مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

امکان سنجی تولید کره کم چرب با استفاده از ژلاتین و آلژینات سدیم به عنوان جایگزین چربی

شیلان سلطانی[۱]، لیلا روفه گری نژاد[۲*]، هاله همتی[۳]، رقیه اشرفی یورقانلو[٤]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران.

۳- مدرس آموزشکده فنی دختران ارومیه، دانشگاه فنی و حرفه ای استان آذربایجان غربی، ارومیه، ایران.

٤- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی آموزشکده فنی دختران ارومیه، دانشگاه فنی و حرفه ای استان استان آذربایجان غربی، ارومیه، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۹ /۰۷/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۰۹

کلمات کلیدی:

آلژینات سدیم،

ژلاتین،

کره کم چرب،

مونوگلیسرید.

DOI: 10.29252/fsct.18.06.06

* مسئول مکاتبات:

l.rofehgari@yahoo.com

چکیده

آگاهی روز افزون مردم نسبت به اثرات سوء مصرف محصولات پرچرب، تولید کنندگان مواد غذایی را برآن داشته تا راهکاری مناسب برای غلبه براین چالش را بررسی نمایند. در این مطالعه، کره کم چرب با استفاده از ژلاتین وآلژینات سدیم (۰، ۱ و ۲ درصد) و منوگلیسرید (۰، ۰/۵ و ۱ درصد) با بکارگیری روش آماری سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی تهیه و بر مبنای نتایج آزمون های بافت، نقطه ذوب، ارزیابی حسی و رنگ، مقدار بهینه استفاده از جایگزین های چربی تعیین شد. نتایج نشان داد که با کاهش ۵۰ درصد چربی کره در حضور ژلاتین و آلژینات سدیم، نقطه ذوب نمونه های کره کم چرب از ۲۰ به ۳۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت اما از میزان رطوبت نمونه ها نسبت به نمونه شاهد کاسته گردید. طبق نتایج بدست آمده استفاده از مونوگلیسرید بیشترین تاثیر را بر مولفه روشنایی ظاهری نمونه‌های کره داشت اما افزودن آلژینات سدیم و ژلاتین به کاهش روشنایی (L^*) و افزایش قرمزی (a^*) منجر شد. ارزیابی حسی نمونه ها نیز نشان دهنده امتیاز بالای خواص حسی کره کم چرب مانند نرمی بافت، گسترش پذیری و قوام محصول در مقایسه با نمونه شاهد بود. نتایج بهینه سازی نشان داد با استفاده از ۱/۵۸ درصد ژلاتین، ۱/۸٦ درصد آلژینات سدیم و ۰/٦۵ درصد منوگلیسرید امکان تولید کره کم چرب با محتوای چربی ۵۰ درصد و نقطه ذوب و ویژگی های بافتی قابل قبول همراه با خصوصیات حسی مطلوب وجود دارد.

۱- مقدمه

مطالعات علمی و تغذیه‌ای، بیانگر ارتباط بین مصرف زیاد چربی با بیماری‌هایی همچون چاقی مفرط، سخت شدن دیواره رگ‌ها، بیماری‌های قلبی عروقی، افزایش فشار خون، صدمه‌های بافتی (به دلیل اکسید شدن چربی‌ها) و انواع مشخصی از سرطان می باشد. افزایش آگاهی مصرف کنندگان نسبت به فاکتورهای ایجاد کننده این بیماری ها و تاثیر الگوی غذایی در برزو آن ها، رغبت به استفاده از مواد غذایی کم چرب را افزایش داده است [۱]. کره و فرآورده‌های چرب شیر منبع غنی از اسیدهای چرب اشباع و کلسترول محسوب شده و به عنوان عامل ایجاد خطر بیماری‌های قلبی عروقی مطرح می‌باشند. ارتباط بین سطح کلسترول و تری گلیسیرید بالای خون و بیماری‌های قلبی عروقی کاملا ثابت شده و بیان گردیده که بیشتر بودن کلسترول سرم خون به میزان ۱۰ درصد، بیماری قلبی عروقی را ۲۰ تا ۳۰ درصد افزایش می‌دهد [۲]. در کنار این اثرات نامطلوب، طی سال های اخیر توجهات به مصرف چربی شیر به واسطه حضور اسید لینولئیک کنژوگه افزایش یافته است. تاثیرات مثبت این اسید چرب فراسودمند روی بیماران سرطانی، مبتلایان به دیابت، بیماران قلبی و عروقی همچنین جلوگیری از کاهش دانسیته استخوان و بهبود سیستم ایمنی در تحقیقات متعدد به اثبات رسیده است و بنابراین تفکرات علمی جدیدی مبنی بر مصرف تعدیل شده کره به جای حذف کره از برنامه غذایی مطرح می باشد [۳]. راهکارهای مختلفی جهت تقلیل اثرات نامطلوب کره، از جمله وارد کردن روغن ماهی، سویاو کتان به جیره غذایی دام به منظور افزایش اسیدهای چرب چند غیر اشباعی کره و استفاده از روش‌های شیمیایی منجمله کاربرد بتاسیکلودکسترین جهت تولید محصولی با کلسترول پایین بیان شده است. در سال های اخیر استفاده از جایگزین های چربی برای تولید محصولات لبنی کم چرب مورد توجه قرار گرفته است. جایگزین های چربی که عموما بر پایه کربوهیدرات ها یا پروتئین ها می باشند توانایی دارند به طور نسبی افت کیفیت بافت و احساس دهانی نامطلوب ناشی از حذف یا کاهش میزان چربی محصولات کم چرب را جبران نمایند. مطالعات متعددی در خصوص تولید محصولات لبنی کم چرب به خصوص خامه و پنیر انجام شده است. استفاده از کازئینات سدیم- کربوکسی متیل سلولز و صمغ لوبیای خرنوب [٤]، ایزوله پروتئین سویا و ثعلب [٥]، کنسانتره پروتئین های شیر [٦] و ژلاتین [٧] برای تولید خامه صبحانه و هم زده کم چرب بررسی شده و نمونه های تهیه شده مورد پذیرش ارزیابان حسی قرار گرفته اند. همچنین از کاراگینان و کنسانتره پروتئین آب پنیر برای فرمولاسیون پنیر موزارلای کم چرب [۸] و گزانتان برای تهیه پنیر سفید آب نمکی کم چرب [۹] استفاده شده است.

کره یک امولسیون آب در روغن می باشد که بر طبق استاندارد ملی ایران (شماره ١٦٢) حداکثر ١٦درصد آب به صورت قطرات ریز در حداقل ۸۲ درصد فاز چرب پراکنده شده است. در تولید کره کم چرب باید میزان فاز پراکنده را افزایش داد و بخشی از چربی آن را با آب جایگزین کرد مشروط به این که پایداری امولسیون در طی مدت نگهداری کاهش نیابد. برای حصول به پایداری قابل قبول، استفاده از امولسیفایر مناسب همراه با ترکیب جایگزین چربی مناسب، ضروری است. به نظر می رسد دشواری دستیابی به این خواسته کیفی باعث شده است که مطالعات کاهش چربی در کره در قیاس با سایر فراورده های لبنی، بسیار محدود باشد. واحدی و همکاران (۱۳۹۲) از آرد کامل سویا و کازئینات سدیم به همراه مونوگلیسیرید برای کاهش میزان چربی کره استفاده کردند و در مجموع با لحاظ کردن پارامترهای کیفی و حسی مختلف، تیمار بهینه با دارا بودن ۵۰ درصد چربی از تلفیق ۵ درصد آرد کامل سویا، ۳/۲ درصد کازئینات سدیم و ۰/٦٦ درصد امولسیفایر نتیجه شد [۱۰]. ترکاشوند و موسوی (۱۳۹۱) برای تهیه کره کم چرب با ۵۰ درصد چربی با استفاده از شیر بازساخته، کره پر چرب و گلیسرول منو استئارات اقدام به ساخت امولسیون دو گانه روغن در آب در روغن (o/w/o) نمودند و نتایج موفقیت آمیزی را از این کار گزارش کردند [۱۱].

ژلاتین به دلیل داشتن خصوصیات عملکردی مطلوب منجمله توانایی بالا در اتصال به آب، افزایش ویسکوزیته، خاصیت امولسیفایری مناسب و خاصیت کف کنندگی و ژل کنندگی قوی یکی از انتخاب های رایج محققان در طراحی محصولات کم چرب بوده است [۷]. از ژلاتین به عنوان جایگزین چربی در تهیه فراورده های گوشتی کم چرب، مایونز و سس های سالاد کم چرب و ماست کم چرب استفاده شده است. آلژینات پلی ساکارید آنیونی استخراج شده از جلبک های قهوه ای می باشد که

مشتمل بر منومرهای D مانورونیک اسید وL گلورونیک اسید با اتصال ۱ به ٤ می باشد. آلژینات سدیم قدرت اتصال با آب بسیار بالایی داشته و به همین دلیل در تولید محصولات کم چربی که با جایگزینی آب به جای چربی تهیه می شوند، می تواند گزینه مناسبی باشد. به دلیل دارا بودن خاصیت امولسیفایری در ساختار امولسیون ها و به دلیل قدرت ژل کنندگی مطلوب در تولید محصولات گوشتی باز ساخته استفاده می شود. علاوه بر این کاربرد آن به عنوان جایگزین چربی در محصولات گوشتی، مایونز و فراورده های شیری گزارش شده است. موفقیت آن در تولید محصولات لبنی کم چرب منجمله پنیر موزارلا، چدار و سفید آب نمکی را می توان به خصوصیت تشکیل ژل در حضور یون کلسیم مربوط دانست که به وفور در محصولات شیری در دسترس می باشد [۱۲]. با عنایت به این که ژلاتین یک منبع پروتئینی با خصوصیات عملکردی قابل ملاحظه و در عین حال در دسترس و کم هزینه برای صنعت می باشد، در این مطالعه بهینه سازی تولید کره کم چرب با استفاده از آلژینات سدیم و ژلاتین به عنوان جایگزین چربی در حضور مونوگلیسیرید مورد بررسی قرار گرفته است. رویکرد اصلی تحقیق حاضر وارد کردن کره کم چرب به سبد غذایی خانواده ها در مقابل حذف کره و یا وارد کردن کره های گیاهی می باشد تا اینکه مصرف کنندگان بتوانند از اثرات مطلوب تغذیه ای چربی شیر که پیشتر به آن اشاره شد، بهره مند شوند.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد مورد استفاده

کره حیوانی (۸۲٪ چربی) وارداتی بسته بندی شده در مجتمع صنایع غذایی برگ سبز بناب (آذربایجان شرقی)، شیر خشک (میلوپا- صنایع پودر شیر مشهد)، اسید لاکتیک (مبتکران شیمی تهران)، مونوگلیسیرید (FIC- چین)، آلژینات سدیم و ژلاتین (دنیسکو- دانمارک) برای تهیه نمونه ها مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۲- آماده سازی نمونه ها

تهیه نمونه ها مطابق جدول ۱ بر اساس طرح مرکب مرکزی برای سه متغیر ژلاتین (۰ تا ۲ درصد) ، سدیم آلژینات (۰ تا ۲ درصد) و مونوگلیسرید (۰ تا ۱ درصد) مطابق روش زیر تهیه شدند:

فاز آبی شامل ژلاتین و آلژینات سدیم، شیر خشک، نمک و اسید لاکتیک با آب ۸۰ درجه سلسیوس به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانیده شده و pH آن روی ۵ تنظیم شد. پس از اختلاط کامل فاز آبی در مخلوط کن آزمایشگاهی و رسانیدن دما به ۵۵ درجه سلسیوس، فاز چربی شامل کره حیوانی نرم شده و مونوگلیسیرید اضافه شده و تا رسیدن به دمای ۱۵ درجه سلسیوس به طور مداوم با سرعت بالا هم زده شد. پس از سرد شدن به فریزر ۱۸- درجه سلسیوس منتقل و آزمون های زیر در خصوص ان ها انجام گرفت.

Table 1 Treatments suggested by design expert software using response surface methodology

Run	Gelatin (%)	Sodium Alginate (%)	Monoglyceride (%)
1	1	1	0.5
2	1	1	0.5
3	1	1	0.5
4	1	1	0.5
5	1	1	0.5
6	2	2	1
7	2	0	0
8	2	0	1
9	2	2	0
10	0	2	0
11	1	1	0
12	1	2	0.5
13	0	1	0.5
14	1	0	0.5
15	2	1	0.5
16	1	1	1
17	0	0	0
18	0	0	0.5
19	0	2	1
20	2	1	0.5

۲-۳- تعیین درصد چربی و رطوبت

اندازه گیری چربی مطابق با استاندارد ملی ایران در خصوص ویژگی ها و روش آزمون کره پاستوریزه به شماره ۱۶۲ از طریق روش ژربر با استفاده از اسید سولفوریک ۹۰ درصد و الکل آمیلیک انجام شد. میزان رطوبت بر مبنای افت وزنی نمونه طی خشک شدن در آون ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت محاسبه گردید [۱۳].

۲-٤- تعیین نقطه ذوب

برای تعیین نقطه ذوب از روش لوله موئین باز استفاده شد. لوله های موئین تا ارتفاع ۱۰ میلی لیتر با نمونه های ذوب شده کره پر شده و در دمای ۱۷ درجه سانتی گراد نگهداری شد. در ادامه لوله ها با کش لاستیکی به دماسنج متصل شدند به نحوی که قسمت چربی داخل مخزن دماسنج قرار بگیرد و سپس داخل محفظه آب گرم قرار داده شدند به محض بالا رفتن ستون چربی داخل لوله، دما قرائت شد و به عنوان نقطه ذوب گزارش شد [۱٤].

۲-۵- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی توسط ۲۰ داور آموزش ندیده بر مبنای روش پنج نقطه ای هدونیک انجام شد بر مبنای وضعیت ظاهری، نرمی وگسترش پذیری، طعم و مزه اعداد یک (خیلی بد)، دو (بد)، سه (نه خوب، نه بد)، چهار (خوب) و پنج (خیلی خوب) برای توصیف نمونه ها تعلق گرفت [۱۰].

۲-٦- تعیین شاخص های رنگی

شاخص‌های رنگی با استفاده از روش پردازش تصویر تعیین شد. بعد از عکس‌برداری از نمونه‌ها و کارت‌های استاندارد RAL با استفاده از دوربین عکاسی (سامسونگ، کره) در محفظه‌ای معین با شدت نورD65 و فاصله لنز ثابت تا نمونه (٤٥ درجه)، منحنی استاندارد برای هر یک از فاکتورهای L^*، a^* و b^* رسم و معادله مناسب برازش شد. با قرار دادن میانگین اعداد در این معادله، مقادیر L^*، a^* و b^* واقعی تعیین شد [٤].

۲-۷- ارزیابی بافت

سنجش بافت نمونه های کره توسط دستگاه بروکفیلد LFRA4500 انجام پذیرفت. مواد داخل استوانه این دستگاه به قطر ۳۰ میلی متر و ارتفاع ۸۵ سانتی متر، قرار داده شد. آزمون با سرعت mm/s ۱ انجام گرفت. ویژگی‌های بافتی نمونه در دمای ۲۷-۲۵ درجه سانتی گراد انجام شد و تا زمانی که دیسک فشرده سازی به مکان شروع بازگردد، ادامه یافت. در منحنی نیرو-زمان بدست آمده، بالاترین نیرو مربوط به استحکام، ناحیه مثبت مربوط به تراکم پذیری و ناحیه منفی مربوط به میزان چسبندگی نمونه بود [۷].

۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری

به منظور بررسی اثر فاکتورهای ژلاتین، آلژینات سدیم و مونوگلیسیرید بر روی خصوصیات کیفی کره کم چرب تهیه شده، از روش سطح پاسخ (RSM)، و طرح مرکب مرکزی (CCD) در نرم افزار دیزاین اکسپرت (Design Expert) استفاده شد. طبق آزمایش‌های مقدماتی دامنه هر یک از متغیرهای مستقل تعیین و پس از آن، ۳ سطح از هریک از متغیرهای مستقل و ۲۰ تیمار (جدول ۱) ارائه شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر نقطه ذوب

پدیده ذوب وقتی روی می دهد که انرژی گرمایی بر نیروهای بین ملکولی که ذرات را در حالت جامد نگه می دارند فایق آید، بنابراین عواملی که اتصال و نیروی بین مولکولی در محصول را افزایش دهد، انرژی مورد نیاز برای ذوب را افزایش خواهد داد. تاثیر متغیرهای مستقل بر نقطه ذوب کره کم چرب به صورت منحنی های سه بعدی رویه پاسخ در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود ژلاتین و آلژینات تاثیر معنی‌داری بر تغییرات نقطه ذوب کره داشته است، و افزایش آن‌ها باعث بالارفتن نقطه ذوب نمونه ها شده است. داده‌های جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر مستقل ژلاتین و آلژینات و همچنین اثر متقابل این دو متغیر بر تغییرات نقطه ذوب کره کم چرب تولیدی معنی دار بود ($p<۰/۰۵$)، در حالیکه اثر ساده امولسیفایر مونوگلیسرید و همچنین اثر برهمکنش آن با سایر متغیرها بر میزان نقطه ذوب معنی دار نبود ($p>۰/۰۵$). طبق نتایج بدست آمده، میزان نقطه ذوب نمونه های کره در محدوده ۳۰-۲۰ درجه سانتی گراد بود که کمترین مقدار به نمونه شاهد و بیشترین آن به نمونه شماره ۹ (حاوی ۲ درصد ژلاتین، ۲ درصد آلژینات و فاقد مونوگلیسرید)

تعلق داشت. همچنین می توان گفت که دمای شروع ذوب به یکنواختی یا عدم یکنواختی فرمول بستگی دارد به این مفهوم که با افزایش ترکیبات مولد هسته کریستالیزاسیون، دمای شروع ذوب افزایش می یابد که این پدیده در سیستم های غیریکنواخت مشاهده می شود. امولسیفایرها می توانند به عنوان هسته های کریستالیزاسیون عمل کرده و با افزایش درصد امولسیفایرها، دمای شروع ذوب نیز افزایش می‌یابد [۱۵]. در مجموع می‌توان گفت که به دلیل نقش مثبت ژلاتین و آلژینات در برقراری پیوند با مولکول‌های آب و همچنین نقش امولسیفایری مونوگلیسرید در کاهش کشش بین سطحی فاز آبی و روغن، افزودن این ترکیبات سبب افزایش نقطه ذوب گردیده است. در تحقیقاتی مشابه واحدی و همکاران (۱۳۹۲) به بهینه سازی فرمولاسیون کره کم‌چرب به روش سطح پاسخ پرداختند. فاکتورهای اعمال شده شامل نسبت آب به کره، نسبت آرد سویا به کازئینات سدیم و میزان امولسیفایر بودند که طبق نتایج آن ها مشخص شد افزایش نسبت آب به کره و نیز نسبت آرد سویا به کازئینات سدیم، هر دو، باعث افزایش سرعت ذوب در دمای ثابت می‌شود. آن ها بیان کردند تاثیر افزایش درصد آب بر افزایش سرعت ذوب امری بدیهی است چرا که بلافاصله پس از قرار گرفتن نمونه در دهان، پروتئین های حل شده در فاز آبی آزاد شده و پس از آن فاز روغنی نیز در دمای دهان ذوب می گردد [۱۰].

Table 2: Values of coefficients of fitted models and their significance levels for moisture and melting point responses of low fat butter (A:gelatin; B:sodium alginate; C:monoglyceride)

	Melting point (ºC)		Moisture (%)	
Source model	**Coefficients**	**P-Value**	**Coefficients**	**P-Value**
model	27.84	-	52.79	-
A	2.31	<0.0001	-2.39	0.0006
B	1.81	0.0002	-1.33	0.026
C	0.17	0.638	-0.72	0.22
A^2	-0.62	0.261	0.42	0.61
B^2	-1.10	0.072	-1.43	0.127
C^2	0.30	0.597	-0.39	0.659
AB	-1.20	0.008	1.41	0.035
AC	-1.50	0.71	0.40	0.54
BC	-0.28	0.52	0.48	0.47
Residual	27.18	-	51.63	-
R^2	0.93	-	0.86	-
Lack of Fit	-	0.594	-	0.540
Pure Error	5.4×10^{-4}	-	1.12×10^{-5}	-

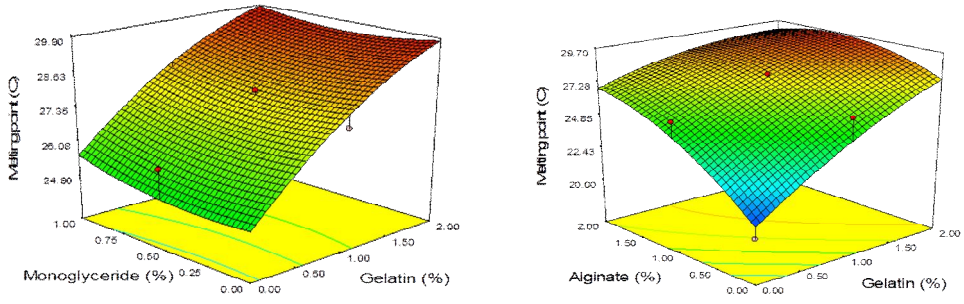

Fig 1 Response surface 3D plots for melting point of low-fat butter as a function of gelatin, sodium alginate and monoglyceride

۳-۲- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر میزان رطوبت

شکل ۲ تاثیر متغیرهای مورد بررسی را بر میزان رطوبت نشان می‌دهد. نتایج آنالیز واریانس و ضرایب مدل ها (جدول ۲) نشان می‌دهد اثر مستقل ژلاتین و آلژینات سدیم و همچنین اثر برهمکنش آن ها معنی دار بود (P<۰/۰۵)، در حالی که اثر مستقل امولسیفایر مونوگلیسرید و همچنین اثر متقابل آن با سایر متغیرها بر رطوبت نمونه های کره کم چربی در سطح معنی دار نبوده است (p>۰/۰۵). همانطور که در شکل مشخص است با افزودن ژلاتین و آلژینات سدیم به فاز پراکنده آبی کره، میزان رطوبت نهایی محصول بطور قابل توجهی نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت و این تغییرات وابسته به غلظت بود بدین معنی که با افزایش غلظت این دو ترکیب از صفر تا ۲ درصد میزان رطوبت محصول سیر نزولی داشت. به دلیل خاصیت آبدوستی ژلاتین و آلژینات سدیم جدا شدن اب از امولسیون کره (سینرزیس) در کره های حاوی این دو ترکیب کاهش یافته است. همچنین با افزایش غلظت ژلاتین و آلژینات سدیم رطوبت کاهش یافته است که ناشی از افزایش ماده جامد کل می‌باشد که با نتایج پژوهشگران آرانگو و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد [۱۶]. طبق نتایج آنالیز واریانس و همچنین منحنی های سطح پاسخ مشاهده می شود که افزودن امولسیفایر مونوگلیسرید به فازپیوسته روغنی در غلظت ۱-۰ درصد تاثیر قابل توجهی بر تغییرات رطوبت محصول نهایی نداشت ولی وجود آن برای ادغام بخش پراکنده آبی (هیدورفیل) و فاز پیوسته روغنی (هیدروفوب) در ساختار کره کم چرب ضروری می باشد.

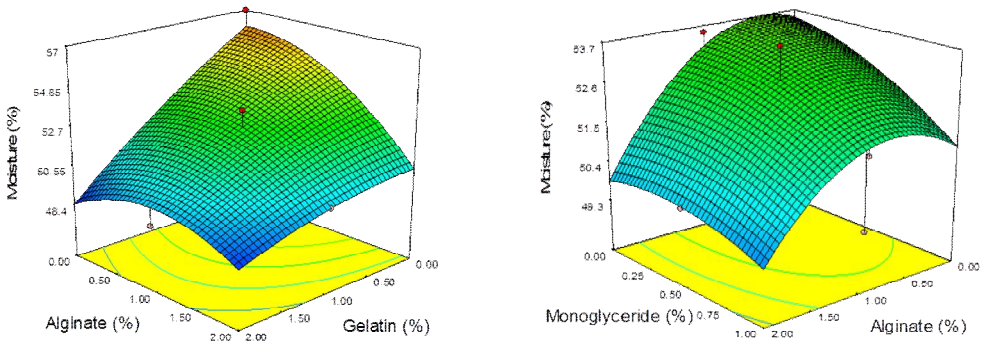

Fig 2 Response surface 3D plots for moisture content of low-fat butter as a function of gelatin, sodium alginate and monoglyceride

۳-۳- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر ویژگی های بافتی

۳-۳-۱- تغییر شکل (Deformation)

تغییر شکل شاخصی برای تعیین پایداری محصول طی نگهداری است. طبق نتایج آنالیز واریانس اثر مونوگلیسرید بر تغییرشکل نمونه‌های کره کم چرب معنی‌دار بود (p<۰/۰۵)، در حالیکه اثر مستقل و اثر برهمکنش سایر متغیرها در سطح معنی دار(p>۰/۰۵) نبود. همانطور که مشاهده می شود (شکل۳) با افزایش غلظت ژلاتین و آلژینات سدیم، از میزان تغییرشکل محصول بصورت خطی کاسته شده است که به معنی افزایش مقاومت کره در مقابل تغییر شکل می‌باشد. درواقع ترکیبات هیدروکلوئیدی از طریق اتصال با مولکول‌های آب و برهمکنش با ترکیبات دارای گروه های عاملی فعال سبب پایداری آب در محیط و جلوگیری از خرد شدن و تغییر شکل کره کم چرب می شوند [۷]. در مورد امولسیفایر مونوگلیسرید این روند تا حدودی متفاوت بود و به دلیل معنی دار بودن اثر توان دوم آن، شکل رویه پاسخ دارای انحنا می باشد بطوریکه با افزایش امولسیفایر تا ۰/۵ درصد مقاومت محصول در برابر تغییر شکل افزایش یافته است و میزان تغییر شکل سیر نزولی داشت ولی در ادامه با افزودن مقادیر بیشتر تا ۱ درصد از این مقاومت کاسته شده و گسترش پذیری محصول و در نتیجه تغییر شکل آن سیر صعودی داشته است.

Table 3 Factor values of fitted models and their significance levels for the textural properties of low fat butter (A:gelatin; B:sodium alginate; C:monoglyceride)

	Deformation (mm)		Hardness (g)		Adhesiveness (g.s)	
Source model	Coefficients	P-Value	Coefficients	P-Value	Coefficients	P-Value
model	19.99	-	358.29	-	-1202.46	-
A	-2.32×10^{3}	0.118	42.78	0.34	-421.01	0.136
B	-1.04×10^{-3}	0.48	215.30	0.0007	-1498.59	0.0003
C	8.63×10^{3}	0.59	27.15	0.58	167.43	0.584
A^2	1.96×10^{3}	0.4	99.13	0.19	-4.66	0.99
B^2	-1.63×10^{3}	0.51	-74.27	0.35	-975.77	0.06
C^2	7.44×10^{-3}	0.012	22.52	0.77	-45.75	0.92
AB	1.31×10^{3}	0.43	-21.06	0.68	793.05	0.028
AC	-1.08×10^{-3}	0.55	-87.44	0.15	1299.02	0.0034
BC	-1.07×10^{3}	0.56	-23.44	0.68	1050.11	0.011
Residual	20.00	-	360.77	-	-1625.46	-
R^2	0.78	-	0.82	-	0.90	-
Lack of Fit	-	0.763	-	0.120	-	0.082
Pure Error	24×10^{-5}	-	7026.39	-	56791.48	-

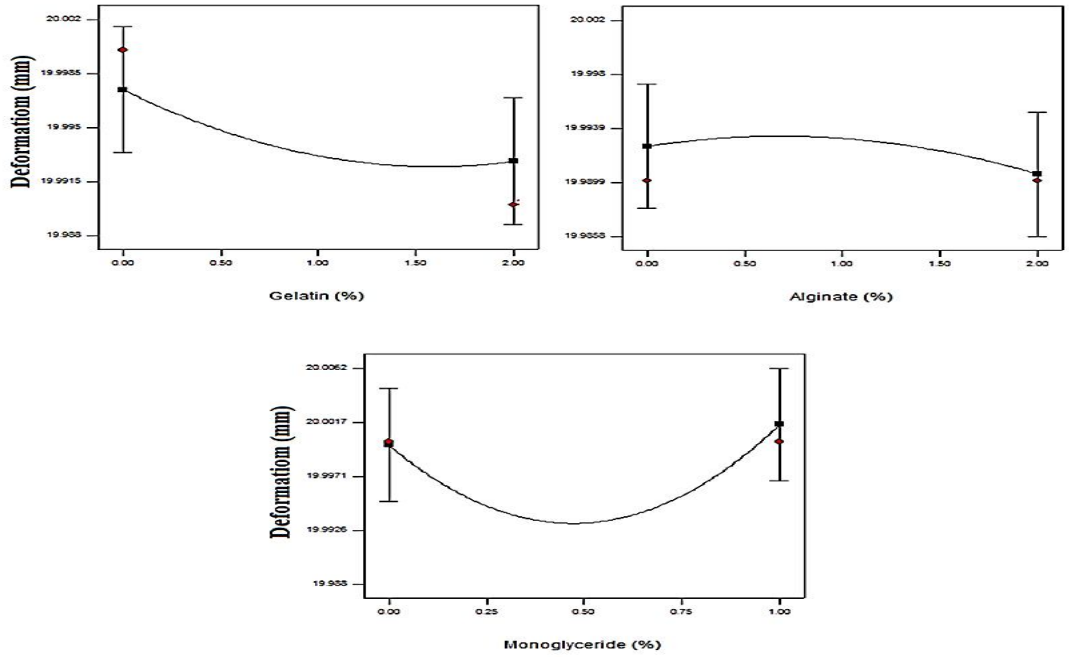

Fig 3 Response surface diagram for the independent effect of gelatin, sodium alginate and monoglyceride on the resistance of low fat butter to deformation

۳-۳-۲- سختی (Hardness)

نتایج آنالیز واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که فقط اثر مستقل آلژینات بر تغییرات سختی محصول معنی دار بود (P<۰/۰۵)، در حالیکه اثر ژلاتین و مونوگلیسرید بر تغییرات این پارامتر معنی دار نبود. اثر مستقل متغیرهای فرایند بر میزان سختی (شکل ٤) نشان می‌دهد که با افزودن ژلاتین و آلژینات سدیم به فرمولاسیون کره کم چرب بر میزان سختی نمونه ها افزوده شده است. طبق نتایج کمترین میزان سختی به نمونه شاهد و بیشترین مقدار به تیمار حاوی ۲ درصد آلژینات، ۰/۵ درصد مونوگلیسرید و فاقد ژلاتین تعلق داشت. بطور کلی مونوگلیسرید نیز تا غلظت ۰/۵ درصد در افزایش سختی و پیوستگی نمونه ها تاثیر مثبت داشت که این به دلیل نقش امولسیفایری این ترکیب در کاهش کشش سطحی و ادغام بهتر دو فاز روغنی و آبی در ساختار کره کم چرب می باشد، ولی افزایش بیشتر آن تاثیر معنی‌داری نداشت. کومار و

همکاران (۲۰۰٤) تاثیر افزودن سه پایدار کننده پکتین، آلژینات سدیم و ژلاتین را بر روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی ماست غنی شده با شیر سویا مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که ژلاتین اثر بهتری روی بافت در مقایسه با دو پایدارکننده دیگر در مقدار ۰/٤ درصد دارد و باعث افزایش سفتی نمونه‌ها می‌شود [۱۷]. در حالیکه چنج و همکاران (۲۰۰۸) از ژلاتین ماهی و پکتین برای تولید اسپرید کم چرب استفاده کردند. در این مطالعه مشخص شد که وقتی نسبت ژلاتین به پکتین کاهش می یابد منجر به افزایش سفتی می شود [۱۸].

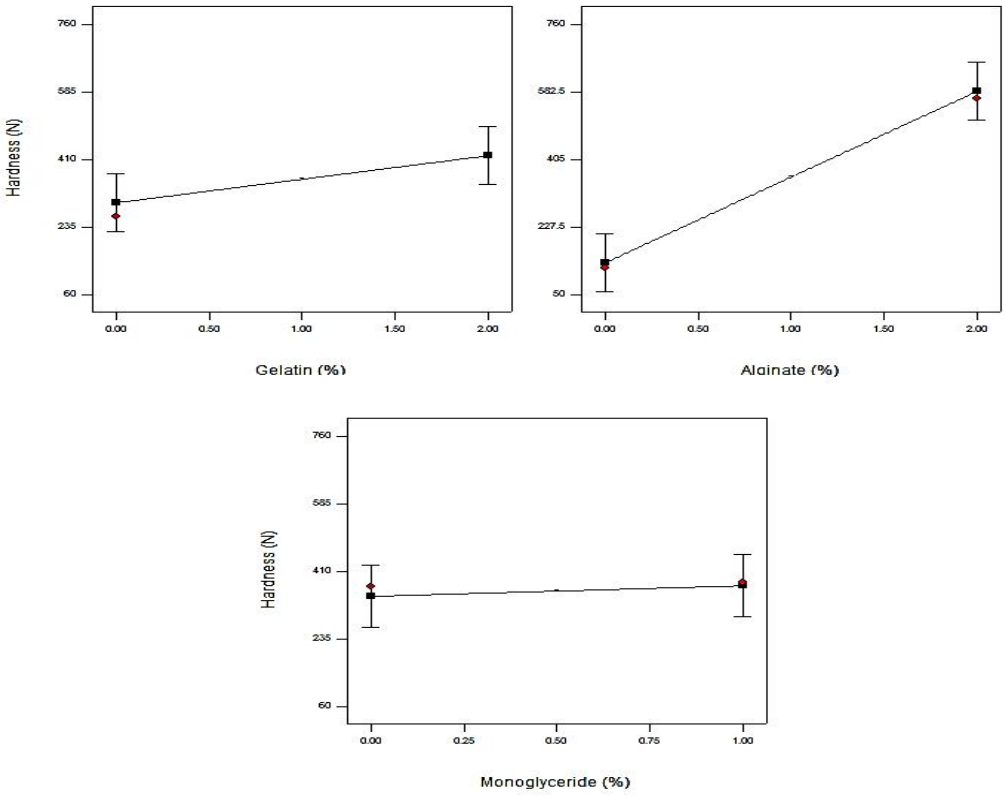

Fig 4 Response surface diagram for the independent effect of gelatin, sodium alginate and monoglyceride on the hardness of low fat butter

۳-۳-۳- چسبندگی (Adhesiveness)

چسبندگی به صورت میزان کار مورد نیاز برای غلبه بر نیروی‌های جذب بین سطی نمونه و سطوح دیگر که در تماس با نمونه هستند تعریف می‌شود. در بین متغیرها بیشترین و کمترین تاثیرگذاری بر میزان چسبندگی نمونه های کره کم چرب به ترتیب مربوط به آلژینات سدیم و مونوگلیسرید بود (جدول ۳). اثر متقابل متغیرهای فرایند بر میزان چسبندگی کره کم چرب در شکل ۵ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود در غلظت ثابتی از مونوگلیسرید (برابر ۰/۵ درصد) با افزودن آلژینات سدیم و ژلاتین به فرمولاسیون کره کم چرب بر میزان چسبندگی نمونه های کره نسبت به نمونه کنترل افزوده شد و همانطور که اشاره شد تاثیر آلژینات در این بین بیشتر از سایر متغیرها بود که شیب بیشتر نمودار تایید کننده این موضوع می باشد. میزان چسبندگی برای نمونه کنترل برابر ۱٦۱/٦۸ بود که با افزودن ژلاتین و آلژینات تا میزان ۲ درصد به فاز آبی میزان این پارامتر تا ۷۷۱٦/۹ در تیمار ۹ افزایش پیدا کرد. طبق نتایج در تیمار ۱۸ که حاوی ۰/۵ درصد مونوگلیسرید و فاقد ژلاتین و آلژینات می‌باشد میزان چسبندگی تفاوتی با نمونه شاهد ندشته است و برابر ۱٦۱/٦ اندازه گیری شد و بطور کلی در نمونه هایی که دارای مقدار بیشتری از امولسیفایر و مقدار کمتری از پایدارکننده ها بودند میزان چسبندگی در سطح پایین تری قرار داشت که حاکی از تاثیر پایین مونوگلیسرید بر تغییرات این پارامتر می باشد. به کارگیری عوامل ژل دهنده با نقطه ذوب پایین نظیر ژلاتین باعث تولید محصولی با احساس دهانی بسیار چسبنده (در مقادیر بالای

استفاده) و یا بسیار آبکی (در مقادیر پایین استفاده) می‌شود. عوامل ژل دهنده با نقطه ذوب متوسط نظیر کاراجینان، صمغ لوبیای لوکاست و گزانتان در پایداری و کیفیت خوب محصول تاثیر می‌گذارد. این دسته ترکیبات سریع ترتشکیل ژل می‌دهند، قدرت ژل نسبتا بالایی دارند و به ایجاد قطرات کوچک فاز پراکنده کمک می‌نمایند، ویسکوزیته آن‌ها قابل کنترل بوده و باعث افزایش پایداری امولسیون می‌شوند. نکته دیگر اثر سینرژیستی عوامل ژل کننده و پایدار کننده در افزایش چسبندگی نمونه‌های کره بود. بعنوان مثال در تیمار شماره ۷ و ۱۰ که به ترتیب فقط حاوی ۲ درصد ژلاتین و ۲ درصد آلژینات بودند میزان چسبندگی به ترتیب برابر ۲۵٤/٤۹ و ۱۷۱٦/۵۲ بودند در حالیکه در تیمار ترکیبی این دو ترکیب هیدروکلوئیدی (تیمار ۹) میزان چسبندگی بیشترین مقدار در بین همه تیمار ها بود که برابر ۷۷۱٦/۹ می‌باشد.

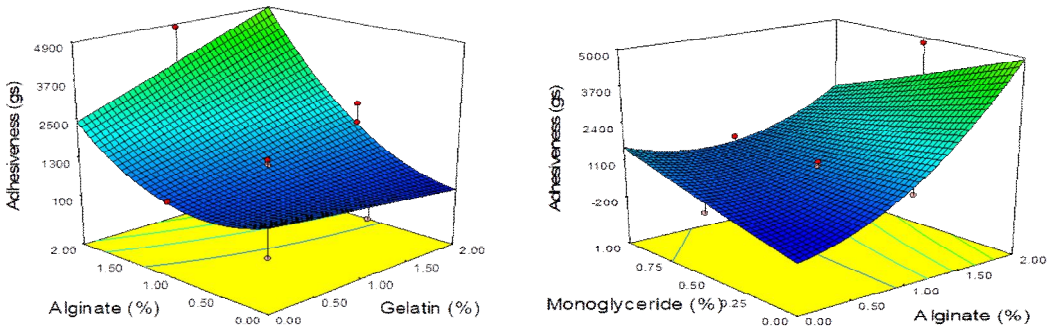

Fig 5 Response surface 3D plots for adhesion of low-fat butter as a function of gelatin, sodium alginate and monoglyceride

۳-٤- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر شاخص های رنگی

با توجه به نتایج، مونوگلیسرید بیشترین تاثیر را بر مولفه روشنی ظاهری نمونه های کره داشته و باعث افزایش L* در نمونه های کره شده است. افزودن هیدروکلوئیدهای آلژینات سدیم و ژلاتین منجر به کاهش میزان این مولفه رنگی گردیده است. طبق نتایج بیشترین میزان مولفه L* در بین همه تیمارها به تیمار شماره ۱۳ و ۱۹ تعلق داشت که به ترتیب برابر ۹۳/٦۰ و ۹۳/۵۲ اندازه گیری گردید وکمترین میزان مولفه روشنی ظاهری که برابر ۸٤/٤۸ و ۸۵/۹۰ بود نیز به تیمارهای ۹ و ۱۰ تعلق داشتند که فاقد امولسیفایر و حاوی بیشترین مقدار آلژینات و ژلاتین می باشد. نمونه شاهد نیز با میزان مولفه روشنایی برابر ۸٦/۰٤ جزو کدرترین نمونه ها به شمار می آید که اختلاف قابل ملاحظه ای با تیمارهای ۹ و ۱۰ ندارد. علت این تغییرات را میتوان به ماهیت ترکیبات مربوط دانست به طوریکه مونوگلیسرید احتمالا باعث پخش شدن یکنواخت قطرات فاز آبی در فاز روغنی و اجتناب از به هم پیوست آن ها و تشکیل امولسیون شیری رنگ می شود در حالیکه پایدار کننده ها با افزایش میزان ماده خشک و تشکیل ژل سبب کدورت محیط می گردند.

در مورد مولفه قرمزی (a*) می توان گفت که ژلاتین و آلژینات سبب افزایش قرمزی در نمونه های کره کم چرب شده است در حالیکه روند تاثیر گذاری مونوگلیسرید بر عکس بود و باعث کاهش میزان مولفه قرمزی تیمارها گردیده است. تغییرات عددی مولفه قرمزی در محدوده ۱۲/۲- برای نمونه شاهد الی ۱٦/۹۳- برای تیمار ۱۹ بود. میزان مولفه a* در تیمار شماره ۹ نیز که حاوی بیشترین مقدار پایدار کننده و فاقد امولسیفایر می باشد برابر ۱۲/۳۸- بود که با نمونه کنترل اختلاف معنی داری نداشت و جزو تیمارهایی با بالاترین مقدار مولفه قرمزی بود. در بین مولفه های رنگی، شاخص زردی (b*) نسبت به دو متغیر دیگر کمتر تحت تاثیر متغیرهای فرایند قرار گرفته است و آلژینات سدیم تا غلظت ۱ درصد تاثیر مثبتی بر افزایش زردی نمونه های کره شده است ولی افزایش غلظت این ترکیب تا مقدار ۲ درصد سبب کاهش میزان این شاخص رنگی شده است. بدین ترتیب بیشترین میزان مولفه b* و در نتیجه شاخص زردی (yellowness index) که به ترتیب برابر ۸٦/٦۵ و ۱٤۳/۸٦ بود به نمونه شاهد تعلق داشت و با افزودن مواد پایدار کننده به فرمولاسیون کره کم چرب از میزان زردی نمونه ها کاسته شد بطوریکه کمترین مقدار

آن در تیمار ٦ اندازه گیری شد که به ترتیب برابر ٦٣/٦ و ٩٧/٨٦ به دست آمد. مصرف کنندگان کره هایی با رنگ زردتر را ترجیح می أهند و به این منظور در صنعت نیز جهت پاسخگویی به این تقاضا، بتاکارتن بصورت افزودنی نیز به فرمولاسیون کره اضافه می گردد. بنابراین میتوان گفت که هر چه متغیرها سبب تغییر کمتر رنگ زرد نسبت به نمونه شاهد گردد بهتر است ولی در کره کم چرب به دلیل کاهش چربی و افزودن آب و مواد بی رنگ و یا رنگی متفاوت ممکن است این حالت زردی روبه کاهش باشد که اضافه کردن بتاکاروتن به کره های کم چرب یک اولویت می باشد.

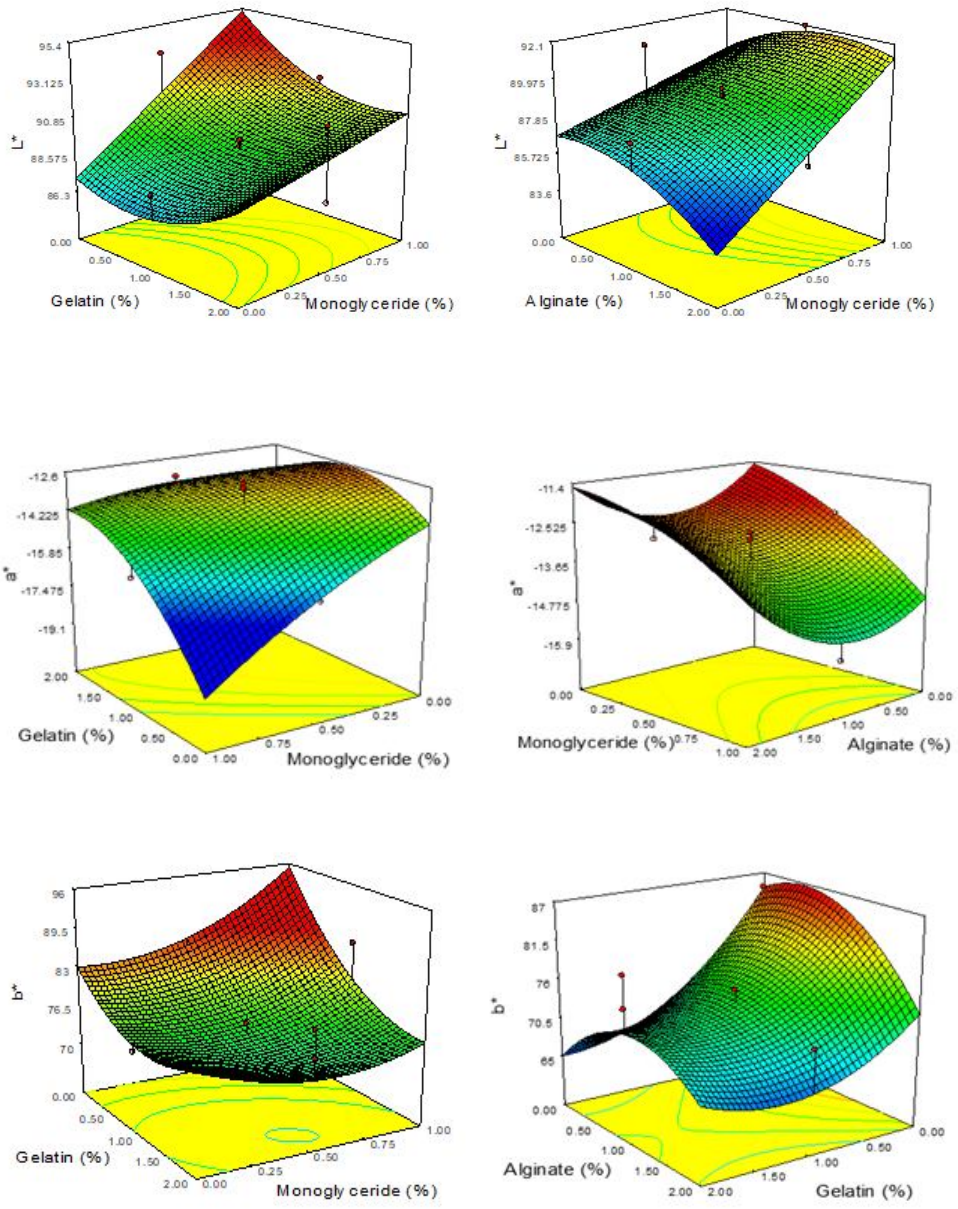

Fig 6 Response surface 3D plots for L*, a* and b* indices of low-fat butter as a function of gelatin, sodium alginate and monoglyceride

۳-۵- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر ویژگی های حسی

در این پژوهش در ابتدا از ارزیابان خواسته شد بدون اینکه نمونه های کره را لمس یا مزه کنند نظر خود را در باره رنگ و وضعیت ظاهری نمونه‌ها بیان کنند. نتایج نشان داد که در بین تیمارها نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی داری وجود ندارد. میانگین امتیاز داوران به وضعیت ظاهری نمونه ها برابر ٤ بود و بیشترین امتیاز به تیمارهای شماره ۱۳، ۱۸، ۱۰ و ۱۱ که به ترتیب برابر ٤/۸۵، ٤/۸، ٤/۷۵ و ٤/۷۵ تعلق داشت.

در خصوص نرمی بافت و گسترش پذیری مشاهده شد که با افزایش ژلاتین و آلژینات سدیم به فاز آبی تا غلظت ۲ درصد، بر امتیاز نرمی بافت نمونه های کره افزوده شده است مونوگلیسرید نیز موجب افزایش نرمی بافت نمونه های کره شد بطوریکه تیمار ۲۰ (حاوی ۰/۵ درصد امولسیفایر، ۲ درصد ژلاتین و ۱ درصد آلژینات) حائز بیشترین امتیاز نرمی بافت (برابر ٤/۷۵) و نمونه شاهد کمترین امتیاز نرمی بافت (برابر۲/۲۵) را دریافت نمود. بنابراین بطورکلی نتایج نشان داد که با افزایش نسبت آب به کره میزان نرمی و گسترش پذیری نمونه ها افزایش یافته است. میزان گسترش پذیری محصول کاملا متاثر از میزان نرمی آن بوده و هرچه محصول نرم تر باشد نیروی کمتری برای گستردن آن لازم بوده و گسترش پذیرتر است. لذا می توان گفت که با افزایش درصد کره، گسترش پذیری محصول کاهش می یابد.

در مورد پارامتر مهم پذیرش توسط مصرف کنندگان که طعم و مزه می باشد نتایج نشان داد که نمونه‌های کره کم چرب تولیدی امتیاز طعم و مزه بالاتری نسبت به نمونه شاهد دریافت نمودند. افزایش غلظت ژلاتین و آلژینات تاثیر قابل توجهی بر افزایش طعم کره نداشته است اگرچه این روند افزایشی بوده و بطور کلی نقش مثبتی داشته است و این نشان می دهد که بهبود طعم کره کم چرب حاوی این ترکیبات وابستگی زیادی به غلظت ندارد. در مورد مونوگلیسرید نیز بعنوان یکی امولسیفایر مشاهده می شود که مشابه مواد پایدارکننده با افزایش غلظت آن شیب نمودار افزایش چندانی نشان نمی دهد (شکل ۷). بنابراین طبق نتایج بیشترین امتیاز طعم و مزه به تیمار شماره ۲۰ و سپس تیمار ۱۰ تعلق داشت که به ترتیب برابر ٤/۸۵ و ٤/۷۵ بود که در مقایسه با نمونه شاهد با امتیاز طعم ۲/۷ در سطح بالاتری قرار دارند. با در نظر گرفتن نتایج حاصل از امتیازهای داوران حسی، می توان این نتیجه را بیان داشت که تیمارهای ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۲۰ به ترتیب با امتیاز ٤/٦۷، ٤/۷، ٤/٦۸ و ٤/۵ بیشترین امتیاز پذیرش کلی را دریافت کردند که در مقایسه با نمونه شاهد قابل توجه می باشد.

۳-٦- تعیین فرمولاسیون بهینه

طبق نظر بورلینگ و همکاران (۲۰۰۵) برای اینکه محصول نهایی دارای خصوصیاتی مشابه با کره باشد بایستی در دمای محیط گسترش پذیری مناسبی داشته، پس دهی آب نداشته باشد و بافت آن خامه ای و بدون ساختار کریستالی و شنی باشد. از نظر احساس دهانی نیز، در دهان به خوبی ذوب شده و چسبنده نباشد همچنین طعم و مزه نامطلوب نیز در دهان بر جا نگذارد [۱۹]. با در نظر گرفتن این شرایط و لحاظ کردن نتایج آزمون های انجام گرفته، فرمول بهینه با بالاترین مطلوبیت (۰/۷۲)، با استفاده از ۱/۵۸ درصد ژلاتین، ۱/۸٦ درصد آلژینات سدیم و ۰/٦۵ درصد امولسیفایر مونوگلیسرید بدست آمد.

٤- نتیجه گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می توان گفت که با کاهش درصد کره و جایگزینی آن با آب و هیدروکلوئیدهای ژلاتین و آلژینات سدیم به عنوان جایگزین چربی در کنار مونوگلیسیرید به عنوان پایدار کننده امولسیون امکان کاهش میزان چربی کره به ۵۰ درصد وجود دارد. محصول تهیه شده صرف نظر از تاثیرات مطلوب تغذیه ای، قابلیت گسترش پذیری خوبی داشته و در مقایسه با کره پر چرب از سوی ارزیابان حسی، امتیاز بالاتری را نیز کسب کرد. این ترکیبات توانستند به نحو موثری اثرات نامطلوب کاهش چربی را بر ویژگی های ذوب، بافت و پارامترهای حسی کره تقلیل دهند و به عنوان فرمول بهینه برای تهیه کره کم چرب به صنعت توصیه شوند.

۵- منابع

[1] Bagheri, F., Radi, M., Amiri, S. 2018. Evaluating the function of cross-linked rice starch as a fat replacer in low fat cream. International journal of dairy technology, 71,

981-991.
[2] Brassard, D., Tessier-Grenier, M., Allaire, J., Rajendiran, E., She, Y., Ramprasath, V., et al. 2017. Comparison of the impact of SFAs from cheese and butter on cardiometabolic risk factors: a randomized controlled trial. American journal of clinical nutrition, 105, 800-809.
[3] Hartigh, L. 2019. Conjugated Linoleic Acid Effects on Cancer, Obesity, and Atherosclerosis: A Review of Pre-Clinical and Human Trials with Current Perspectives. Nutrients, 11, 370-379.
[4] rezvani, F., Abbasi, H., Nourani, M. 2020. Effects of protein–polysaccharide interactions on the physical and textural characteristics of low-fat whipped cream. Journal of food processing and preservation, 44, e 14743.
[5] Azizi, S., Mortazavi, A., Shaffafi Zonozian, M., Hoshmand Dalir, M. 2016. Evaluation of the effect of soy protein isolate and Salab gum on physicochemical and sensory properties of low fat cream. Journal of innovation in food science and technology, 4, 9-18.
[6] Gholamhosseinpour, A., Mazaheri Tehrani, M. 2011. The Use of Milk Protein Concentrate (MPC-85) in the Production of Low-Fat Cream and Study Its Physicochemical and Sensory Properties. Iranian food science and technology research journal, 7, 172-178.
[7] Farahnaky, A., Safari, Z., Gorji, A., Mesbahi, G.R. 2011. Use of gelatin as a fat replacer for low fat cream production, Iranian journal of food science and technology, 8, 45-54.
[8] Mazaherinasab, M., Habibi Najafi, M., Razavi, M. 2012. Effect of application of two types of fat substitutes on physical, chemical and sensory properties of low-fat mozzarella cheese. Iranian Food Science and Technology, 8, 103-114.
[9] Ghanbari Shendi, E., Khosroshahi Asl, A., Mortazavi, A., Tavakulipor, H. 2012. Effect of xanthan gum on textural and rheological properties of Iranian low – fat white cheese. Iranian journal of food science and technology, 8, 35-45.
[10] Vahedi, N., Mazaheri Tehrani, M., Razavi, M. 2015. Investigation of the effect of different ratios of aqueous phase, proteins and emulsifiers on the rheological properties of low fat butter. Journal of Food Science and Technology, 48, Vol 12, 201-191.
[11] Torkashvand, Y., Mosavipoor, F., 2013. Investigation of double emulsion production to increase the stability of low fat butter. Journal of animal science and research, 11, 23-32.
[12] Sharma Khanal, B., Bhandari, B., Prakash, S., Liu, D., Zhou, P., Bansal, N. 2018. Modifying textural and microstructural properties of low fat Cheddar cheese using sodium alginate. Food hydrocolloid, 83, 97-108.
[13] Iranian National Standardization Organization, INSO 4887, 2015. Pasteurized butter Specifications and test methods.
[14] Iranian National Standardization Organization, INSO 637, 2016. Animal and vegetable fats and oils –Determination of melting point in open capillary tubes (slip point)
[15] Lopez, C., Bourgaux, C., Lesieur, P., Ollivon, M. 2007. Coupling of time-resolved synchrotron X-ray diffraction and DSC to elucidate the crystallisation properties and polymorphism of triglycerides in milk fat globules. Lait, 87, 459-480.
[16] Arango, O., Trujillo, A. J., Castillo, M. 2013. Influence of fat replacement by inulin on rheological properties, kinetics of rennet milk coagulation, and syneresis of milk gels. Journal of dairy science, 96, 1984-1996.
[17] Kumar, P., Mishra, H.N. 2004. Mango soy fortified set yoghurt: effect of stabilizer addition on physicochemical, sensory and textural properties. Food chemistry, 87, 501–507.
[18] Cheng, L.H., Lim, B.L., Chow, K.H., Chong, S.M., Chang, Y.C. 2008. Using fish gelatin and pectin to make a low-fat spread. Food hydrocolloids, 22, 1637-1640.
[19] Burling, H., Madsen, J. C., Frederiksen, H. K. 2005. Stabilizers useful in low fat spread production. International Patent classification A23D 7/005. Publication No. WO/2005/041677.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Feasibility of low fat butter production using Gelatin and Sodium-Alginate as a fat replacer

Soltani, Sh. [1], Roufegarinejad, L. [2]*, Hemmati, H. [3], Ashrafi Yorghanlu, R. [4]

1. M.Sc in Food Science and Technology, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran.
2. Associated Prof, Dept. of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran.
3. Instructor of Urmia Girls' Technical College, Technical and Vocational University of West Azerbaijan Province, urmia, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Urmia Girls' Technical School, West Azerbaijan University of Technology. urmia, Iran.

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2020/ 10/ 13
Accepted 2021/ 02/ 27

Keywords:

Sodium Alginate,
Gelatin,
Low-fat butter,
Monoglyceride .

DOI: 10.29252/fsct.18.06.06

*Corresponding Author E-Mail:
l.rofehgari@yahoo.com

ABSTRACT

Increasing public awareness of the effects of abusing high-fat products has prompted food producers to look for appropriate solutions to overcome this challenge. In this study, low-fat butter was prepared using gelatin and sodium alginate (0, 1, and 2%) and monoglyceride (0, 0.5, and 1%) using response surface statistical method and central composite design. Based on test results of texture, melting point, sensory and color evaluation, the optimal amount of fat substitutes was determined. The results showed that with a 50% reduction in butterfat in the presence of gelatin and sodium alginate, the melting point of low-fat butter samples increased from 20 to 30 ° C. Moreover, the moisture content of the samples decreased compared to the control sample. According to the results, monoglyceride had the greatest effect on the apparent brightness component of butter samples. Still, the addition of sodium alginate and gelatin reduced the brightness (L*) and increased redness (a*). Sensory evaluation of the samples also showed a high score of sensory properties of low-fat butter such as texture softness, spreadability, and product consistency compared to the control sample. The optimization results showed that using 1.58% gelatin, 1.86% sodium alginate, and 0.65% monoglyceride, it is possible to produce low-fat butter with a melting point and acceptable tissue properties along with desirable sensory properties.