن می‌سازد (۱۹و۲۰). استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرآیند ساخت پنیر باعث ایجاد تغییراتی در این فرایند می‌شود که عبارتند از: تغییر در ویژگی‌های رئولوژیکی دلمه و روند انعقاد دلمه، جلوگیری از درهم آمیختگی گلبول‌های چربی، باقی ماندن مقدار بیشتری از پروتئین‌های آب پنیر در دلمه، تحت تأثیر قرار دادن مراحل اولیه و ثانویه – انعقاد است (۵ و۲۲). دی پیرو و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده کردند که ترانس گلوتامیناز قادر است راندمان پنیرسازی را از راه حفظ رطوبت در دلمه افزایش دهد (۹). فرناندزدسا و بردیگنن لوییز (۲۰۱۰) نشان دادند که تیمار شیر با ترانس گلوتامیناز هفت دقیقه پس از افزودن رنت به آن، حین تهیه از شیر، روش کارایی برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی پنیر پروسس تهیه شده از آن ژل‌ها می‌باشد (۱۰). نظر به اینکه مشکل اصلی در تهیه پنیرهای خامه‌ای با چربی کاهش یافته، شبکه پروتئینی فشرده و بافت جویدنی آن است لذا هدف از این پژوهش، تولید پنیر خامه‌ای کم چرب با حفظ خصوصیات رئولوژیکی و حسی پنیر خامه‌ای پرچرب با استفاده از جایگزین چربی بود.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: شیر خام مصرفی (۳/۲ درصد) و خامه مصرفی (۳۵ درصد چربی) از تولیدات شرکت صباح گنبد استفاده گردید. مایه پنیر مورد استفاده از نوعی قارچی (موکور میه هی) از شرکت DSM استرالیا، استارتر مصرفی از شرکت‌هانسن (CNN22) دانمارک استفاده گردید. آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (EC ۲,۳,۲,۱۳) با منشا میکروبی (Active YG) به دست آمده از استرپتوورتیسیلیوم[1] با میانگین فعالیت ۱۰۰ واحد در گرم (بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط تولید کننده) از شرکت آجینوموتو[2]، ژاپن تهیه شد. ژلاتین مورد نیاز از نوع ژلاتین پودری با قدرت تشکیل ژل پایین (۱۲۰) از شرکت مرک، آلمان، تهیه گردید. نمک مصرفی از شرکت سپید دانه شیراز تهیه گردید. سایر مواد مورد استفاده در آزمایشات محصول شرکت مرک، آلمان، بودند.

فرآیند تولید پنیر خامه‌ای کم چرب: به‌منظور استانداردسازی چربی، با استفاده از روش مربع پیرسون مقدار خامه تازه مورد نیاز برای رساندن چربی شیر به ۴ درصد را محاسبه و به شیر افزوده شد. بعد از فرآیند سالم سازی و استانداردسازی چربی، به‌منظور آبگیری و تغلیظ با استفاده از دستگاه اولترافیلتراسیون (UF) دمای شیر استاندارد شده را به ۵۰ درجه سانتی‌گراد رسانده و آن‌را از دستگاه UF با ظرفیت ۴ تن در ساعت عبور داده که در نهایت، رتنتیت با مشخصات در جدول ۱ حاصل شد.

جدول ۱: مشخصات رتنتیت

Table 1. Retentate characteristics

پروتئین Protein	ماده‌خشک Solid matter	چربی Fat	pH
7	35	16	6.50

با توجه به جدول تیمارها، مقدار مورد نیاز ژلاتین به نمونه‌ها اضافه و با استفاده از همزن آزمایشگاهی کار اختلاط ژلاتین‌ها انجام، سپس دمای مورد نمونه‌ها را با استفاده از حمام آب سرد به ۳۰ درجه سانتی‌گراد رسانده و به آنها آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی به مقدار ذکر شده در جدول تیمارها با توجه به میزان پروتئین رتنتیت و قدرت آنزیم و بهمراه مقدار توصیه شده شرکت سازنده، استارتر اضافه و در گرمخانه ۳۰

1. Streptoverticillium
2. Ajinomoto

www.SID.ir

Archive of SID

درجه سانتی‌گراد برای انجام مرحله تخمیر قرار داده شد. بعد از ۱۰ ساعت و رسیدن pH نمونه‌ها به pH=۵ به‌منظور غیرفعال کردن باکتری‌های مزوفیل و توقف مرحله تخمیر، مقدار ۰/۷ درصد نمک طعام به نمونه‌ها اضافه و با استفاده از دستگاه ترمومیکسر فرآیند حرارتی ۷۸ درجه سانتی‌گراد بمدت دقیقه بر روی نمونه‌ها اعمال شد سپس با استفاده از هموژن آزمایشگاهی تک هد و با فشار ۱۸۰ بار فرآیند هموژنیزاسیون انجام و بصورت پرکردن داغ [1] نمونه‌ها بسته بندی و بلافاصله به سردخانه با دمای ۶-۴ درجه سانتی‌گراد منتقل و نگهداری شد. بعد از ۱۰ روز آزمون‌های شیمیایی، بافت سنجی و حسی صورت گرفت (۱۵ و ۱۶).

آزمایش‌های شیمیایی

pH شیر و نمونه‌های پنیر با استفاده از pH سنج دیجیتالی میکروپروسسور مدل pH ۵۳۷ WTW ساخت کشور آلمان تعیین گردید. رطوبت نمونه‌های پنیر با روش آون مدل هریوس ۰۱-۵۰۵۰ I ساخت آمریکا، میزان چربی شیر و نمونه‌های پنیر به روش ژربر، مقدار پروتئین کل پنیر و شیر به روش کلدال و تبدیل رقم بدست آمده به محتوای پروتئینی با ضرب کردن آن در ۶/۳۸ بدست آمد (۱).

آزمون بافت سنجی

آزمایشات بافت سنجی در پنیر خامه‌ای توسط آنالیزور بافت TA-XT2I (سیستم میکرو استیل، ساخت انگلستان) انجام می‌دهیم. قبل از آنالیز، پنیر خامه‌ای را در یک مستطیل به ابعاد (۲۵×۳۵×۱۰ میلی‌متر) که توسط پلاستیک پوشانده شده در دما ۱۰ درجه سانتی‌گراد برای ۲۰ دقیقه نگهداری می‌کنیم. نمونه‌ها فشرده گردید و به ارتفاع اولیه توسط هد فرو رونده (به قطر ۲۰ میلی‌متر) با یک سرعت ثابت ۱ میلی‌متر بر ثانیه، آنالیز بافت در دما اتاق صورت می‌گیرد. در این آزمون، سختی، پیوستگی، استحکام، قابلیت جویدن پنیر خامه‌ای مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. این آزمایش با سه تکرار انجام شد.

اندازه‌گیری ویسکوزیته با استفاده از رئومتر: در این آزمایش از رئومتر دارای توانایی کنترل تنش برشی [2] استفاده شد. ژئومتری رئومتر از نوع صفحه موازی [3] بوده و فاصله بین ژئومتری از صفحه زیر آن در حد ۲ میلی‌متر تنظیم شد. این آزمایش با سه تکرار انجام شد. ویسکوزیته از رابطه ۱ بدست می‌آید:

$$\tau = k.\eta.\omega$$ رابطه ۱:

ارزیابی حسی: ارزیابی حسی با استفاده از فرم‌های ارزیابی حسی و به روش مطلوبیت سنجی (تست هدونیک) ۵ نقطه‌ای انجام شد که در این آزمون، پنیر خامه‌ای از نظر رنگ، عطر، طعم، بافت و پذیرش کلی توسط گروه ارزیاب نسبتاً با تجربه به تعداد ۱۵ نفر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری

روش سطح پاسخ [4] مجموعه‌ای از تکنیک‌های آماری است که در بهینه سازی فرآیندهایی به کار می‌رود که پاسخ مورد نظر توسط تعدادی از متغیرها تحت تأثیر قرار می‌گیرد. شمای گرافیکی مدل ریاضی سبب تعریف واژه‌ی روش سطح پاسخ شده است. با کمک این طرح آماری، تعداد آزمایش‌ها کاهش یافته و کلیه ضرایب مدل رگرسیون درجه دوم و اثر متقابل فاکتورها، قابل برآورد هستند. مهم‌ترین مسئله این پژوهش بررسی آثار اصلی و متقابل فاکتورها بود، از این رو طرح آماری سطح پاسخ انتخاب شد (۲و ۲۱).

1. Hot Filling

2. Controlled Shear Stress
3. Parallel Plate
4. RSM

www.SID.ir

Archive of SID

در این مطالعه اثر متغیرهای مستقل شامل: آنزیم ترانس گلوتامیناز (A) و ژلاتین (B) در سه سطح، یک بلوک و پنج تکرار در نقطه مرکزی طرح (برای محاسبه تکرار پذیری فرآیند) استفاده شد (جدول‌های ۲ و۳). همچنین بهینه‌سازی فرایند تولید پنیر خامه‌ای روش سطح پاسخ و نرم افزار Design Expert نسخه 6.0.2 استفاده شد.

جدول ۲: محدوده و سطوح متغیرهای مستقل

Table 2. Range and levels of independent variables.

متغیر مستقل independent variables	نماد ریاضی code units	کد و سطح مربوط coded levels		
		+1	0	−1
آنزیم ترانس گلوتامیناز transglutaminase enzyme	X_1	1	3	5
ژلاتین Gelatin	X_2	0.2	0.4	0.6

جدول ۳: تیمارهای طراحی شده در آزمون سطح پاسخ.

Table 3. Treatments designed on response surface methodology

ژلاتین Gelatin	آنزیم ترانس گلوتامیناز Transglutaminase enzyme	تیمار Treatment
0.4	0.06	1
0.4	0.06	2
0.4	0.06	3
0.4	0.06	4
0.4	0.06	5
0.6	0.06	6
0.2	0.06	7
0.4	0.1	8
0.4	0.01	9
0.6	0.1	10
0.6	0.01	11
0.2	0.01	12
0.2	0.1	13

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی برخی از مواد اولیه مصرفی در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای در این پژوهش، از نقطه نظر میزان pH، چربی، ماده خشک، نمک و پروتئین در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ٤: مشخصات شیمیایی پنیر خامه‌ای

Table 4. Chemical compositions of cream cheese

pH	چربی Fat	ماده خشک Solid matter	نمک Salt	پروتئین Protein
5	16	36	0.9	7

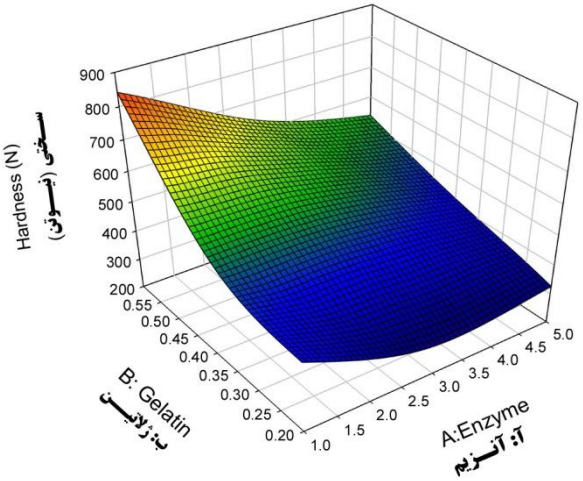
اثر متقابل افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر بافت پنیر خامه‌ای

سختی: در شکل ۱، اثر مستقل و همزمان دو متغیر آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان سختی پنیر خامه‌ای نشان داده شده است. اثر مستقل افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای باعث کاهش میزان سختی محصول شد. بررسی افزودن مستقل ژلاتین نیز نشان می‌دهد که، افزودن میزان

www.SID.ir

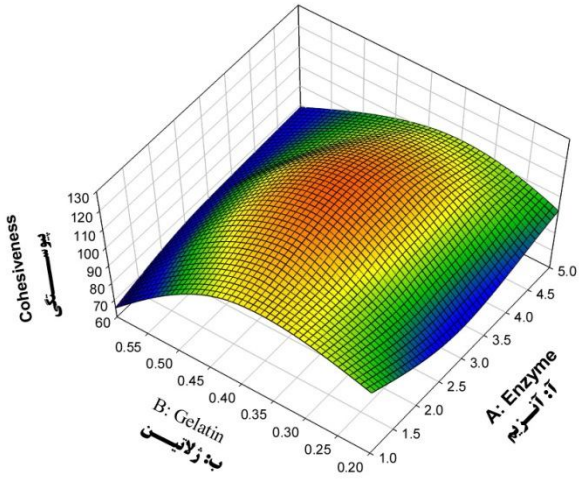
Archive of SID

ژلاتین در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای باعث افزایش سختی محصول گردید. همچنین تأثیر همزمان این دو فاکتور بر میزان سختی محصول نشان می‌دهد که با افزایش هر دو فاکتور میزان سختی افزایش داشت. بریداینگر و استفه (۲۰۰۱)، افزایش سختی بافت پنیر خامه‌ای را با افزایش درصد چربی و گذر زمان محتوی بالای چربی بعد از هموژنیزاسیون گلبول‌های چربی توسط قطعات کازئین پوشیده می‌گردد که باعث استحکام بافت پنیر خامه‌ای گردید (۶).



شکل ۱: اثر همزمان آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان سختی پنیر خامه‌ای

Figure 1. The effect of transglutaminase enzyme and gelatin on hardness of cream cheese



شکل ۲: اثر همزمان آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان پیوستگی پنیر خامه‌ای

Figure 2. The effect of transglutaminase enzyme and gelatin on cohesiveness of cream cheese

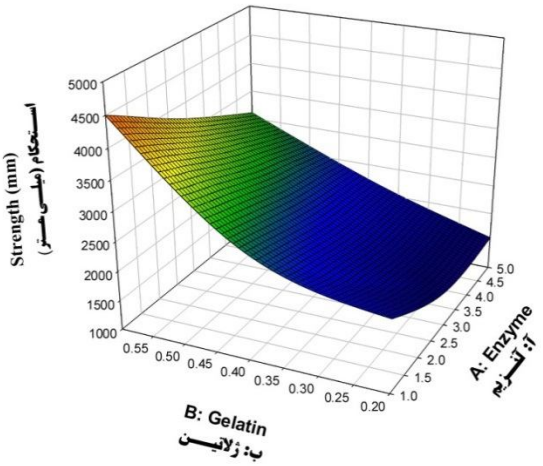
پیوستگی: در شکل ۲، اثر مستقل و همزمان دو متغیر آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان پیوستگی پنیر خامه‌ای نشان داده شده است. اثر مستقل افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای باعث افزایش میزان پیوستگی محصول شد. بررسی افزودن مستقل ژلاتین نیز نشان می‌دهد که، افزودن

www.SID.ir

Archive of SID

میزان ژلاتین در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای در ابتدا باعث افزایش و سپس منجر به کاهش پیوستگی محصول گردید. همچنین تأثیر همزمان این دو فاکتور بر میزان پیوستگی محصول نشان می‌دهد که با افزایش هر دو فاکتور میزان پیوستگی کاهش داشت. که با نتایج‌هان و همکاران (۲۰۰۲) و سوهن و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد (۱۳و ۲۴).

استحکام: در شکل ۳، اثر مستقل و همزمان دو متغیر آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان استحکام پنیر خامه‌ای نشان داده شده است. اثر مستقل افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای باعث کاهش میزان استحکام محصول شد. بررسی افزودن مستقل ژلاتین نیز نشان می‌دهد که، افزودن میزان ژلاتین در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای در ابتدا باعث افزایش استحکام محصول گردید. همچنین تأثیر همزمان این دو فاکتور بر میزان استحکام محصول نشان می‌دهد که با افزایش هر دو فاکتور میزان استحکام افزایش داشت.



شکل ۳: اثر همزمان آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان استحکام پنیر خامه‌ای

Figure 3. The effect of transglutaminase enzyme and gelatin on resistance of cream cheese

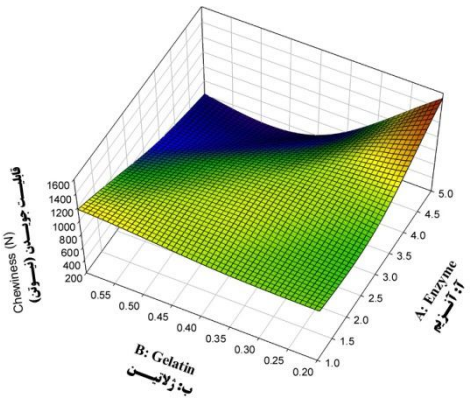
قابلیت جویدن: در شکل ۴، اثر مستقل و همزمان دو متغیر آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر قابلیت جویدن پنیر خامه‌ای نشان داده شده است. اثر مستقل افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای باعث افزایش قابلیت جویدن محصول شد. بررسی افزودن مستقل ژلاتین نیز نشان می‌دهد که، افزودن میزان ژلاتین در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای باعث افزایش قابلیت جویدن محصول گردید. همچنین تأثیر همزمان این دو فاکتور بر میزان قابلیت جویدن محصول نشان می‌دهد که با افزایش هر دو فاکتور قابلیت جویدن کاهش داشت.

اثر متقابل افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر ویسکوزیته پنیر خامه‌ای: در شکل ۵، اثر مستقل و همزمان دو متغیر آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان شاخص ویسکوزیته پنیر خامه‌ای نشان داده شده است. اثر مستقل افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای باعث افزایش میزان شاخص ویسکوزیته محصول شد. بررسی افزودن مستقل ژلاتین نیز نشان می‌دهد که، افزودن میزان ژلاتین در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای در ابتدا باعث کاهش شاخص ویسکوزیته محصول گردید. همچنین تأثیر همزمان این دو فاکتور بر میزان شاخص ویسکوزیته

www.SID.ir

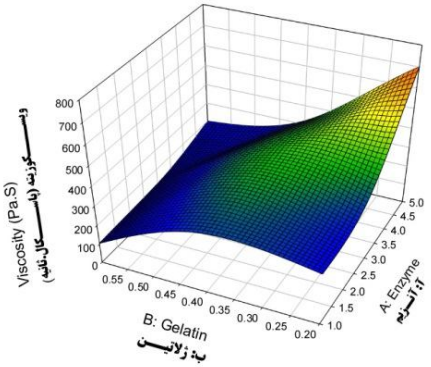
Archive of SID

محصول نشان می‌دهد که با افزایش هر دو فاکتور میزان شاخص ویسکوزیته کاهش داشت.



شکل٤: اثر همزمان آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان قابلیت جویدن پنیر خامه‌ای

Figure 4. The effect of transglutaminase enzyme and gelatin on chewiness of cream cheese



شکل ٥: اثر همزمان آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان شاخص ویسکوزیته پنیر خامه‌ای

Figure 5. The effect of transglutaminase enzyme and gelatin on viscosity index of cream cheese

تأثیر افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز بر افزایش ویسکوزیته نمونه‌ها را می‌توان به توانایی این آنزیم در ایجاد اتصالات عرضی درون مولکولی در پروتئین‌های موجود در مخلوط پنیر خامه‌ای و تشکیل پلیمرهایی با وزن مولکولی بالا که موجب مقاومت بیشتر به جریان می‌شوند، نسبت داد، از طرفی این افزایش گرانروی را می‌توان به تشکیل یک شبکه سه بعدی از پروتئین‌ها و به دام انداختن آب در این شبکه نیز نسبت داد (۱۴، ۱۸و ۲۵). در پژوهشی که روزا و همکاران (۲۰۱۱)، انجام دادند، تمامی نمونه‌های بستنی که حاوی آنزیم ترانس گلوتامیناز بودند در مقایسه با نمونه شاهد (بدون آنزیم ترانس گلوتامیناز) به طور معنی‌داری ویسکوزیته ظاهری بالاتری داشتند که این امر به علت توانایی آنزیم ترانس گلوتامیناز جهت تشکیل پلیمرهایی با وزن مولکولی بالا از پروتئین‌های مونومری بود که موجب افزایش ویسکوزیته بستنی شده بود. این محققان بیان کردند که افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز می‌تواند یک روش موثر برای افزایش ویسکوزیته بستنی‌های با محتوی چربی پایین‌تر شود (۲۳). آندو و همکاران (۱۹۸۹) نیز گواه بر این مدعاست که استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز موجب افزایش ویسکوزیته محلول‌های پروتئین آب پنیر شد (۳). گواچ (۲۰۰۸)، نیز ایجاد اتصالات عرضی بین پروتئین آب پنیر تحت تأثیر عمل آنزیم ترانس گلوتامیناز را بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که رفتار سودوپلاستیک نمونه‌ها، به

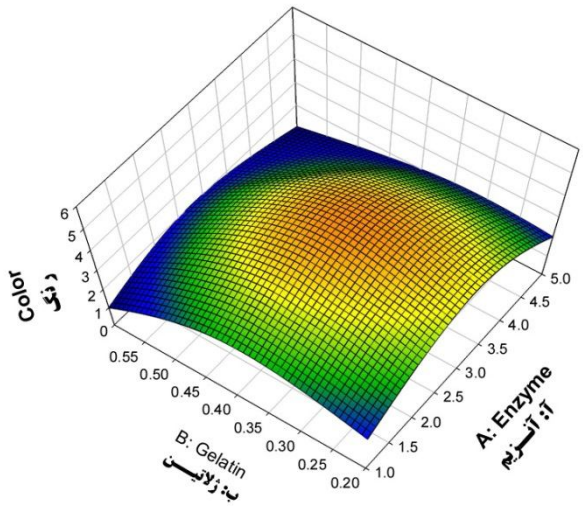
www.SID.ir

Archive of SID

علت تشکیل پلی‌مرهایی با وزن مولکولی بالا ناشی از عمل آنزیم ترانس گلوتامیناز بوده است (۱۱).

اثر متقابل افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر ویژگی‌های حسی

رنگ: در شکل ۶، اثر مستقل و همزمان دو متغیر آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان امتیاز رنگ پنیر خامه‌ای نشان داده شده است. اثر مستقل افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای در ابتدا باعث افزایش و سپس منجر به کاهش امتیاز رنگ محصول شد. بررسی افزودن مستقل ژلاتین نیز نشان می‌دهد که، افزودن میزان ژلاتین در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای در ابتدا باعث افزایش و سپس منجر به کاهش امتیاز رنگ محصول گردید. همچنین تأثیر همزمان این دو فاکتور بر امتیاز رنگ محصول نشان می‌دهد که با افزایش هر دو فاکتور امتیاز رنگ کاهش داشت.



شکل ٦: اثر همزمان آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان رنگ

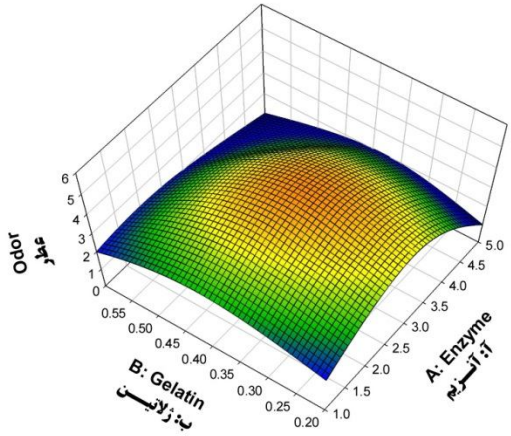
Figure 6. The effect of transglutaminase enzyme and gelatin on color of cream cheese.

عطر: در شکل ۷، اثر مستقل و همزمان دو متغیر آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان امتیاز عطر پنیر خامه‌ای نشان داده شده است. اثر مستقل افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای در ابتدا باعث افزایش و سپس منجر به کاهش امتیاز عطر محصول شد. بررسی افزودن مستقل ژلاتین نیز نشان می‌دهد که، افزودن میزان ژلاتین در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای در ابتدا باعث افزایش و سپس منجر به کاهش امتیاز عطر محصول گردید. همچنین تأثیر همزمان این دو فاکتور بر امتیاز عطر محصول نشان می‌دهد که با افزایش هر دو فاکتور امتیاز عطر کاهش داشت.

طعم: در شکل ۸، اثر مستقل و همزمان دو متغیر آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان امتیاز طعم پنیر خامه‌ای نشان داده شده است. اثر مستقل افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای در ابتدا باعث افزایش و سپس منجر به کاهش امتیاز طعم محصول شد. بررسی افزودن مستقل ژلاتین نیز نشان می دهد که، افزودن میزان ژلاتین در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای در ابتدا باعث افزایش و سپس منجر به کاهش امتیاز طعم محصول گردید. همچنین تأثیر همزمان این دو فاکتور بر امتیاز طعم محصول نشان می‌دهد که با افزایش هر دو فاکتور امتیاز طعم کاهش داشت.

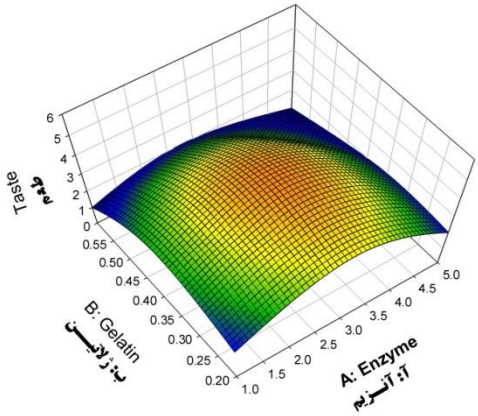
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷: اثر همزمان آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان عطر

Figure 7. The effect of transglutaminase enzyme and gelatin on odor of cream cheese



شکل ۸: اثر همزمان آنزیم ترانس گلوتامینازو ژلاتین بر طعم

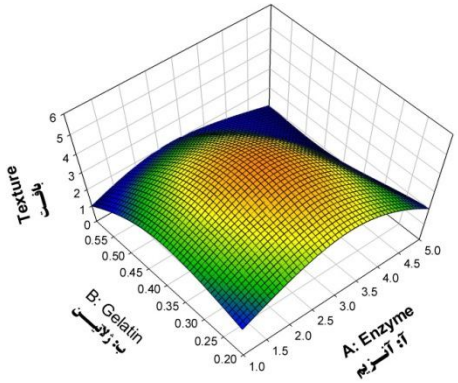
Figure 8. The effect of transglutaminase enzyme and gelatin on taste of cream cheese

بافت: در شکل ۹، اثر مستقل و همزمان دو متغیر آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان امتیاز بافت پنیر خامه‌ای نشان داده شده است. اثر مستقل افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای در ابتدا باعث افزایش و سپس منجر به کاهش امتیاز بافت محصول شد. بررسی افزودن مستقل ژلاتین نیز نشان می‌دهد که، افزودن میزان ژلاتین در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای در ابتدا باعث افزایش و سپس منجر به کاهش امتیاز بافت محصول گردید. همچنین تأثیر همزمان این دو فاکتور بر امتیاز بافت محصول نشان می‌دهد که با افزایش هر دو فاکتور امتیاز بافت کاهش داشت.

پذیرش کلی: در شکل ۱۰، اثر مستقل و همزمان دو متغیر آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان امتیاز پذیرش کلی پنیر خامه‌ای نشان داده شده است. اثر مستقل افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای در ابتدا باعث افزایش و سپس منجر به کاهش امتیاز پذیرش کلی محصول شد. بررسی افزودن مستقل ژلاتین نیز نشان می‌دهد که، افزودن میزان ژلاتین در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای در ابتدا باعث افزایش و سپس منجر به کاهش امتیاز پذیرش کلی محصول گردید. همچنین تأثیر همزمان این دو فاکتور بر امتیاز بافت محصول نشان می‌دهد که با افزایش هر دو فاکتور امتیاز پذیرش کلی کاهش داشت.

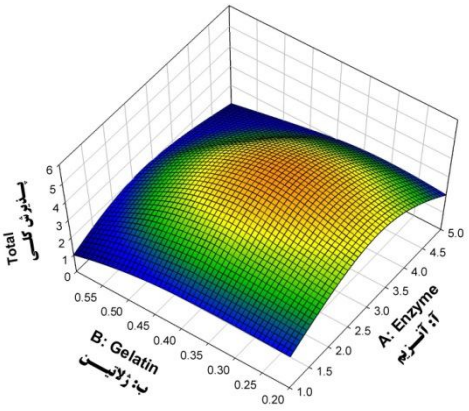
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹: اثر همزمان آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر امتیاز بافت

Figure 9. The effect of transglutaminase enzyme and gelatin on texture of cream cheese



شکل ۱۰: اثر همزمان آنزیم ترانس گلوتامیناز و ژلاتین بر میزان پذیرش کلی

Figure 10. The effect of transglutaminase enzyme and gelatin on texture of cream cheese.

بهینه‌سازی متغیرهای مستقل: شرایط عملیاتی بهینه برای فرمولاسیون پنیر خامه‌ای با استفاده از تکنیک بهینه سازی عددی صورت گرفت. نتایج فرآیند بهینه سازی، جهت حصول ویژگی‌های بافتی مطلوب، شامل آنزیم ترانس گلوتامیناز در سطح ۳/۰۱ درصد و ژلاتین ۰/۳۸ تعیین شد. تحت این شرایط میزان شاخص سختی ۴۸۳/۴۲۵، پیوستگی ۱۱۸/۹۲، استحکام ۲۴۷۳/۳۹، شاخص ویسکوزیته ۳۴۷/۰۴۱ و قابلیت جویدن ۹۸۱/۱۹۳، امتیاز رنگ ۴/۷۴، امتیاز عطر ۴/۷۰، امتیاز طعم ۴/۷۴، امتیاز بافت ۴/۶۸ و امتیاز پذیرش کلی ۴/۶۸ بودند.

نتیجه‌گیری

تاکید روز افزون متخصصین تغذیه بر استفاده از مواد غذایی کم‌چرب و افزایش آگاهی مصرف کنندگان نسبت به اثرات نامطلوب چربی بر سلامت بدن، باعث گرایش جهانی مصرف کنندگان به سمت فرآورده‌های غذایی کم چرب شده است. در این مطالعه تأثیر ژلاتین با غلظت‌های (۰/۶، ۰/۴، ۰/۲) درصد و آنزیم ترانس گلوتامیناز در ۳ سطح (۵، ۳، ۱) درصد بر بهبود خواص بافتی (سختی، پیوستگی، استحکام و قابلیت جویدن)، وسیکوزیته و ارزیابی حسی (رنگ، عطر، طعم، بافت و پذیرش کلی) پنیر خامه‌ای کم چرب مورد بررسی قرار گرفت. کلیه نمونه‌ها در شرایط یکسان تولید و در دمای ۶-۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. ویژگی‌های حسی به روش هدونیک ارزیابی شد. آنالیز بافت با استفاده از دستگاه بافت‌سنج انجام شد. نتایج در قالب طرح مرکب مرکزی و به روش سطح پاسخ (RSM)

www.SID.ir

Archive of SID

صورت گرفت. پس از آنالیز داده‌ها در طرح سطح پاسخ آنزیم ترانس گلوتامیناز در سطح ۳/۰۱ درصد و ژلاتین با ۰/۳۸ درصد به‌عنوان سطح بهینه معرفی گردید.

سپاسگزاری

بدین وسیله از شرکت صنایع شیر فجر آساک (زیر مجموعه گروه صنعتی صباح) که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند، تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

منابع

1. Association of Official Analytical Chemists, 1997. Official Methods of Analysis, 16th ed, 3rd rev, AOAC, Arlington, VA.
2. Atkinson, A.C. and Donev, A.N. 1992. Optimum experimental designs. Oxford University. 132-189.
3. Ando, H., Adachi, M., Umeda, K., Matsuura, A., Nonaka, M., Uchio, Tanaka, H. and Motoki, M. 1989. Purification and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganisms. Agricultural and Biological Chemistry, 53: 2613–17.
4. Bench, A. 2007. Water Binders for Better Body: Improving Texture and Stability with Natural Hydrocolloids. Food and Beverage Asia, 32-35.
5. Bonisch, M.P., Heidebach, T.C. and Kulozik, U. 2008. Influence of transglutaminase protein cross-linking on the rennet coagulation of casein. Food Hydrocolloids, 22: 288-297.
6. Breidinger, S. L. and Steffe, J.F. 2001. Texture map of cream cheese. J. Food Sci., 66 (3): 453-456.
7. Cheng, L.H., Lim, B.L., Chow, K.H., Chong, S.M. and Chang, Y.C. 2008. Using fish gelatin and pectin to make a low-fat spread. Food Hydrocolloids, 22:1637-1640.
8. Drake, M.A., Truong, V.D. and Daubert, C.R. 1999. Rheological and sensory properties of reduced-fat processed cheeses containing lecithin. Journal of Food Science, 64 (4):744-747.
9. De Pierro, P., Mariniello, L., Sorrentino, A., Gosafatto, C.V.L., Chianese, L. and Porta, R. 2010. Transglutaminase-induced chemical and rheological properties of cheese. Food Biotechnology, 24: 107-120.
10. Fernandes De Sa, E.M. and Bordignon-Luiz, M.T. 2010. The effect of transglutaminase on the properties of milk gels and processed cheese. International Journal of Dairy Technology, 63: 243-251.
11. Gauche, C., Vieira, J.T.C., Ogliari, P.J. and Bordignon-Luiz, M.T. 2008. Crosslinking of milk whey proteins by transglutaminase. Process Biochemistry, 43: 788-794.
12. Hargrove, R.E., McDonough, F.E. and Tittsler, R.P. 1966. New Type of Ripened Low-fat Cheese, 796-799.
13. Han, X.Q. 2002. Process for marking cream cheese products whey saparation. United States without Patent, US. 6: 406-736.
14. Hinz, K., Huppertz, T., Kulozik, U. and Kelly, A.L. 2007. Influence of enzymatic crosslinking on milk fat globules and emulsifying properties of milk proteins. International Dairy Journal, 17: 289- 293.
15. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, No. 5881, Cream cheese: Specifications and Test methods.
16. Kosikowski, F.V. and Mistry, V.V. 1999. Bakers Neufchatel, cream, quark, and ymer, in cheese and fermented milk foods: Volume II, procedures and analysis, 42-55.
17. Liu, H., Xu, X.M. and Guo, Sh.D. 2007. Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. Food Science and Technology, 946-954.
18. Lorenzen, P.C. 2000. Renneting properties of transglutaminase-treated milk. Milchwissenschaft, 55: 433–437.
19. Motoki, M. and Kumazawa, Y. 2000. Recent research trends in transglutaminase technology for food processing. Food Science and Technology Research, 6:151-160.

www.SID.ir

Archive of SID

Science and Technology, 48 (2): 224-230.

24. Sheehan. J.E., remiah, J., Huppertz, T., Maurice, G., Hayes, A., Kelly, L., Thomas, P., Beresford, T. and Guinee, P. 2005. High pressure treatment of reduced-fat Mozzarella cheese: Effects on functional and rheological properties, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 6: 73-91.
25. Wilcox, C.P. and Swaisgood, H.E. 2002. Modification of the rheological properties of whey protein isolate through the use of an immobilized transglutaminase. Agricultural and Food Chemistry, 50: 5546–51.
26. Worrasinchai, S., Suphantharika, M., Pinjai, S. and Jammong, P. 2006. α-Glucan prepared from spent brewer.s react as a fat replacer in mayonnaise. Food Hydrocolloid, 20:68-78.
20. Motoki, M. and Seguro, K. 1998. Transeglutaminase and its use for food processing. Trends in Food Science and Technology, 9: 204-210.
21. Myers, R.H. and Montgomery, D.C. 2002. Response surface methodology process and product optimization using designed experiments. Wiley Publication Inc., 51-83.
22. Pereira, C.I.P., Gomes, A.M.P. and Malcata, F.X. 2009. Microstructur of cheese: processing, technological and microbiological considerations. Trends in Food Science and Technology, 20: 213-219.
23. Rossa, P.N., Burin, V.M. and Bordignon, T. 2012. Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents. LWT-Food

www.SID.ir

Archi

EJFPP, Vol. 10 (1): 47-60
http://ejfpp.gau.ac.ir

Effect of microbial transglutaminase and gelatin on the rheological and sensory properties of low-fat cream cheese

F. Hemati[1], A. Arianfar[2*]
[1]Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran
[2*] Young Researchers and Elite Club, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran
Received: 2017/05/29; Accepted: 2017/12/13

Abstract

Background and objectives: Cream cheese is prepared from pasteurized milk and cream that is characterized by a soft and smooth texture. The high fat contents in some dairy products like cream cheese may be harmful for some consumers. Therefore, demand is increasing for low fat and low calorie dairy products. On the other hand, fat has not only nutritional role, but also a crucial role in the cheese texture and appearance. Low-fat cheeses have disadvantages such as poor taste and texture, therefore in this study, the effects of addition of microbial transglutaminase and gelatin on the texture (hardness, cohesiveness, resistance and chewiness), viscosity and sensory properties (color, odour, taste, texture, overall acceptance) of low-fat cream cheese were evaluated.

Materials and methods: Effects of gelatin at three concentration (0.2, 0.4 and 0.6 %) and different concentrations of microbial transglutaminase (1, 3 and 5%) were investigated through measuring the textural, rheological and sensory properties using response surface methodology (RSM) and design expert software (V. 6.0.2). The experiment was conducted based on Box-Behnken design with three independent factors at three levels, in total comprising 13 run tests. Sensory evaluation was performed with Hedonic method. Rheological properties and texture analysis was done using the Texture Analyzer. All samples were produced in the same condition and stored at 4-6 ° C.

Results: Cream cheese properties were assessed using response surface graphs, and second-order polynomial models were obtained for each response. Since the coefficient of determination (R^2) were higher than 0.8, and lack of fit for all above characters were not significant ($p > 0.05$), the suggested regression models were found to be suitable for fitting the experimental fitting. Finally, the optimum point for the production of low-fat cream cheese was determined.

Conclusion: According to optimization, it was found that transglutaminase concentration of 3.01% and gelatin concentration of 0.38%, led to a low-fat cream cheese with desirable rheological properties. Sensory evaluation revealed that the product manufactured at optimum point was also preferred by the panelists.

***Keywords*:** Cream cheese, Rheology, Low-fat, Transglutaminase

*Corresponding author; a_aria_1443@yahoo.com

www.SID.ir