Archive of SID

بهینه یابی و ارزیابی ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی کره حاوی آلفالینولنیک اسید اکسترود شده با استفاده از روش های سطح پاسخ و تحلیل مولفه های اصلی

مرتضی کاشانی نژاد[1]، سید محمد علی رضوی [2*]، مصطفی مظاهری طهرانی[3]، مهدی کاشانی نژاد[4]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
٤- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۱۳)

چکیده

در این مطالعه، ابتدا به منظور بهینه سازی خصوصیات رئولوژیکی کره حاوی آلفالینولنیک اسید، اثر شرایط اکستروژن شامل درجه برش اکسترودر (۵۰۰، ۷۵۰، ۱۱۲۵، ۱۵۰۰ و ۱۷۵۰ s^{-1})، دمای خوراک ورودی و دمای نگهداری (۵، ۷، ۱۰، ۱۳ و ۱۵ درجه سانتی گراد) بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی کره آلفالینولنیک بعد از ۱۰ روز ذخیره سازی مورد بررسی قرار گرفت، سپس روابط بین ویژگی های حسی و دستگاهی با استفاده از روش تحلیل مولفه های اصلی ارزیابی شدند. نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی‌های اندازه گیری شده با استفاده از روش سطح پاسخ حاکی از آن بود که افزایش درجه برش اکسترودر سبب کاهش سختی و افزایش چسبندگی، پارامتر L^* و پذیرش کلی شد، در حالی که افزایش دمای نگهداری کره سبب افزایش اسیدیته وکاهش سختی، طعم اسیدی و پذیرش کلی شد. دمای خوراک ورودی به اکسترودر نیز هیچ گونه اثر معنی داری بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی وحسی محصول نهایی نداشت. پراکنش پاسخ‌ها در فضای مولفه‌های اصلی نیز نشان داد که صفات طعم اسیدی، چسبندگی و سفتی اندازه گیری شده توسط ارزیاب های حسی تقریباً معادل پارامترهای اندازه گیری شده توسط روش های دستگاهی می‌باشند. علاوه بر این، رابطه ای نزدیک بین طعم اسیدی و چسبندگی با پذیرش کلی نمونه ها وجود داشت که این نتیجه نشان می‌دهد که از بین صفات اندازه گیری شده، طعم اسیدی کره دارای اهمیت بالاتری نسبت به سایر پارامتر ها برای پذیرش کلی مصرف کنندگان می باشد.

کلید واژگان: اکستروژن، تحلیل مولفه های اصلی، روش سطح پاسخ، کره حاوی آلفالینولنیک

* مسئول مکاتبات: s.razavi@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

به طور کلی چربی ها در بروز عوارضی همچون چاقی، بیماری های قلبی- عروقی و ایجاد تومورها دخیل هستند، لذا در نگاه مردم به عنوان یک غذای مضر محسوب می شوند تا جائیکه در دهه های اخیر معمولاً کاهش مصرف چربی به عنوان یک توصیه جهت پیشگیری از بروز بیماری های قلبی ارائه می شود. از طرف دیگر اسیدهای چرب ضروری همانند ویتامین ها، مواد معدنی و اسید های آمینه ضروری به عنوان ترکیبات لازم و حیاتی برای سلامت بدن محسوب می شوند، بنابراین چربی هایی که به میزان قابل توجهی دارای اسید های چرب ضروری از جمله امگا ۳ باشند بسیار حائز اهمیت خواهند بود.

کره متداول علاوه بر محدودیت های تغذیه ای، دارای بافت نامطلوب و خواص رئولوژیکی نامناسب میباشد. کره در مقایسه با مارگارین سختی بیشتر و گسترش پذیری کمتری در دمای یخچال دارد، که می توان دلیل آنرا به مقادیر بالای اسیدهای چرب اشباع و زنجیر بلند کره مرتبط دانست [۱]. فیگو و همکاران (۱۹٤۱) به صورت تئوری بیان کردند که چربی‌های پلاستیک از کریستال‌های بهم قفل شده تشکیل شده‌اند و چربی مایع در میان شکاف ها و درزها قرار دارد. سفتی چربی به تعداد نقاط تماس بین کریستال‌ها بستگی دارد و این خصوصیت به طور معکوس متناسب با اندازه کریستال و اندازه کریستال متناسب با میزان کریستالیزاسیون می‌باشد. بنابراین با کاهش دما با توجه به نقطه ذوب بالای اسید های چرب شیر، کره در دمای یخچال دارای مالش پذیری کم و ساختار ناپایدار (خروج روغن و آب) در دمای اتاق خواهد بود. در بازارهای رقابتی، همواره ارزش غذایی، ساختار و خصوصیات رئولوژیکی پارامترهای مهم در تعیین پذیرش فرآورده های لبنی به ویژه کره توسط مصرف کننده گان محسوب می شوند و تولید کننده های فرآورده های لبنی خواستار اصلاح و بهینه سازی خصوصیات محصولات تولیدی خود می باشند. خواص فیزیکی کره را می توان با عملیات مکانیکی بهینه و اصلاح کرد. کره حاصله از یک چرن را می توان پیش از بسته بندی توسط اکستروژن بازسازی کرد. این عملیات مکانیکی را می توان به عنوان عملی مشابه مالش دهی اما شدیدتر تعریف کرد تا بتوان به کره ای با خصوصیات رئولوژیکی مناسب در دمای یخچال دست یافت [۱].

در اغلب مطالعات انتشاریافته، کیفیت مواد غذایی به دو روش ارزیابی حسی و اندازه‌گیری دستگاهی مورد سنجش قرار گرفته است [۲]. استفاده از حواس انسان برای ارزیابی مواد غذایی، دارای محدودیت‌های زیادی است. زیرا حساسیت حواس انسان از یک طرف تابع عوامل مختلفی مانند نژاد، فرد، حالت فیزیولوژیک، سن، جنس و ابتلاء به بیماری‌ها می باشد و از طرف دیگر تابع عوامل محیطی مانند، سرما، گرما، نور و فشار، عوامل روانی، اجتماعی، فرهنگی و مذهبی و عادات و سلیقه‌های غذایی است. ارزیابی حسی ابزار مناسبی برای بررسی بافت محصول در طی نگهداری مواد غذایی است، اما تکرار ارزیابی‌های حسی در مدت زمان نگهداری هزینه‌بر بوده و نتایج آن چندان قابل اتکا نیست [۳]. از طرف دیگر روشهای دستگاهی و فیزیکی سریع، تکرار پذیر و در بسیاری موارد ارزان تر هستند، لذا اگر ویژگی‌های فیزیکی با ویژگی های حسی همبستگی داشته باشد، می‌توان از این ویژگی‌ها برای کنترل کیفیت در طی فرآیند، نگهداری و مصرف استفاده کرد [٤]. دیکسون (۱۹۷٤) و روسیو و همکاران (۱۹۹٦) نشان دادند که نتایج سختی اندازه گیری شده به روش نفوذ سنج مخروطی به منظور ارزیابی بافت کره همبستگی خوبی با نتایج سفتی ارزیابی های حسی دارد.

در این مطالعه نیز ضمن بررسی اثر شرایط اکستروژن بر بافت، رنگ و اسیدیته کره حاوی آلفالینولنیک اسید، ارتباط بین ارزیابی های حسی و اندازه گیری های دستگاهی با استفاده از روش های سطح پاسخ (RSM) و تحلیل مولفه های اصلی (PCA) مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روشها

۲-۱- تهیه کره

شیر گاوی حاوی آلفالینولنیک اسید از دام هایی با جیره غذایی حاوی مکمل بذر کتان از دامداری آقای طالبی واقع در جاده سیمان مشهد تهیه شد و از آنها کره ای با ۸۰ درصد چربی طبق روش دیمن (۱۹٦۹) تهیه شد. کره های تولید شده پس از نگهداری در دمای ۵ درجه به مدت ٤۸ ساعت، به منظور رسیدن

www.SID.ir

Archive of SID

دمای نمونه ها به دمای مورد نظر برای انجام فرآیند اکستروژن به ۵ قسمت مشخص تقسیم شده و در دماهای ۵ ،۷ ،۱۰، ۱۳ و ۱۵ درجه سانتی گراد به مدت ٤ ساعت نگهداری شدند.

۲-۲- فرآیند اکستروژن

از اکستروژن آزمایشگاهی دورانی تک مارپیچه (sh-18) با نسبت طول به قطر ۹:۱ و قطر مارپیچ ۲۸ میلی متر و سوراخ خروجی ۲ میلی متر در این تحقیق استفاده شد و سپس با استفاده از معادله ذیل درجه برش اکسترودر محاسبه شد:

$$\dot{\gamma}=\frac{\pi\times D\times N}{h}$$

که $\dot{\gamma}$ درجه برش در کانال مارپیچ ، D قطر مارپیچ و N سرعت چرخش اکسترودر و h طول کانال میباشد. همچنین نمونه های اکسترود شده در ظروف پلی اتیلنی قرار گرفته و به مدت ۱۵ روز در دماهای ۵ ،۷ ،۱۰، ۱۳ و ۱۵ درجه سانتی گراد قبل از انجام آزمون ها نگهداری شدند.

۲-۳- ارزیابی دستگاهی بافت

بافت نمونه های کره پس از جداسازی لایه ای ۵ میلیمتری از سطح نمونه ها با استفاده از دستگاه سنجش بافت (Stable Micro Systems, London, UK) با آزمون نفوذ ارزیابی شد. این آزمون با استفاده از پروب مخروطی با زاویه ٤۵ درجه با سرعت ۱ میلی متر بر ثانیه و عمق نفوذ ۱۲ میلیمتر انجام شد. سختی[1] نمونه ها به عنوان حداکثر نیروی فشاری مورد نیاز در طول نفوذ بر حسب نیوتن و چسبندگی[2] به عنوان نیروی منفی مورد نیاز برای جدا کردن پروب از نمونه ها اندازه گیری شد [۵].

۲-٤- اسیدیته

اندازه گیری اسیدیته مطابق استاندارد ملی ایران -شماره ٤۱۷۸ (روغن ها و چربی های خوراکی – اندازه گیری اسیدیته) انجام شد.

۲-۵- اندازه گیری رنگ

جهت تهیه تصویر نمونه ها از اسکنر مدل (HP scan jet G4010) استفاده شد. نمونه ها به صورت یکنواخت درون یک پلیت کاملا شفاف قرار گرفتند و سپس پلیت بر روی اسکنر قرار گرفت و روی آنها توسط پارچه ضخیم و کاملا تیره پوشانده شد. تصاویر تهیه شده برای آنالیز در فرمت JPEG ذخیره سازی شدند و سپس آنالیز تصاویر با استفاده از نرم افزار Image J (National Institute of Health, USA) صورت پذیرفت.

۲-٦- ارزیابی حسی

به منظور تعیین اثر متغیرهای فرآیند بر ویژگی های حسی و پارامتر های کیفی کره، صفات حسی متعددی تعریف شد و از داوران حسی آشنا به ارزیابی های حسی فرآورده های لبنی پس از گذراندن آموزشهای لازم خواسته شد بر اساس هر یک از صفات، نمونه های کره را با استفاده از آزمون چشایی به روش هدونیک به صورت آزمون پنج نقطه‌ای (از خیلی بد: ۱، تا خیلی خوب: ۵) مورد ارزیابی قرار دهند. صفات حسی مورد بررسی عبارت بودند از: گسترش پذیری سرد، روغنی بودن، سفتی، سرعت ذوب، چسبندگی، پیوستگی، طعم کره ای، طعم اسیدی، تند شدگی، رنگ و در نهایت پذیرش کلی که هر کدام دارای تعاریف و روش آزمون منحصر به فردی بودند. داوران حسی ۷ نفر (۳ زن و٤ مرد) بودند که از بین دانشجویان تکنولوژی شیر و فرآورده های لبنی دانشگاه جهاد کشاورزی خراسان رضوی انتخاب شده بودند و به طور کامل با ویژگی‌های کره آشنا بودند. آموزش اعضای داوری شامل بحث روی اصطلاحات علمی مورد استفاده و تعاریف حسی آنها بود. نمونه‌ها (بسته‌های ۳۰ گرمی) بلافاصله بعد از خروج از سردخانه در اختیار داوران قرار می‌گرفت و داوران امتیاز صفات حسی مورد نظر هر نمونه را بر روی برگه های امتیاز دهی مشخص می کردند.

۲-۷- طرح آزمایش و آنالیز آماری

تیمارهای تولید به روش کاملاً تصادفی در قالب طرح مرکب (CCD) با شش تکرار در نقطه مرکزی برای سه متغیر و در پنج سطح انجام شدند به صورتی که تعداد کل تیمارها ۲۰ تیمار شد (جدول ۱). نتایج پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری (Design-Expert version 9) به روش سطح پاسخ (RSM)[3] آنالیز شد و هر یک از متغیرهای پاسخ در قالب مدل رگرسیون چند جمله‌ای زیر به صورت تابعی از متغیرهای مستقل ارائه شدند:

1. Hardness
2. Adhesiveness
3. Response surface method

www.SID.ir

Archive of SID

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

که در آن Y عبارت است از متغیر تابع یا پاسخ؛ X_2، X_1 و X_3 سطوح کدبندی شده متغیرهای مستقل، k مقدار ثابت (مقدار پاسخ در حالتی که متغیرهای مستقل در نقطه مرکزی یعنی صفر قرار دارند)، A، B و C به ترتیب اثرات خطی درجه برش اکسترودر، دمای خوراک ورودی به اکسترودر و دمای نگهداری، A2، B2 و C2 اثرات درجه دوم و سایر ضرایب اثرات متقابل می‌باشند. با استفاده از جدول آنالیز واریانس (ANOVA) معنی‌دار بودن اثرات خطی، درجه دوم و متقابل ضرایب مدل رگرسیون برای هر پاسخ در سطوح ۰/۰۵، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱ بررسی گردید.

Table 1 Experimental range levels of three independent variables in terms of actual values.

Independent variables	Symbol	Range and levels				
		-α (-1.681)	-1	0	+1	+α (+1.681)
Extruder shear rate (s^{-1})	X_1	500	750	1125	1500	1750
Feed temperature (°C)	X_2	5	7	10	13	15
Storage temperature (°C)	X_3	5	7	10	13	15

روش‌های آماری که برای بیان و تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده همزمان چند متغیر به کار می‌رود تحلیل چند متغیره نامیده می شود. یکی از این روش‌ها، تحلیل مولفه اصلی (PCA)[4] می‌باشد. PCA یک روش آماری مفید برای فشرده سازی اطلاعات تصاویر، کاهش تعداد پاسخ‌های یک آزمایش یا فرایند با پاسخ‌های زیاد به وسیله ترکیب نمودن پاسخ‌ها می‌باشد بدون اینکه اطلاعات اصلی داده‌ها نادیده گرفته شود. از آن‌جا که در اطلاعات از ابعاد بالا، نقشه و طرح خاصی را به سختی می‌توان در داده‌ها پیدا کرد، در این پژوهش با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی به کمک نرم افزار SPSS22 ارتباط بین داده‌ها و نوع همبستگی بین پاسخ‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

۳- یافته ها

۳-۱- بافت

سختی نمونه های کره بین ۱۳/۲۱ تا ۲۲/۷٤ نیوتن متغیر بود. نتایج بررسی های آماری نشان داد که تنها اثر خطی درجه برش بر روی سختی معنی‌دار است (P<۰/۰۱)، در حالی که در بین اثرات درجه دوم علاوه بر درجه برش اکسترودر، دمای نگهداری نیز بر روی سختی معنی‌دار بود (P>۰/۰۵) . همچنین نتایج ارزیابی حسی بر روی سختی نمونه ها نشان داد که اثر خطی و درجه دوم درجه برش اکسترودر بر روی سفتی معنی‌دار می‌باشد (P>۰/۰۰۱) در حالی که اثر خطی و درجه دوم دمای خوراک ورودی و دمای نگهداری بر روی سفتی معنی‌دار نمی‌باشد. شکل ۱ اثر پارامتر های مختلف را بر روی سختی (دستگاهی) و سفتی (حسی) را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل 1A می توان دریافت در شرایطی که دمای نگهداری ۱۰ °C ثابت نگه داشته شود پایین ترین میزان سختی به درجه برش s^{-1} ۱۷۵۵ و دمای خوراک ورودی ۱۰ °C تعلق داشت. همان‌طور که در شکل 1A مشاهده می‌شود با افزایش میزان درجه برش، سختی نیز کاهش می یابد. شکستن شبکه بلوری سه بعدی داخل کره و کاهش در اندازه کریستالهای چربی شیر در طول عملیات مکانیکی علت این پدیده خواهد بود.

با شکستن ماتریس، درجه برش بیشتر منجر به کاهش اندازه کریستال و تشدید ذوب کریستال در هنگام گرم شدن کره شده که نهایتا کاهش بخشی از چربی جامد سبب تضعیف بیشتر ساختار کره می شود [٦].

4 . Principal components analysis

www.SID.ir

Archive of SID

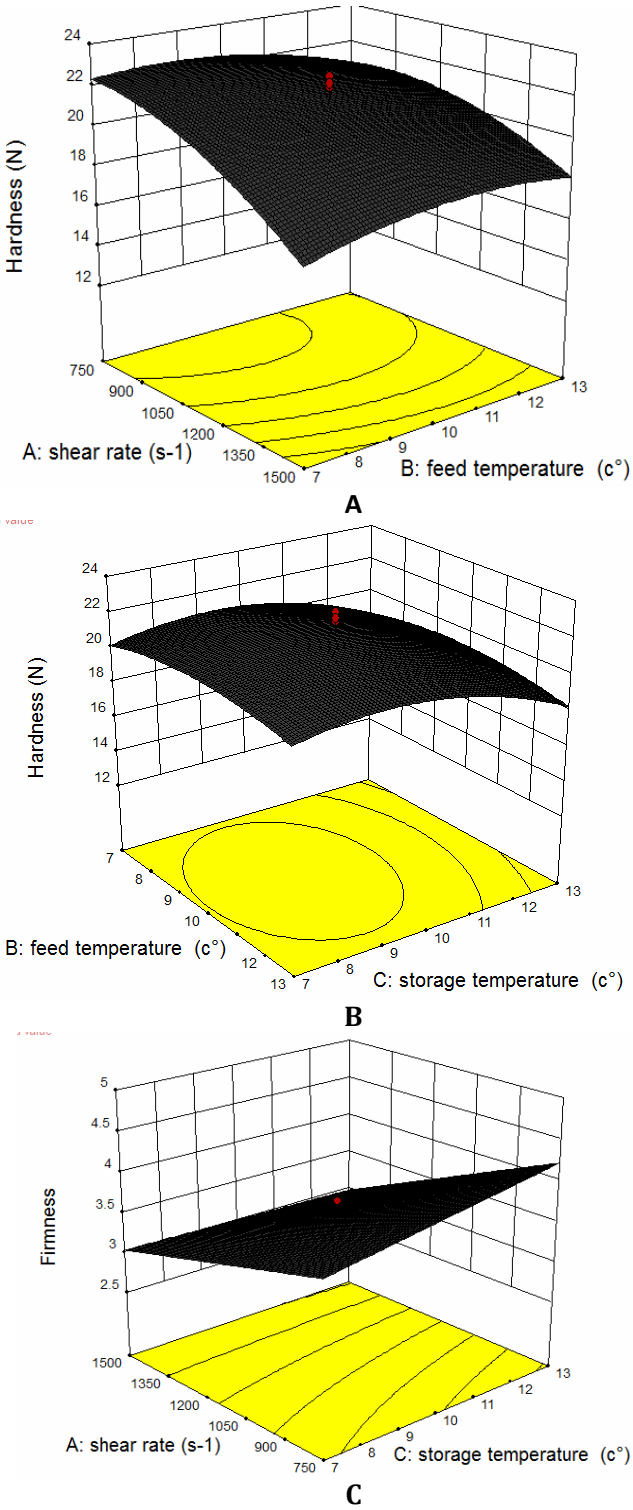

Fig 1 Effect of different parameters on A and B: hardness (instrumental evaluation) B: firmness (sensory evaluation) of butter

این امر با یافته های دیگر پژوهشگران نیز انطباق دارد. دیمن (١٩٦٨) بیان داشت با افزایش دور مارپیچ اکسترودر تا ١٠٠ دور در دقیقه نرم شدگی کره نیز افزایش می یابد. دلی (١٩٤١)، سان (١٩٦٨)، هیرتج و همکاران (١٩٨٨) و مارانگونی و مسی گالی (٢٠٠٣) بیان داشتند با توجه به سرعت چرخش، به کار گیری درجه برش بالا سبب شکستن پیوند های قابل برگشت و غیر قابل برگشت در شبکه کریستالی کره می شود و سختی کره کاهش پیدا می کند.

شکل 1B تأثیر دمای نگهداری و دمای خوراک ورودی را بر روی نرم شدگی در شرایطی که درجه برش اکسترودر در نقطه مرکزی ($1125s^{-1}$) ثابت نگه‌داشته شده است، نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش دمای نگهداری سختی کره به میزان کمی کاهش می یابد. این امر با یافته های دیگر پژوهشگران نیز انطباق دارد. دیمن (١٩٦٩) بیان داشت تفاوت چندانی بین نمونه های کره ای که عملیات مکانیکی بر روی آنها در دو دمای ٤ و ١٥ درجه سانتیگراد صورت می پذیرد وجود ندارد. هرچه دمای خوراک ورودی بالاتر باشد، شبکه کریستالی از تراکم کمتری برخوردار است و سطح چربی مایع بیشتری در سیستم وجود خواهد داشت که این چربی مایع برهمکنش کریستال های چربی را تحت تاثیر قرار داده و سبب پیوند ضعیف تر کریستالها می شود [٦]. علاوه بر این در شکل 1B مشاهده می‌شود با افزایش دمای نگهداری سختی نیز کاهش یافته است. با توجه به طیف گسترده تری-گلیسریدها با نقاط ذوب مختلف در چربی شیر، شرایط نگهداری چربی شیر تاثیر قابل توجهی بر شبکه کریستالی چربی و سختی آن دارد [٧، ٨، ٩ و١٠]. وقتی چربی شیر در معرض دمای بالاتر از دمای ذخیره سازی قرار گیرد، بخشی از اسیدهای چرب که نقطه ذوب پایینی دارد ذوب شده و از شبکه کریستالی که در طی فرآیند تولید و یا نگهداری شکل می گیرند خارج خواهند شد. افزایش دمای ذخیره سازی از ١٠ به ٢٠ درجه سانتیگراد نیز باعث سبب کاهش محتوای جامد چربی (SFC) تا ٥٠ درصد برای کره و ٢٥ درصد برای مخلوط های دیگر می شود [٩]. دلی (١٩٤١) نیز بیان داشت وقتی دمای نگهداری کره افزایش می یابد، خواص رئولوژیکی و سختی تحت تاثیر قرار می گیرد.

شکل 1C تأثیر درجه برش اکسترودر و دمای نگهداری را بر روی سفتی در شرایطی که دمای خوراک ورودی در نقطه مرکزی (١٠°C) ثابت نگه‌داشته شده را نشان می‌دهند. همان‌طور که

www.SID.ir

Archive of SID

مشاهده می‌شود با افزایش میزان درجه برش امتیاز سفتی کاهش می یابد، در حالی که با افزایش دمای خوراک ورودی امتیاز سفتی افزایش می‌یابد، به طوری که بالاترین امتیاز سفتی در این شکل به مقادیر درجه برش $750 s^{-1}$ و دمای نگهداری $13\ ^{\circ}C$ تعلق می‌گیرد. کوکزان و همکاران (۲۰۰۸) نیز پس از نگهداری کره در دو دمای۵ و $18\ ^{\circ}C$- به مدت صفر، ٦، ۱۲ و ۱۸ ماه به این نتیجه رسیدند که هر چه میزان دمای نگهداری بیشتر باشد، بافت محصول مناسب‌تر خواهد بود.

۳-۲- چسبندگی

در این تحقیق، چسبندگی نمونه های مورد آزمون بین ۲٦/٦۲ تا ۷۹/۸۲ (g f cm) متغیر بود. نتایج بررسی های آماری نشان داد که تنها اثر خطی و درجه دوم درجه برش بر چسبندگی معنی‌دار می‌باشد ($P<0/01$). همچنین نتایج بررسی های چسبندگی توسط ارزیاب های حسی نشان داد که اثرات خطی و درجه دوم درجه برش، دمای خوراک ورودی و دمای نگهداری بر امتیاز چسبندگی هر سه مشابه هم بوده و معنی‌دار نمی‌باشد ($P>0/01$).

شکل ۲ تأثیر درجه برش اکسترودر و دمای خوراک ورودی را بر چسبندگی نمونه ها در دمای ثابت نگهداری ($10^{\circ}C$) نشان می‌دهد. با توجه به این شکل می توان دریافت بالاترین میزان چسبندگی تحت درجه برش $1755\ s^{-1}$ و دمای خوراک ورودی $10\ ^{\circ}C$ بدست آمده است. علاوه براین با افزایش درجه برش، چسبندگی نیز به میزان کمی افزایش یافت. این امر با یافته های دیگر پژوهشگران نیز انطباق دارد. سان و همکاران (۱۹٦٦) و گاپتا و دیمن (۱۹۸۵) نتیجه گرفتند که اگرچه عملیات مکانیکی روی کره سبب کاهش سختی آن می شود، اما بافت چسبنده تر نیز می شود.

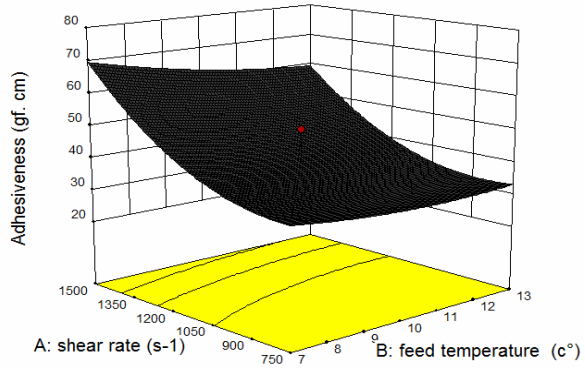

Fig 2 Effect of extruder shear rate and feed temperature on adhesiveness of butter (storage temperature of 10°C)

۳-۳- اسیدیته

اسیدیته نمونه های کره مورد آزمون بین ۱/٦۸ تا ۱۷/۱ (mg KOH/kg) متغیر بود. نتایج بررسی ها نشان داد که تنها اثر خطی و درجه دوم دمای نگهداری بر اسیدیته نمونه ها معنی‌دار می‌باشد ($P<0/01$). همچنین نتایج بررسی های ارزیابی حسی بر روی طعم اسیدی نیز نشان داد که اثر درجه دوم هر سه متغیر بر روی طعم اسیدی معنی‌دار نمی‌باشد در حالی که اثر خطی دمای نگهداری بر روی طعم اسیدی معنی‌دار می‌باشد ($P>0/005$) .

شکل ۳ تأثیر تاثیر پارامتر های مختلف را بر روی اسیدیته و طعم اسیدی (اندازه گیری شده به روش حسی) کره نشان می‌دهد. با توجه به شکل در شرایطی که دمای خوراک ورودی $10^{\circ}C$ ثابت باشد، پائین ترین میزان اسیدیته نمونه کره به درجه برش $1125 s^{-1}$ و دمای نگهداری $5^{\circ}C$ تعلق داشت. علاوه بر این با افزایش دمای نگهداری اسیدیته نیز افزایش یافته است. افزایش لیپولیز در چربی کره معمولاً ناشی از آنزیمهای لیپاز مقاوم در برابر حرارت ناشی از باکتری سایکروتروفیک و لیپاز باقی مانده در شیر (که بعد از پاستوریزه شدن هم وجود دارد) می باشد [۱۲]. لیپولیز نیز با افزایش دما تا دمای بهینه فعالیت آنزیم افزایش می یابد [۱۲]. از طرفی دمای بهینه برای فعالیت آنزیمی شیر ۳۷ درجه سانتی گراد است [۱۳] لذا انتظار می رود که با افزایش دمای نگهداری، لیپولیز و اسیدهای چرب آزاد افزایش پیدا کنند. این امر با یافته های دیگر پژوهشگران نیز انطباق دارد. کوکزان و همکاران ۲۰۰۸ نشان داد که دمای نگهداری پارامتر بسیار مهمی در میزان افزایش اسیدیته کره تجاری ضمن نگهداری در دو دمای مختلف ۵ و ۲۰ درجه سانتیگراد به مدت ۸ هفته است.

www.SID.ir

Archive of SID

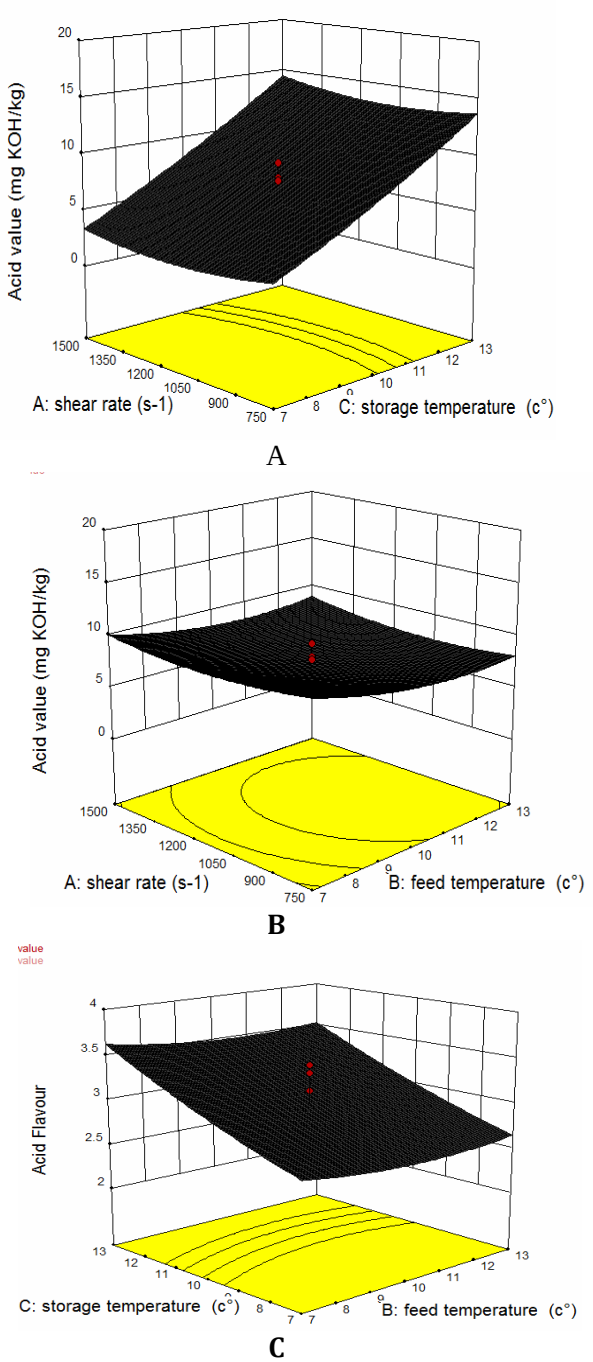

Fig 3 Effect of different parameters on A and B: acid value (instrumental evaluation) B: acid flavor (sensory evaluation) of butter

همان‌طور که در شکل 3A مشاهده می‌شود با افزایش درجه برش اکسترودر اسیدیته نیز به میزان کمی افزایش می یابد. علت این امر احتمالا ناشی از پراکندگی بیشتر و ایجاد قطرات کوچکتر آب بین گلبول های چربی در اثر عملیات مکانیکی بیشتر بر روی کره می باشد، ضمن اینکه میزان رشد میکروبی نیز با توجه به پراکندگی و اندازه فیزیکی قطره های آب موجود افزایش می یابد [١٤و١٥].

شکل 3B تأثیر درجه برش اکسترودر و دمای خوراک ورودی را بر اسیدیته نمونه ها در دمای نگهداری ثابت ١٠°C نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل٣ مشاهده می‌شود با کاهش دمای خوراک ورودی اسیدیته به مقدار کمی افزایش یافته است. افزایش اسیدیته بعد از ١٥ روز ممکن است به اثر دما بر شبکه کریستالی و اندازه قطرات آب مربوط شود، به طوری که با افزایش اندازه قطرات آب ویژگی های حسی و کیفیت میکروبی نیز تحت تاثیر قرار می گیرد [١٦و١٧].

شکل 3C تأثیر درجه برش اکسترودر و دمای خوراک ورودی را بر روی طعم اسیدی کره ها در دمای نگهداری ثابت ١٠°C نشان می‌دهد. با افزایش دمای نگهداری امتیاز طعم اسیدی به شدت افزایش یافت، در حالی که با افزایش دمای خوراک ورودی امتیاز طعم اسیدی تغییر چندانی نکرد و بالاترین امتیاز طعم اسیدی به نمونه ای که تحت شرایط دمای نگهداری ١٥°Cو دمای خوراک ورودی١٠°C تولید شد اختصاص داشت.

٣-٤- رنگ

زردی رنگ کره به دلیل مواد محلول در چربی ای است که در چربی شیر وجود دارد. بتاکاروتن که پیش ساز ویتامین A و محلول در چربی شیر است، باعث زرد شدن رنگ کره می شود. در این تحقیق، L^* نمونه های مورد آزمون بین ٩٩/٢٧ تا ٩٩/٩٣ متغیر بود. نتایج بررسی ها نشان داد که در بین اثرات خطی تنها اثر خطی درجه برش اکسترودر بر L^* نمونه ها معنی‌دار بود (P<٠/٠١). همچنین اثرات درجه دوم هر سه متغیر نیز بر L^* معنی دار بود.

شکل ٤ تأثیر درجه برش اکسترودر و دمای خوراک ورودی و دمای نگهداری را بر روی L^* نمونه های کره نشان می‌دهد. با توجه به شکل 4A می توان دریافت در شرایطی که دمای نگهداری ثابت (١٠°C) نگهداشته شود بالاترین میزان L^* متعلق به درجه برش s^{-1} ١٧٥٥ و دمای خوراک ورودی ١٠°C است. در ضمن با افزایش درجه برش اکسترودر L^* نیز به شدت

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش یافت، در حالی که با افزایش دمای خوراک ورودی L^* به میزان کمی افزایش یافت. این امر به برهمکنش نور با شبکه کریستالی چربی مربوط می شود که قطرات آب و حباب هوا نیز به این امر کمک می کنند. بنابراین عملیات مکانیکی بیشتر بر روی کره سبب پراکندگی بیشتر و ایجاد قطرات کوچکتر آب بین گلبول های چربی می شود که این عمل به ویژه در دماهای بالاتر رخ می دهد [۱۸]. لذا سطح کره نیز خشک شده و رنگ کره مات تر به نظر می رسد [۱۹]. وارنم و ساترلند (۲۰۰۱) گزارش کردند که عملیات مکانیکی کره یکی از فرآیندهای موثر در کیفیت کره تولید شده است که رنگ کره را نیز تحت تاثیر قرار می دهد.

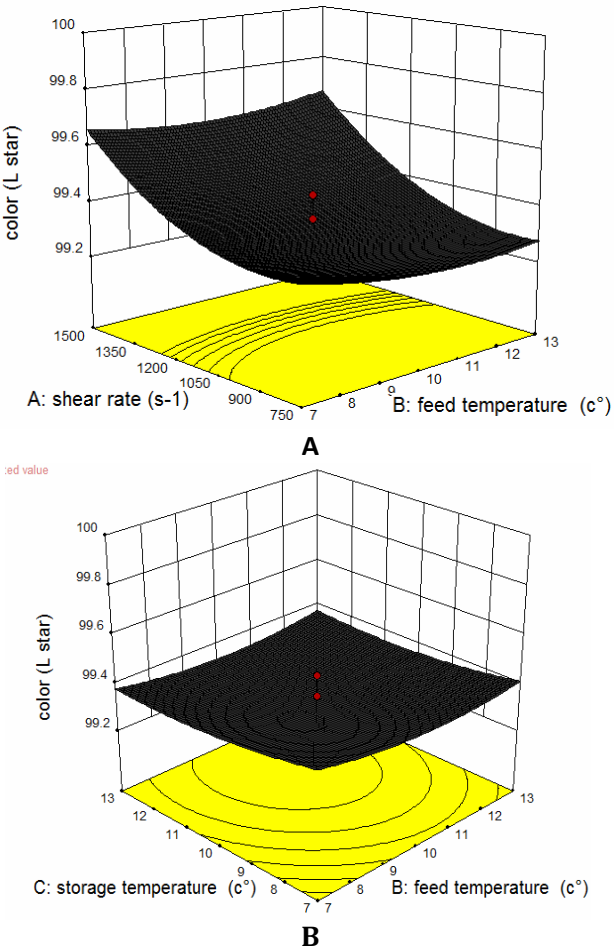

Fig 4 Effect of different parameters on L^* value of butter

شکل 4B تأثیر دمای نگهداری و دمای خوراک ورودی را بر روی L^* در درجه برش ثابت ($۱۱۲۵s^{-1}$) نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش دمای نگهداری L^* به میزان کمی کاهش می یابد. این امر با مطالعات کریستنسن و همکاران (۲۰۰۰) که بر روی رنگ کره انجام دادند مطابقت دارد، زیرا آنها نشان دادند که دمای بالای نگهداری (۲۰ درجه سانتیگراد) به مدت ۳ هفته باعث تیره تر شدن رنگ کره (کاهش L^*) می شود. همچنین نتایج بررسی ها نشان داد که اثرات خطی و درجه دوم درجه برش ، دمای خوراک ورودی و دمای نگهداری بر a^* و b^* مشابه هم بوده و معنی‌دار نمی‌باشد. نتایج ارزیابی های حسی بر روی رنگ نمونه ها نیز نشان داد که اثرات خطی و درجه دوم درجه برش، دمای خوراک ورودی و دمای نگهداری بر امتیاز رنگ هر سه پارامتر رنگ مشابه هم بوده و معنی‌دار نمی‌باشد.

۳-۵- پذیرش کلی

نتایج آنالیز داده های ارزیابی حسی بر روی پذیرش کلی نمونه ها نشان داد که اثر خطی و درجه دوم درجه برش اکسترودر و دمای نگهداری بر پذیرش کلی مشابه هم بوده و در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشد. شکل ۵ تأثیر درجه برش اکسترودر و دمای نگهداری را بر پذیرش کلی تحت شرایط دمای خوراک ورودی ثابت (۱۰°C) نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می شود پذیرش کلی به صورت یک روند عمومی در تمامی درجات برش اکسترودر با افزایش دمای نگهداری تا حدود ۱۰ افزایش یافته و پس از آن کاهش می‌یابد. همچنین در هر دو مقادیر پایین (۵°C) و بالای دمای نگهداری (۱۵°C)، با افزایش درجه برش اکسترودر، پذیرش کلی نیز افزایش می‌یابد که البته این افزایش در مقادیر بالای دمای نگهداری مشهودتر است، به طوری که بالاترین امتیاز پذیرش کلی به دمای نگهداری ۵°C و درجه برش $۱۱۲۵\ s^{-1}$ اختصاص داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

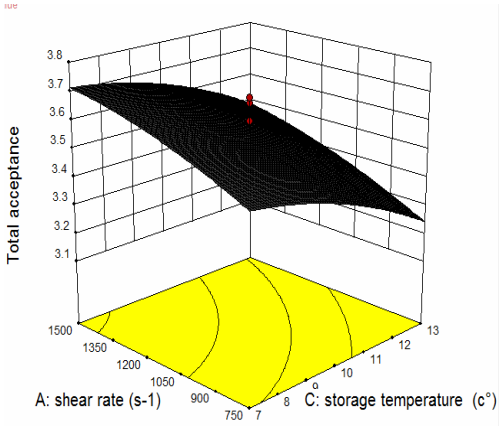

Fig 5 Effect of extruder shear rate and storage temperature on total acceptance of butter (feed temperature of 10°C)

٣-٦- آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)

جهت بررسی رابطه بین پارامترهای دستگاهی و صفات حسی نمونه‌های کره، نمودار پراکنش آن‌ها در فضای PC مورد استفاده قرار گرفت. دمارس و زیگلر (٢٠٠١) صفات حسی ارزیابی شده صمغ‌های ترکیبی بر پایه ژلاتین- پکتین توسط ارزیابان را با روش PCA تحلیل نمودند. آن‌ها صفات مربوط به طعم و بافت را جداگانه مورد ارزیابی قرار دادند و برای هر یک، دو مولفه اصلی در نظر گرفتند. فغان و همکاران (٢٠٠٧) پارامترهای بافتی نمونه‌های مختلف پنیر را با روش PCA بررسی کردند. نتایج نشان داد صفات پیوستگی و الاستیسیته بافت رابطه نزدیکی با هم داشتند، در صورتی که سختی بافت و نقطه ذوب نمونه‌ها رابطه کاملاً معکوس نسبت به هم نشان دادند. همان طور که در شکل ٦ مشاهده می‌شود از مجموع ٩ مؤلفه که با درجات استقلال متفاوت تعریف شده اند فقط دو مولفه دارای درجه استقلال بزرگتر از یک می‌باشند که به عنوان مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در نظر گرفته شدند. بنابر این مولفه‌های اصلی PCA داده‌های مربوط به ٢٠ نمونه کره اکسترود شده با دو مؤلفه اصلی به ترتیب ٣٢/٧٠٪ و ١٩/٦٨٪ واریانس محاسبه شده‌اند.

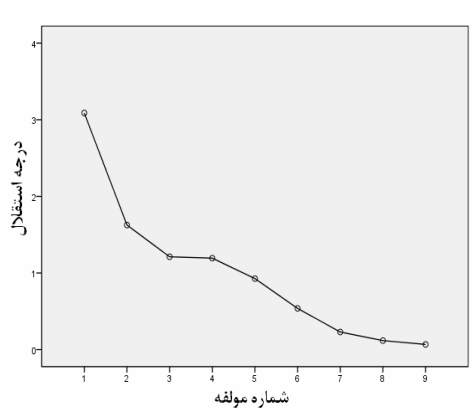

Fig 6 Principal components as a function of independence degree

شکل ٧ پراکنش پارامترهای بافتی دستگاهی و حسی را بر مبنای دو مولفه اول و دوم نشان می‌دهد. همان طور که از موقعیت صفات در فضای PC مشاهده می‌گردد، صفات حسی اندازه گیری شده طعم اسیدی و چسبندگی در مجاورت هم و نزدیک به پذیرش کلی نمونه‌ها قرار گرفته‌اند. همچنین پارامترهای که به صورت دستگاهی اندازه‌گیری شده‌اند تقریباً در اطراف همین دسته از ویژگی‌های حسی واقع شده‌اند، در عین حال در دو سمت مخالف مولفه اول سفتی حسی و سختی دستگاهی قرار گرفته‌اند. این نتایج حاکی از آن است که صفات طعم اسیدی، چسبندگی و سفتی اندازه گیری شده توسط ارزیاب ها تقریباً معادل پارامترهایی است که توسط روش های دستگاهی (چسبندگی و سختی) اندازه‌گیری شده‌اند. علاوه بر این، رابطه ای نزدیک بین طعم اسیدی و چسبندگی با پذیرش کلی نمونه ها وجود دارد که این امر نشان می‌دهد که از بین صفات اندازه گیری شده، طعم اسیدی کره دارای اهمیت بالاتری نسبت به سایر پارامتر ها برای پذیرش کلی مصرف کنندگان می باشد. دای موناکو و همکاران (٢٠٠٨) و بارانگو و همکاران (٢٠٠٦) رابطه و همبستگی بالایی بین سختی بافت دستگاهی و سفتی بافت حسی را گزارش نمودند. از بررسی ارتباط بین پارامترهای بافتی و ویژگی‌های حسی می‌توان در جهت بهینه سازی کمی و دستگاهی خصوصیات بافتی مواد غذایی استفاده نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

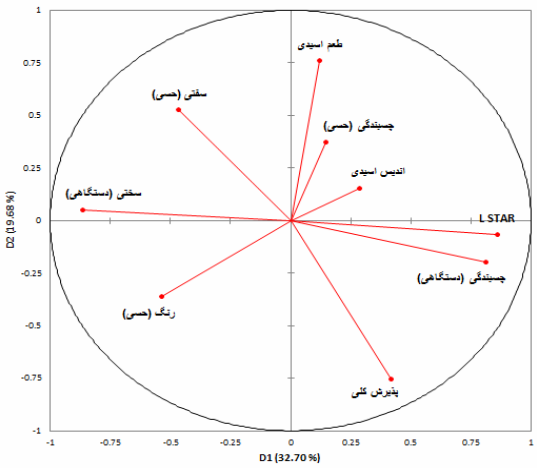

Fig7 Projection of the instrumental and sensory evaluation to the first two principal components

٤- نتیجه گیری

بهینه سازی خصوصیات رئولوژیکی کره دارای ارزش غذایی بالا توسط عملیات مکانیکی یکی از مناسبترین روش های تولید چربی شیر اصلاح شده است که موجب تولید کره ای با ارزش غذایی بالا و بافت مناسب شده و سرانه مصرف را نیز افزایش می دهد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که افزایش درجه برش اکسترودر سبب کاهش سختی و افزایش چسبندگی، پارامتر L* و پذیرش کلی می شود، در حالی که افزایش دمای نگهداری کره سبب افزایش اسیدیته و کاهش سختی، طعم اسیدی و پذیرش کلی می گردد. دمای خوراک ورودی به اکسترودر هیچ گونه اثر معنی داری بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی محصول نهایی نداشت. پراکنش پاسخ‌ها در فضای مولفه‌های اصلی **نیز** نشان داد که صفات طعم اسیدی، چسبندگی و سفتی اندازه گیری شده توسط ارزیاب های حسی و دستگاهی تقریباً معادل یکدیگر می‌باشند. علاوه بر این، رابطه ای نزدیک بین طعم اسیدی و چسبندگی با پذیرش کلی نمونه ها وجود دارد که این امر نشان می‌دهد که از بین صفات اندازه گیری شده طعم اسیدی کره دارای اهمیت بالاتری نسبت به سایر پارامتر ها برای پذیرش کلی مصرف کنندگان می باشد.

٥- منابع

[1] Osthoff G. In: Fuquay JW, Fox PF, McSweeney PLH, editors Encyclopedia of Dairy Sciences, Second edn. Elsevier, San Diego 2011.

[2] Meullenet JF, Lyon BG, Carpenter JA and Lyon CE. Relationship between sensory and instrumental texture profile attributes. Journal of Sensory Studies 1998; 13:77-93.

[3] Gambaro A, Fiszman S, Gimenez A, Varela P, Salvador A. Consumer acceptability compared with sensory and instrumental measures of white pan bread: sensory shelf-life estimation by survival analysis. Journal of Food Science 2004; 69: S401-S405.

[4] Gambaro A, Varela P, Gimenez A.Textural quality of white pan bread by sensory and instrumental measurements. Journal of Texture Studies 2002; 33: 401-413.

[5] Walstra P. Evaluation of the Wrmness of butter. Document. Proc. 77 Annu. Meeting International Dairy Fed. Montreux 1980.

[6] Gonzalez LH, Wilbey RA. Comparison of a laboratory butter reworker with a Westfalia industrial reworker. International Journal of Dairy Technology 2000; 53: 75-77.

[7] Segura JA, Herrera ML. Storage of commercial margarine at different temperatures. Journal of the American Oil Chemists' Society 1990; 67: 989-992.

[8] Martini S, Herrera ML. Physical properties of shortenings with low-trans fatty acids as affected by emulsifiers and storage conditions. European Journal of Lipid Science and Technology 2008;110: 172-82.

[9] Vithanage CR, Grimson MJ, Smith BG. The effect of temperature on the rheology of butter, spreadable blend and spreads. Journal of Texture Studies 2009; 40: 346-369.

[10] Pothiraj C, Zuniga R, Simonin H, Chevallier S, LeBail A. Methodology assessment on melting and texture properties of spread during ageing and impact of sample size on the representativeness of the results. Journal of Stored Products and Postharvest Research 2012; 3: 137-44.

[11] Sone T, Okada M, Fukushima M. Physical properties of butter made by different methods.

www.SID.ir

Archive of SID

[25] Dolby RM. The rheology of butter. I. Methods of measuring hardness of butter. J. Dairy Res 1941; 12: 329-336.
[26] Fagan C, Everard C, Donnel C, Downet G, Sheehan E, Delahunty C. Prediction of processed cheese instrumental texture and metability by mid-inferared spectroscopy coupled with chemometric tools. Journal of Food Engineering 2007; 80:1068-1077.
[27] Feuge RO, Guice WA. Effect of composition and polymorphic formon the hardness of fats.J. Am. Oil Chem. Soc.1959; 36: 531-534.
[28] Gupta S, deMan, J M. Modification of rheological properties of butter. Milchwissen schaft 1985; 40: 321-325.
[29] Heertje I, Bendenburg J, Cornelissen JM, Juriaanse AC. The effect of processing on some microstructural characteristics of fat spreads. Food Microstructure Journal 1988; 7: 189-93.
[30] Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Animal and vegetable fats and oils-
Determination of acid value and acidity-Test method. ISIRI no 4178. 1st revision, Karaj: ISIRI; 1999 [in Persian].
[31] Koczon P, Gruczynska E, Kowalski B. Changes in the acid value of butter during storage at different temperatures as assessed by standard methods or by FT-IR spectroscopy. American Journal of Food Technology 2008; 3: 154-163.
[32] Marangoni AG, McGauley SE. The relationship between crystallization behavior and structure in cocoa butter. Crystal Growth and Design 2003; 3: 95-108.
[33] Rousseau D, Hill AR, Marangoni AG. Restructuring butterfat through blending and chemical interesterification. 1. Melting behavior and triacylglycerol modifications. J. Am. Oil Chem. Soc 1996; 73: 963-972.
[34] Varnam AH, Sutherland JP. Milk and Milk Products;Technology, Chemistry and Microbiology. Gaithersburg: Aspen Publishers 2001.
[35] Dixon BD. Spreadability of butter-determination. 1. Description and comparison of 5 methods of testing.Aust. J. Dairy Technol . 1974; 29: 15-22
Proc.17th Int. Dairy Congr. (Munich) 1966; 2: 225-235.
[12] Fennema OR. Food chemistry. New York: Marcel Dekker 1996.
[13] Parks OW. Auto oxidation. In Fundamentals of Dairy Chemistry 1974; pp: 240–274.
[14] Manners J, Tomlinson N, Jones M. Butter and Related Products. Werribee: Victorian College of Agriculture and Horticulture 1987.
[15] Kornacki JL, Flowers RS. Microbiology of Butter and Related Products. In Applied Dairy Microbiology, pp: 109-130. Marth EH, Steele JL, editors. New York: Marcel Dekker 1998.
[16] Frede E, Buchheim W. Butter making and the churning of blended fat emulsions. Journal of the Society of Dairy Technology 1994; 47: 17-27.
[17] Van LK, Vanlerberghe B, Oostveldt PV, Thas O, Meeren PVD. Determination of water droplet size distribution in butter: pulsed field gradient NMR in comparison with confocal laser scanning microscopy. International Dairy Journal 2008; 18: 12-22.
[18] Walstra P, Wouters JTM, GeurtsTJ. Dairy Science and Technology. Boca Raton: CRC Press 2006.
[19] Frede E. Milk fat based spreads. In: Encyclopedia of Dairy Sciences, pp. 1859-1868. Roginski H, Fuquay J W, Fox P F, editors. London: Academic Press 2002.
[20] Barangou LM, Drake M, Daubert CR, Foegeding EA.Textural properties of agarose gels. Relation between rheological properties and sensory texture: Food Hydrocolloids 2006; 20: 196-203.
[21] Christophe AB, Devriese S. Fat digestion and absorption. AOCS Press, Champaign; 2000.
[22] Deman JM. Effect of mechanical treatment on the hardness of margarine and butter. Journal of Texture Studies 1969; 1:109-113.
[23] Demars L, Ziegler G. Texture and structure of gelatin- pectin based gummy confections. Food Hydrocolloid 2001; 15: 643-653.
[24] Di Monaco R, Cavella S, Masi P. Predicting sensor y cohesiveness, hardness and springness of solid foods from instrumental measur ements. Journal of Texture Studies 2008; 39:129-149.

www.SID.ir

Archive of SID

Optimization and evaluation of physicochemical and sensory properties of extruded alpha-linolenic butters using by RSM and PCA methods

Kashaninejad, M. [1*], Razavi, S. M. A. [1], Mazaheri Tehrani, M. [1], Kashaninejad, M. [2]

1. Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), P.O. Box 91775– 1163, Mashhad, Iran
2. Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan , Iran

(Received: 2014/12/04 Accepted: 2015/01/03)

In this paper, in order to optimize the rheological properties of extruded alpha-linolenic butters, the effect of extrusion conditions, including extruder shear rate (500, 750, 1125, 1500 and 1750 S^{-1}), feed temperature (5, 7, 10, 13 and 15°C) and storage temperature (5, 7, 10, 13 and 15°C) on the physicochemical and sensory properties of extruded alpha-linolenic butter were examined after 15 days storage, then the relationships between physicochemical and sensory properties of extruded alpha-linolenic butters were evaluated using by principal component analysis (PCA) method. About the mechanical treatment, increasing extruder shear rate resulted in extruded and refrigerated samples with lower hardness, higher adhesiveness and L*value. Higher storage temperature increased the acid value, but reduced the hardness. Feed temperature had no significant ($p > 0.05$) effect on the physicochemical and sensory properties of the extruded and refrigerated samples. The overall dispersal of variables in the principal components showed that the acid value, adhesiveness and firmness (instrumental measurement) were mainly related to the same sensory measurements. In addition, the close relationship between acid flavour and total acceptance of the samples showed that the acid flavor is more important factor for total acceptance of butter compared to the other parameters.

Keywords: Alpha-linolenic butter, Extrusion, Principal component analysis, Response surface methodology

* Corresponding Author E-Mail Address: s.razavi@um.ac.ir

www.SID.ir