نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۳۱۳-۳۰۴

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 9, No. 4, Winter 2014, p. 304-313

بهینه‌سازی فرمولاسیون کره کم‌چرب بر اساس ویژگی‌های حسی به روش سطح پاسخ

نفیسه واحدی[۱]- مصطفی مظاهری تهرانی[۲*]- سید محمدعلی رضوی[۳]- رسول کدخدایی[۴]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۶/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۹

چکیده

کره کم‌چرب امولسیون آب در روغنی است که از یک فاز پیوسته روغنی شامل کره، امولسیفایرها و ترکیبات رنگی و نیز یک فاز پراکنده آبی شامل آب، پایدارکننده‌ها و ترکیبات پروتئینی تشکیل شده است. در این پژوهش با تاکید بر کاربرد فراورده‌های پروتئینی خصوصا آرد کامل سویا، فراورده‌ای تولید شد که جدا از شباهت بسیار زیاد به کره، دارای خصوصیات حسی خوبی نیز بود. فاکتورهای اعمال‌شده شامل نسبت آب به کره، نسبت آرد سویا به کازئینات سدیم و میزان امولسیفایر بودند که تاثیر آنها بر ویژگی‌های حسی کره کم‌چرب شامل نرمی، گسترش‌پذیری، خرد شدن، سختی، چسبندگی، پیوستگی، سرعت ذوب، پوشش دهانی، حالت صمغی، آرومای کره‌ای، عطر و طعم سویا و در نهایت پذیرش کلی مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی فاکتورهای آزمایشی از روش سطح پاسخ در قالب طرح آزمایشی مرکب مرکزی استفاده شد. در نهایت با ارزیابی نتایج، فرمول بهینه‌ای که دارای نسبت آب به کره برابر با ۱/۰۳ (۵۰ درصد آب و ۴۸/۵ درصد کره)، نسبت آرد سویا به کازئینات سدیم برابر با ۱/۵۷ (۵ درصد آرد سویا و ۳/۲ درصد کازئینات سدیم) و میزان امولسیفایر برابر با ۰/۶۶ بود تعیین شد. محصول نهایی جدا از اثرات خوب تغذیه‌ای ناشی از محتوای پروتئینی و کاهش چربی، در دماهای پایین قابل گستردن بوده و خصوصیات پلاستیک کره در دمای محیط را نیز دارا بود.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی، امولسیون آب در روغن، خصوصیات حسی، کره کم‌چرب، آرد کامل سویا

مقدمه

هزاران سال است که انسان‌ها از حس‌های خود برای ارزیابی غذا استفاده می‌کنند. هر فرد اغلب از طریق حس بینایی، بویایی، چشایی و در حد کمتر لامسه، خوب و بد (سالم یا فاسد بودن) غذاها و آشامیدنی‌ها را تشخیص می‌دهد. با پیشرفت تمدن شهری و گسترش تجارت و فروش کالاها، اولین پایه‌های ارزیابی حسی غذا بنیان شد. در اوایل دهه ۱۹۰۰ بکارگیری داوران و مشاوران متخصص در شاخه‌های مختلف غذاها و آشامیدنی‌ها شروع شد. استانداردهای رتبه‌بندی فدرال ایالات متحده امریکا برای کره، اولین بار در سال ۱۹۱۳ پایه‌گذاری گردید (Drake *et al*., 2009).

داوری مبتنی بر برگه امتیاز[5] روشی مفید و عملی برای انجام ارزیابی حسی فراورده‌های لبنی است. برگه امتیاز لیست مرتبی از فاکتورهای موثر یا تشریح‌کننده کیفیت محصول است که در مقابل هر فاکتور ارزش‌های عددی قرار داده شده است. چینش فاکتورها در لیست اغلب به این صورت است که اول خصوصیات عطر و طعمی، سپس خصوصیات مرتبط با بافت و پیکره و در نهایت ویژگی‌های ظاهری و رنگ محصول آورده می‌شوند (Clark and Costello, 2009). پیش‌نیازهای کلی برای فراورده‌های گستردنی با کیفیت بالا نظیر کره و دیگر فراورده‌های گسترش‌پذیر عبارتند از: عطر و طعم و ظاهر مطلوب، عدم وجود ترکیبات مولد طعم نامطلوب، کیفیت خوب تولید، ذوب مطلوب، گسترش‌پذیری و عدم سوختن حین سرخ کردن (Bradley and Smukowski, 2009).

کره، همان‌طور که در لغتنامه وبستر[6] تعریف شده است، امولسیون زرد روشن و جامدی از روغن، هوا و آب است که از طریق چرخ‌کردن شیر یا خامه تولید شده و به‌عنوان غذا استفاده می‌شود. کره‌های کم‌چرب امولسیون‌های آب در روغنی هستند که از یک فاز پیوسته روغنی شامل ترکیب روغنی، امولسیفایرها و ترکیبات رنگی، یک فاز پراکنده آبی شامل آب، پایدارکننده‌ها و ترکیبات پروتئینی و نیز

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته دکتری، دانشیار و استاد گروه علوم و صنایع‌غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: mmtehrani@um.ac.ir)
۴- دانشیار پژوهشکده علوم و صنایع‌غذایی خراسان رضوی

5 - Scorecard

6 - Webster

افزودنی‌های دیگر شامل شیرین‌کننده‌ها، طعم‌دهنده‌ها، نگهدارنده‌ها و... تشکیل شده‌اند (Reissmann *and Milo*, 1983). بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۰۸۴، کره‌های گسترش‌پذیر بر حسب میزان چربی به چند دسته تقسیم می‌شوند: کره کم‌چرب با محتوای چربی ۴۰-۱۰ درصد، کره نیم‌چرب با محتوای چربی بیشتر از ۶۰-۴۰ درصد و کره چرب با محتوای چربی بیشتر از ۶۰ و کمتر از ۸۰ درصد.

در تهیه کره کم‌چرب، معمولا اصل را بر جایگزینی بخشی از چربی کره با آب قرار می‌دهند و برای پایدارکردن آب اضافه‌شده از ترکیباتی نظیر پایدارکننده‌ها و امولسیفایرها استفاده می‌شود. تحقیقات متعددی برای تولید کره کم‌چرب صورت گرفته است. از آن جمله می‌توان به تولید کره خیلی کم‌چرب[1] به روش مبتنی بر حذف چربی کره از ترکیبات اولیه اشاره کرد (Todd, 2005). در پژوهش‌های مشابه دیگر، دانشمندان از هیدروکلوئیدهای مختلف و در مقادیر متنوع، برای پایدارسازی فاز آبی کره کم‌چرب بهره جستند (Alexa *et al.*, 2010 ؛ Izzo *et al.*, 1989 ؛ Moran and Hepburn, 1983 ؛ Reissmann *and* Milo, 1983 و Amer, 1981). استفاده از ترکیبات پلی‌ساکاریدی نظیر نشاسته در محصول باعث افزایش قوام، گسترش‌پذیری در دمای یخچال، افزایش ویسکوزیته فاز آبی و بالطبع پایداری آن از طریق ممانعت از تراوش آب، بهبود عطر و طعم محصول نهایی و در نهایت تولید محصولی با خصوصیات ارگانولپتیک خوب و پایدار از نظر میکروبی می‌گردد. (Bakal *et al.*, 1994 و Bodor *et al.*, 1986). پایدارکننده‌ها نیز با کنترل اندازه ذرات فاز آبی و تشکیل قطرات بزرگتر فاز آبی باعث بهبود خصوصیات عطر و طعمی می‌شوند (Tholl, 1994). Kim و همکاران (۲۰۰۵) از آنالیز توصیفی برای ارزیابی ویژگی‌های بافتی و عطر و طعم نوعی کره ترکیبی استفاده کرده و نتایج را با کره معمولی مقایسه نمودند. Jinjarak و همکاران (۲۰۰۶) نیز چندین نوع فرمولاسیون کره را از نظر ویژگی‌های حسی نظیر درخشندگی، نرمی، تخلخل، سختی، گسترش‌پذیری، سرعت ذوب و ... به روش ارزیابی توصیفی مورد مقایسه قرار دادند. کازئینات سدیم ترکیبی پروتئینی است که فعالیت سطحی بالایی داشته و امولسیون‌های نرمی را ایجاد می‌نماید (Courthaudon *et al.*, 1999). این دسته پروتئین‌ها در مقایسه با دیگر پروتئین‌های کروی ساختمان بی‌نظم‌تری داشته و آبگریزترند که ناشی از حضور پرولین زیاد و عدم حضور سیستئین در ساختمان آنهاست. این دو ویژگی همراه با وزن مولکولی نسبتا پایین آن، منجر به پخش سریع کازئین‌ها در سطح مشترک آب-روغن می‌شود (Dickinson, 1989). ترکیب پروتئینی متداول در صنعت لبنیات، کازئینات سدیم است که علیرغم وجود خصوصیات عملکردی خوب، به دلیل بالا بودن قیمت آن کمتر مورد استقبال واقع می‌شود.

پروتئین‌های سویا نیز دارای ویژگی‌هایی نظیر امولسیفیکاسیون، جذب آب و روغن، کنترل ویسکوزیته و بافت هستند (Endres, 2001). بکارگیری این دو ترکیب پروتئینی با یکدیگر باعث بهبود پایداری می‌شود (Damodaran, 2005). آرد سویا و نیز کازئینات سدیم معمولا برای ناپایدار کردن امولسیون در دهان و تاثیر متقابل بر عوامل امولسیفایری وارد سیستم می‌شوند و باعث افزایش اندازه قطرات فاز آبی شده و آزادسازی طعم نیز بیشتر می‌شود (Tholl, 1994).

هدف از این پژوهش، تولید و بهینه‌سازی فرمولاسیون محصولی با خصوصیات مشابه کره اما با محتوای چربی کمتر بود که برای نیل به این هدف از ترکیبات پروتئینی در فاز آبی استفاده شد. در این پژوهش با بکارگیری آرد کامل سویا در کنار کازئینات سدیم، با بررسی خصوصیات عملکردی این ترکیبات به دنبال کاهش هزینه‌های تولید نیز بودیم.

مواد و روش‌ها

مواد

آرد کامل سویا از شرکت فراورده‌های پروتئینی توس سویا (مشهد) و کازئینات سدیم از شرکت میلاد (نیشابور) تهیه شد. پایدارکننده‌ها شامل صمغ لوبیای لوکاست، کاراجینان و آلژینات سدیم، امولسیفایرها شامل مونو- دی گلیسرید و PGPR و نگهدارنده که بنزوات سدیم بود از شرکت سیگما آلدریچ تهیه شدند. دیگر ترکیبات بکار رفته شامل کره، نشاسته، شکر، نمک و وانیل از فروشگاه‌های محلی فراهم آمدند.

روش‌ها

روش تهیه کره کم‌چرب

به طورکلی برای تولید کره کم‌چرب ابتدا بایستی فاز آبی و روغنی را به طور جداگانه تهیه نمود. فاز روغنی از مخلوط روغنی همراه با امولسیفایرها تشکیل شده است. فاز آبی نیز شامل آب، ترکیبات پروتئینی یا ژلی، نمک، پایدارکننده‌ها و عوامل نگهدارنده و طعم‌دهنده می‌باشد. برای تهیه فاز روغنی، کره تا دمای حدود ۵۰ ċ گرم شده و پس از ذوب کامل آن امولسیفایرها به آن اضافه می‌شوند. برای تهیه فاز آبی، ابتدا آرد کامل سویا در آب ۸۰ ċ حل شده و به مدت ۵ دقیقه با دور ۳ میکسر FUMA JAPAN Model No.: FU-777 مخلوط می‌شود. سپس کازئینات سدیم نیز اضافه شده و همزدن ادامه می‌یابد تا مخلوط همگنی حاصل شود. در مرحله بعد دیگر ترکیبات شامل شکر، نشاسته، نمک، نگهدارنده و طعم‌دهنده اضافه شده و در نهایت پایدارکننده‌ها به آرامی اضافه می‌شوند. پس از اطمینان از مخلوط‌شدن کل مواد، فاز روغنی ذوب‌شده به آرامی به فاز آبی در حال همزدن

1 - Light butter

اضافه می‌شود و عملیات هم‌زدن تا رسیدن به یک ساختار یکنواخت ادامه می‌یابد. پس از ایجاد دیسپرسیون آب و مخلوط روغنی، دمای آن از دمای اولیه مخلوط‌کردن (حدود^{o}C ۵۵) تا دمایی کمتر از دمای جامدشدن روغن موجود (حدود ^{o}C ۲۵)، کاهش داده می‌شود. دیسپرسیون سرد برای مدت مشخصی در دمای موردنظر می‌ماند تا این اطمینان حاصل شود که کل چربی به صورت جامد درآمده است.

آزمون‌ها

به منظور تعیین اثر فرمولاسیون‌های مختلف بر ویژگی‌های حسی و پارامترهای کیفی کره کم‌چرب، صفات حسی متعددی تعریف شده و از داوران حسی آموزش‌دیده خواسته شد بر اساس تعریف هر یک از صفات، نمونه‌های کره کم‌چرب را مورد ارزیابی قرار دهند.

صفات حسی مورد بررسی عبارت بودند از: نرمی[1]، گسترش‌پذیری[2]، خرد شدن[3]، چسبندگی[4]، پیوستگی[5]، سرعت ذوب[6]، پوشش دهانی[7]، حالت صمغی[8]، آرومای کره‌ای[9]، عطر و طعم سویا[10] و در نهایت پذیرش کلی[11] که هر کدام دارای تعاریف و روش آزمون منحصر به فردی بودند (جدول ۱). داوران حسی ۷ نفر (۳ زن و ۴ مرد) بوده و از بین دانشجویان صنایع‌غذایی دانشکده کشاورزی انتخاب شده بودند. برای انتخاب داوران، پارامترهایی نظیر در دسترس بودن ارزیاب‌ها، علاقه‌مندی به شرکت در تحقیق، عدم بیزاری یا آلرژی به کره، توانایی درک طبیعی و نداشتن اشتهای زیاد به کره، آشنایی با آزمون‌های حسی و دقت در ارزیابی حسی فراورده‌های غذایی ملاک عمل قرار گرفتند. گروه ارزیاب در تعیین ویژگی‌های بافتی به روشی که Szczesniak (۲۰۰۲) معرفی کرده است، آموزش دیدند. آموزش اعضا ی پنل شامل بحث روی اصطلاحات علمی مورد استفاده و تعاریف حسی آنها بود. نمونه‌ها با استفاده از کدهای تصادفی سه رقمی شماره‌گذاری شده و با اختصاص دو کد سه رقمی برای هر نمونه، عملا دو تکرار در آزمون‌های حسی لحاظ شد. برای امتیازدهی صفات حسی از روش توصیفی استفاده شد که داوران میزان مطلوبیت هر صفت را روی مقیاس‌های خطی به طول ۱۵۰ میلی‌متر که از هر طرف آن ۱۲/۵ میلی‌متر به‌عنوان حد بالا و پایین جدا شده بود، مشخص می‌نمودند (Kim *et al.*, 2005). برای تعیین میزان مطلوبیت هر صفت، نظر کلی داوران راجع به حد بهینه هر یک از صفات در نظر گرفته شد.

طرح آماری

برای تعیین مقادیر بهینه اجزاء در فرمولاسیون کره کم‌چرب، از روش سطح پاسخ در قالب طرح آزمایشی مرکب مرکزی[12] و نرم‌افزار Design-Expert (نسخه 8.0.7.1) استفاده شد. فاکتورهای تعریف‌شده در این پژوهش شامل مقدار کره از ۵۰–۳۵ درصد؛ مقدار آب از ۵۵–۴۰ درصد؛ مقدار آرد کامل سویا از ۶–۴ درصد؛ مقدار کازئینات سدیم از ۴–۲ درصد و مقدار امولسیفایرها از ۰/۷–۰/۴ درصد بودند. برای تعیین میزان آب و کره و نیز آرد کامل سویا و کازئینات سدیم از نسبت بین آنها استفاده شد؛ به این ترتیب که تیمارهای اصلی در این دو مورد به صورت نسبت آب به کره در دامنه ۱/۲۵–۰/۶۳ درصد و نسبت آرد کامل سویا به کازئینات سدیم در دامنه ۳–۱ درصد تعریف شدند. در نتیجه اجزای ترکیب شامل نسبت آب به کره (۱/۲۵–۰/۶۳ درصد)، نسبت آرد کامل سویا به کازئینات سدیم (۳–۱درصد) و امولسیفایر (۰/۷–۰/۴درصد) بودند. فرمول‌های ارائه‌شده توسط نرم‌افزار ۲۰ حالت بود که در جدول ۲ آمده است. برای بهینه‌یابی فرمول نهایی با توجه به اهمیت هر صفت در کیفیت محصول نهایی، مقدار بهینه یا مطلوب هر صفت تعیین شد. برای مثال، در مورد گسترش‌پذیری، نرمی، آرومای کره‌ای و پذیرش کلی حداکثر امتیاز درنظر گرفته شد اما برای صفاتی نظیر خرد شدن، چسبندگی و تخلخل حداقل امتیاز را به‌عنوان هدف در نظر گرفتیم.

نتایج و بحث

نرمی

با توجه به نتایج، نمونه ۱۰ حائز بیشترین امتیاز نرمی (۱۳/۸) و نمونه ۵ حائز کمترین امتیاز نرمی (۵/۳۱) شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۱– الف مشاهده می‌شود با افزایش نسبت آب به کره، میزان نرمی نمونه افزایش یافته است. از این حیث، در بین کلیه نمونه‌ها، نمونه ۱۰ دارای بالاترین نسبت آب به کره و نمونه ۵ دارای کمترین این نسبت بوده است. Wong و Theurer (۱۹۹۵) با تولید کره بادام‌زمینی دریافتند که هرچه میزان روغن محصول کم‌تر باشد نرمی محصول کمتر است که عدم تطابق این یافته با نتیجه حاصل از پژوهش حاضر ناگزیر ناشی از بالابودن درصد مواد جامد موجود در مغز دانه مورد استفاده در کره بادام‌زمینی است. بکارگیری هیدروکلوئیدها در محصول، خصوصا صمغ لوبیای لوکاست نیز باعث نرم‌تر شدن محصول می‌شود (Moran, 1978).

1- Smoothness
2- Spreadability
3- Crumbling
4- Adhessiveness
5- Cohessiveness
6- Melting Rate
7- Mouth Coating
8- Gumminess
9- Butter Flavor
10- Soy flavor
11- Overall Acceptance

12- Central Composite Design

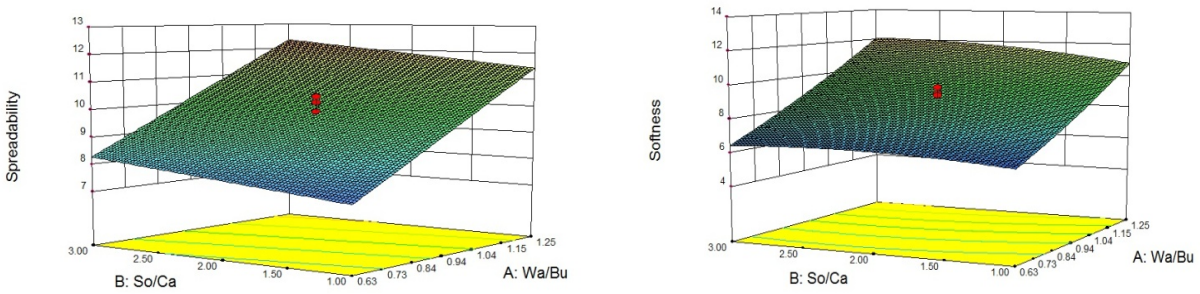
جدول ۱- تعاریف صفات حسی مورد آزمون (Jinjarak *et al.*, 2006 و Kim *et al.*, 2005)

صفت	تعریف
نرمی	نرم بودن فضای سطحی نمونه بدون بسته‌بندی
گسترش‌پذیری	سهولت گستردن ۱ سانتی‌متر مکعب نمونه روی نان تست
خرد شدن	میزان خشک‌بودن نمونه و ازهم پاشیدن آن پس از برش با قاشق
چسبندگی	میزان چسبیدن نمونه به قاشق پس از برش نمونه با قاشق
پیوستگی	میزان حفظ ساختار نمونه پس از ۵ مرتبه اعمال فشار در دهان
سرعت ذوب	سرعت تغییر حالت نمونه از جامد به مایع در شرایط دهانی؛ میزان ذوب نمونه پس از ۵ مرتبه اعمال فشار
پوشش دهانی	مقدار پوشش دهانی باقیمانده پس از بلع
حالت صمغی	میزان انرژی مورد نیاز برای خرد کردن و جویدن نمونه جهت بلع
تخلخل	تعداد و اندازه حفرات موجود در سطح نمونه
آرومای کره‌ای	میزان دریافت آرومای کره تازه از نمونه
عطر و طعم سویا	میزان دریافت بوی سویا از نمونه

جدول ۲- ترکیب فرمول‌ها در کره کم‌چرب در طرح مرکب مرکزی

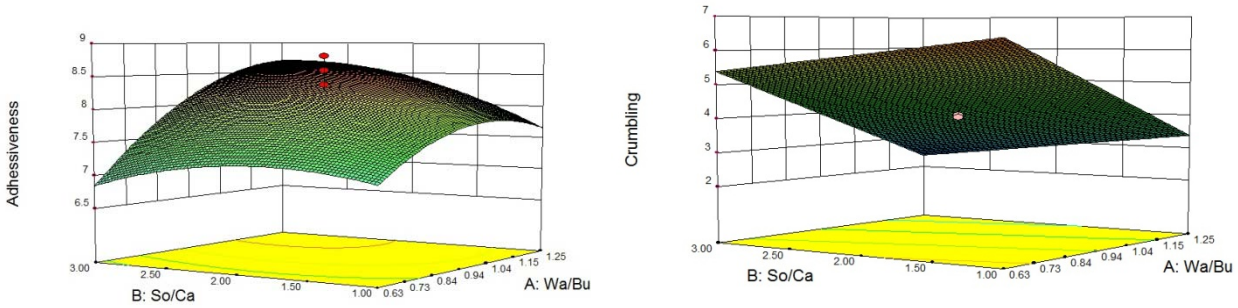
فرمول	فاکتور ۱	فاکتور ۲	فاکتور ۳
	A : نسبت آب به کره	B : نسبت آرد سویا به کازئینات سدیم	C : امولسیفایر
۱	۰/۹۴	۲	۰/۸
۲	۰/۹۴	۲	۰/۵۵
۳	۰/۶۳	۱	۰/۷۰
۴	۰/۹۴	۰/۳۲	۰/۵۵
۵	۰/۴۲	۲	۰/۵۵
۶	۰/۶۳	۳	۰/۴۰
۷	۰/۹۴	۲	۰/۵۵
۸	۰/۹۴	۲	۰/۵۵
۹	۱/۲۵	۳	۰/۷۰
۱۰	۱/۴۶	۲	۰/۵۵
۱۱	۱/۲۵	۱	۰/۴۰
۱۲	۰/۹۴	۲	۰/۵۵
۱۳	۱/۲۵	۳	۰/۴۰
۱۴	۰/۹۴	۲	۰/۵۵
۱۵	۰/۹۴	۲	۰/۵۵
۱۶	۰/۶۳	۱	۰/۴۰
۱۷	۰/۹۴	۲	۰/۳۰
۱۸	۰/۶۳	۳	۰/۷۰
۱۹	۰/۹۴	۳	۰/۵۵
۲۰	۱/۲۵	۱	۰/۷۰

با توجه به اینکه فرمولاسیون محصول حاوی ترکیبات پروتئینی محلول در آب است، با افزایش درصد آب میزان انحلال پروتئین‌ها نیز افزایش یافته و ساختار محصول نهایی از نرمی بالاتری برخوردار می‌گردد. دلیل دیگر کاهش نرمی با افزایش درصد کره را می‌توان در این دانست که برای رسیدن به نرمی مطلوب در کره، باید دمای محصول به دمای اتاق و یا بالاتر از آن برسد و با توجه به اینکه دمای محصول برای آزمون‌های حسی حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد بوده است، نرمی کره کم‌چرب خیلی متاثر از درصد کره موجود در آن نبوده است. عملیات خرد کردن و هموژنیزاسیون محصول نیز تاثیر بسزایی در افزایش نرمی محصول دارند (Wong and Theurer, 1995).



(الف) (ب)

شکل ۱- تاثیر نسبت آب به کره و آرد سویا به کازئینات سدیم بر (الف) نرمی و (ب) گسترش‌پذیری کره کم‌چرب



(الف) (ب)

شکل ۲- تاثیر نسبت آب به کره و آرد سویا به کازئینات سدیم بر (الف) خردشدن و (ب) چسبندگی کره کم‌چرب

گسترش‌پذیری

با درنظر گرفتن نتایج ارزیابی حسی داوران، مشخص می‌شود که نمونه ۵ دارای کمترین (۶/۶۹) و نمونه ۱۰ دارای بیشترین نمره (۱۳/۳) می‌باشند. همان‌طور که در شکل ۱- ب نیز مشاهده می‌شود با افزایش نسبت آب به کره گسترش‌پذیری افزایش یافته است. میزان گسترش‌پذیری محصول کاملا متاثر از میزان نرمی آن بوده و هرچه محصول نرم‌تر باشد نیروی کمتری برای گستردن آن لازم بوده و گسترش‌پذیرتر است. لذا می‌توان گفت که با افزایش درصد کره، گسترش‌پذیری محصول کاهش می‌یابد. Wong و Theurer (۱۹۹۵) نیز پس از تولید کره بادام‌زمینی به این نتیجه دست یافتند که هرچه میزان روغن در بافت کره بادام‌زمینی کمتر باشد، بافت، گسترش‌پذیری و آرومای محصول مناسب‌تر خواهد بود. Kim و همکاران (۲۰۰۵) نیز دریافتند که کره ترکیبی در مقایسه با کره معمولی گسترش‌پذیری بهتری در سرما دارد.

خرد شدن

با توجه به نتایج امتیازات داوران حسی، بیشترین نمره خردشدگی مربوط به نمونه ۵ (۷) و کمترین آن مربوط به نمونه ۱۰ (۱/۶۷) بود. با بررسی شکل ۲- الف نیز می‌توان این مطلب را بیان نمود که افزایش نسبت آب به کره و نیز آرد سویا به کازئینات سدیم باعث کاهش چشمگیری در خردشدن می‌شوند. با بررسی اجزاء فرمولاسیون این دو نمونه این‌گونه دریافت می‌شود که علیرغم یکسان بودن درصد پروتئین در این دو فرمول، کمتر بودن میزان آب در نمونه ۵ باعث بروز عدم یکنواختی در ساختار محصول شده است، چراکه ذرات پروتئین بکاررفته نتوانسته‌اند به خوبی حل شده و آرایش منظمی را به خود بگیرند و این امر منجر به خرد شدن سریع محصول حین مصرف گردیده است. در کلیه نمونه‌هایی که از درصد بالایی آب برخوردار بوده‌اند، داوران حداقل نمرات خرد شدن را به آنها اختصاص داده‌اند که می‌توان انحلال کامل پروتئین‌ها در فاز آبی و ایجاد آرایش منظم مولکولی را موید این مطلب دانست.

Moran و Bodor (۱۹۸۱) دریافتند که قطرات کوچک آب در صورت عدم ترکیب با هیدروکلوئیدها، به‌راحتی باعث جداشدن آب می‌شوند و در طی دوره نگهداری و نیز حین مصرف باعث ازهم پاشیدن نمونه و بروز ظاهر خرده‌خرده می‌شوند. بکارگیری کره در فرمولاسیون کره کم‌چرب باعث ایجاد قوام مطلوب در محصول می‌شود. همچنین Voss و Rogers (۱۹۶۸) بیان داشتند که چربی

موجود در کره حاوی مقدار زیادی کریستال‌های چربی آزاد و گلبول‌های چربی بزرگ است که باعث ایجاد قوام و بافت مطلوب در آنها می‌شود. اگرچه وجود مقادیر زیاد کریستال‌های چربی آزاد در کره باعث ایجاد شکنندگی در آن می‌شود، اما این حالت در کره‌های کم‌چرب وجود ندارد که به دلیل حضور عوامل ژل‌دهنده در آنها می‌باشد.

چسبندگی

با بررسی امتیازات داوران حسی نمونه ۹ حائز بالاترین (۸/۸) و نمونه ۵ حائز پایین‌ترین (۶) نمرات شده‌اند. با درنظر گرفتن شکل ۲- ب نیز می‌توان بیان داشت که افزایش نسبت آب به کره باعث افزایش چسبندگی در نمونه‌ها شده است که این روند در مقادیر حداکثر، کمی کاهش نشان می‌دهد. افزایش چسبندگی در اثر افزایش میزان آب را می‌توان به افزایش تعداد پیوندهای تشکیل‌شده بین آب و ترکیبات پروتئینی نسبت داد.

عوامل ژل‌دهنده یا پایدارکننده‌های مورد استفاده بر میزان چسبندگی محصول تاثیرگذارند. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش Moran و Hepburn (۱۹۸۳) بکارگیری عوامل ژل‌دهنده 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. این پژوهشگران دریافتند که عوامل ژل‌دهنده با نقطه ذوب متوسط[1] نظیر کاراجینان، صمغ لوبیای لوکاست و گزانتان در پایداری و کیفیت خوب محصول تاثیرگذارند. این دسته ترکیبات سریع‌تر تشکیل 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.

پیوستگی

پیوستگی عبارتست از میزان حفظ ساختار نمونه پس از ۵ مرتبه اعمال فشار در دهان. با توجه به نتایج امتیازات داوران حسی، نمونه ۵ حائز بالاترین (۱۰) و نمونه ۹ حائز پایین‌ترین نمره (۶/۵۳) امتیاز پیوستگی شدند. همان‌طور که از شکل ۳- الف نیز استنباط می‌شود با افزایش نسبت آب به کره میزان پیوستگی نمونه‌های کره کم‌چرب کاهش یافته است.

وجود گروه‌های سولفهیدریل و دی‌سولفیدی در ساختمان پروتئین باعث تشدید پلیمریزاسیون از طریق واکنش‌های تبادلی سولفهیدریل- دی‌سولفید می‌شود. این فعل و انفعالات جدا از اینکه باعث جذب غیر قابل برگشت پروتئین به فضای بین سطحی می‌شوند ایجاد یک لایه شدیدا ویسکوالاستیک می‌نمایند که در برابر لخته‌شدن[2] مقاوم است.

1 -Medium-melting gelling agents
2 - Coalescence

اجزاء پروتئین که به‌صورت حلقه در فاز آبی معلق هستند باعث پایداری استری در برابر تجمع[3] و لخته‌شدن ذرات روغن می‌شوند. این پدیده علت پایداری فوق‌العاده زیاد امولسیون‌های حاوی کازئین است. محققان همچنین وجود اثر سینرژیستی بین پروتئین سویا و کازئینات سدیم را اثبات نموده‌اند که در آن حلقه‌های کازئینی به سمت فاز آبی متمایل شده و ایجاد پایداری استری می‌نمایند در حالی‌که پروتئین‌های کروی سویا باعث ایجاد ویسکوالاستیسیته می‌شوند (Damodaran, 2005).

سرعت ذوب

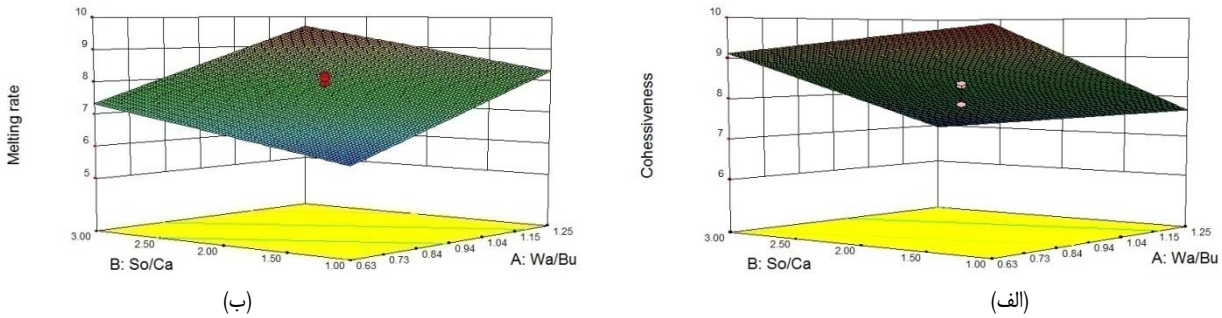
با بررسی امتیازات داوران حسی می‌توان گفت که نمونه ۵ کمترین (۵/۵) سرعت ذوب و نمونه ۱۰ بیشترین (۹/۸) سرعت ذوب را داشته‌اند. همان‌طور که از شکل ۳- ب برداشت می‌شود افزایش نسبت آب به کره و نیز نسبت آرد سویا به کازئینات سدیم، هر دو، باعث افزایش سرعت ذوب می‌شود. تاثیر افزایش درصد آب بر افزایش سرعت ذوب امری بدیهی است چرا که بلافاصله پس از قرار گرفتن نمونه در دهان، پروتئین‌های حل شده در فاز آبی آزاد شده و پس از آن فاز روغنی نیز در دمای دهان ذوب می‌گردد.

پایدارکننده‌های موجود در نمونه دارای اثر سینرژیستی با یکدیگر هستند. از جمله کاپا کاراجینان با صمغ لوبیای لوکاست اثر سینرژیستی داشته و باعث افزایش قدرت ژل و قابلیت اتصال با آب و نیز اصلاح ساختار ژل به سمت افزایش الاستیسیته و مقاومت می‌شود (Arda *et al.*, 2009). به‌طورکلی پایدارکننده‌ها باعث بهبود بافت، افزایش ذوب دهانی، کاهش چسبندگی، پایداری امولسیون آب در روغن و حفظ قوام سیال در کره‌های کم‌چرب می‌شوند (Amer, 1981 و Mccoy, 1982).

پوشش دهانی

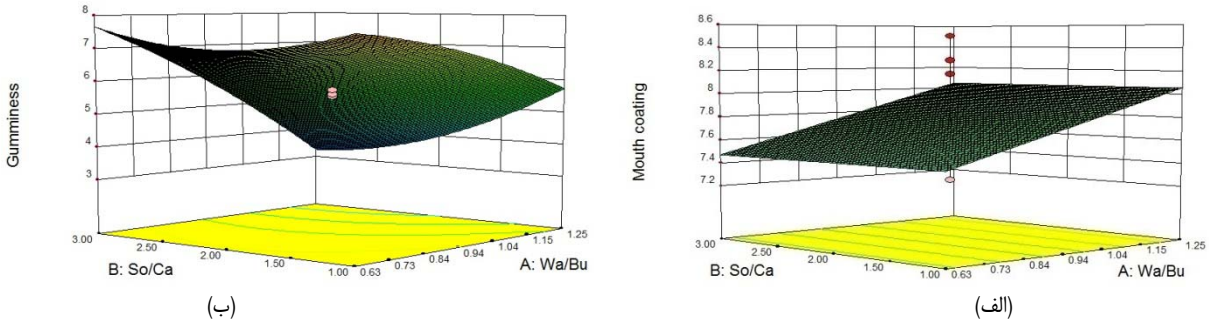
با بررسی نتایج امتیازات داوران حسی، می‌توان گفت که نمونه ۱۰ بالاترین (۸/۶) میزان پوشش دهانی و نمونه ۱۳ پایین‌ترین (۶/۹۳) امتیاز را در این زمینه کسب نموده‌اند. با در نظر گرفتن شکل ۴- الف نیز می‌توان بیان داشت که با افزایش نسبت آب به کره میزان پوشش دهانی افزایش یافته است. آب در فرمول معمولا به‌صورت ترکیب‌شده با دیگر اجزاء نظیر پروتئین‌هاست و با افزایش میزان آب، درصد این پیوندها نیز افزایش یافته و این امر می‌تواند دلیلی بر افزایش پوشش دهانی کره کم‌چرب تولیدی باشد. افزایش میزان آرد سویا و کازئینات سدیم و نیز میزان امولسیفایرها باعث افزایش پوشش دهانی شده است.

3 - Flocculation



(ب) (الف)

شکل ۳- تاثیر نسبت آب به کره و آرد سویا به کازئینات سدیم بر (الف) پیوستگی و (ب) سرعت ذوب کره کم‌چرب



(ب) (الف)

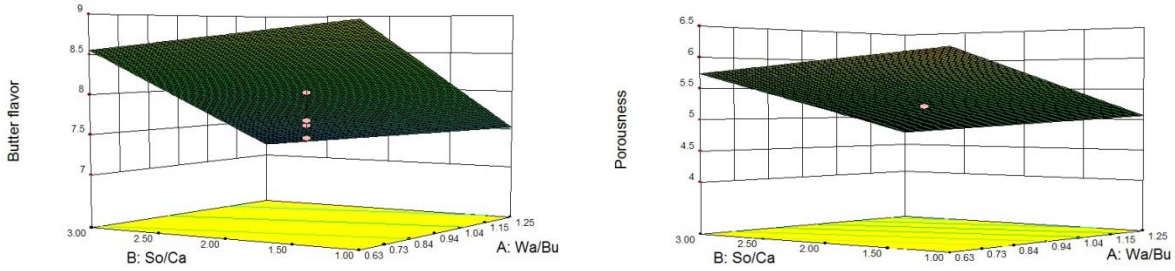
شکل ٤- تاثیر نسبت آب به کره و آرد سویا به کازئینات سدیم بر (الف) پوشش دهانی و (ب)صمغی بودن کره کم‌چرب

حالت صمغی

داوران حسی نمونه ۴ را دارای بیشترین (۸/۷) و نمونه ۱۳ را دارای کمترین (۲/۸۶) امتیاز صمغی‌بودن تشخیص دادند. در فرمولاسیون نمونه ۴، مقدار بسیار زیادی کازئینات سدیم وجود دارد. کازئینات سدیم به دلیل خاصیت امولسیفایری بسیار خوبی که دارد سریعا در سطح مشترک روغن- آب جذب شده و یک لایه تثبیت‌کننده اطراف قطرات روغن ایجاد می‌نماید که مانع از بروز پدیده تجمع یا لخته‌ای‌شدن در محصول می‌شود (Dickinson, 1989). تشکیل این لایه در اطراف قطرات روغن می‌تواند دلیلی بر افزایش حالت صمغی در نمونه باشد. با بررسی شکل ۴- ب نیز به این نتیجه می‌رسیم که با افزایش نسبت آب به کره، میزان صمغیت در حد چشمگیری کاهش می‌یابد. افزایش نسبت آرد سویا به کازئینات سدیم و نیز میزان امولسیفایرها کاهش ملایمی در صمغیت را به دنبال دارد. کره‌های با بافت صمغی تمایل به چسبیدن به سقف دهان را داشته و احساس آدامسی را در فرد ایجاد می‌کنند. این عیب در کره عمدتا ناشی از مقادیر بیش از حد بالای تری‌گلیسریدهای با نقطه ذوب بالاست که باعث سخت‌تر شدن چربی شیر شده و می‌توانند در گسترش‌پذیری کره دخالت نمایند (Bradley and Smukowski, 2009).

تخلخل

با بررسی امتیازات داوران حسی، می‌توان بیان داشت که از بین کلیه نمونه‌ها، نمونه ۹ کمترین (۴/۰۸) و نمونه ۱۶ بیشترین (۶/۵۷) نمره تخلخل را کسب نموده‌اند. نمونه ۹ حاوی ۵۰ درصد آب می‌باشد که این درصد بالای آب می‌تواند با ترکیب‌شدن با دیگر اجزاء، ساختمان یکنواختی را در محصول ایجاد نماید و بالطبع هوا اجازه ورود به ساختمان محصول را پیدا نمی‌کند و تخلخل کاهش می‌یابد. یکی از عوامل بروز تخلخل در محصول، ورود هوا به داخل ساختار محصول و ایجاد حباب‌هایی در سطح و درون محصول است. فرایند هم‌زدن نیز ممکن است تخلخل را باعث شود. در نمونه‌ای که میزان آب در آن بالا باشد، هوا نمی‌تواند به راحتی وارد ساختار محصول شود و این کاهش تخلخل را به دنبال دارد. با توجه به شکل ۵- الف می‌توان بیان داشت که با افزایش نسبت آب به کره و نیز آرد سویا به کازئینات سدیم میزان تخلخل کاهش یافته است که روند کاهشی در حالت اول شدیدتر بوده است. افزایش میزان امولسیفایرها نیز کاهش تخلخل را به دنبال داشته است. در امولسیون‌های آب در روغن امولسیفایرها باعث کاهش اندازه ذرات آب شده و این پدیده کاهش تخلخل را به دنبال دارد (Krog and Sparsø, 2004).



(ب) (الف)

شکل ۵- تاثیر نسبت آب به کره و آرد سویا به کازئینات سدیم بر (الف) تخلخل و (ب) آرومای کره‌ای کره کم‌چرب

آرومای کره‌ای

با بررسی امتیازات داوران حسی، مشخص می‌شود که نمونه ۵ بیشترین (۹/۶۹) و نمونه ۱۰ کمترین (۶/۶۷) امتیاز آرومای کره‌ای را کسب نموده‌اند که به ترتیب دارای درصد بالاتر و پایین‌تر کره در فرمول خود نیز بوده‌اند. همان‌طور که از شکل ۵- ب نیز استنباط می‌شود با افزایش نسبت آب به کره میزان آرومای کره‌ای کاهش می‌یابد که امری کاملا بدیهی به نظر می‌رسد.

عطر و طعم سویا

این صفت برای بررسی امکان تشخیص وجود سویا در نمونه‌ها مطرح شد. نتایج امتیازات داوران حسی نشان داد که نمونه ۳ دارای کمترین (۵/۷۱) و نمونه ۲۰ دارای بیشترین (۷/۹۳) عطر و طعم سویا تشخیص داده شدند. هر دو این نمونه‌ها دارای مقادیر یکسان آرد سویا بودند اما نمونه ۳ به دلیل بالاتر بودن میزان کره در آن، توانسته بود پوشش خوبی روی طعم سویا ایجاد نماید. در نمونه ۲۰ به دلیل بالاتر بودن میزان آب، گسترش ترکیب حاوی سویا در کل فرمول بیشتر بوده و بالطبع عطر و طعم سویا محسوس‌تر بود. با بررسی شکل ۶- الف مشخص می‌شود که افزایش نسبت آرد سویا به کازئینات سدیم باعث افزایش بروز طعم سویا در نمونه می‌شود. افزایش نسبت آب به کره نیز منجر به روند افزایشی عطر و طعم سویا در نمونه شده که همان‌طور که گفته شد به دلیل کاهش تاثیر کره در پوشش طعم سویا می‌باشد. افزایش میزان امولسیفایرها منجر به افزایش دریافت عطر و طعم سویا از نمونه‌ها شده است.

پذیرش کلی

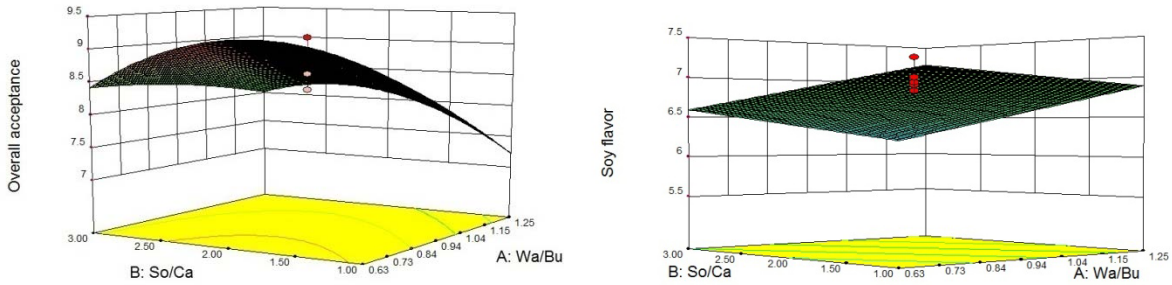
با در نظر گرفتن نتایج حاصل از امتیازهای داوران حسی، می‌توان این نتیجه را بیان داشت که نمونه ۴ کمترین امتیاز (۶/۸) و نمونه‌های ۳، ۱۸، ۵ و ۱۵ بیشترین (۹/۲۹ - ۹/۱۴) امتیاز پذیرش کلی را به‌دست آوردند. افزایش نسبت آب به کره باعث کاهش چشمگیر امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها گردید به‌طوری‌که بالاترین امتیاز پذیرش کلی را در پایین‌ترین نسبت آب به کره شاهد بودیم. در مورد نسبت آرد سویا به کازئینات سدیم، از کمترین مقدار آن تا حد میانه شاهد روند افزایشی و پس از آن تا رسیدن به حداکثر مقدار، شاهد روند کاهشی بودیم. می‌توان این نتیجه را بیان داشت که مقدار متوسط این نسبت از نظر داوران حسی مطلوبیت بیشتری داشته است. بکارگیری پروتئین‌ها در فاز آبی منجر به ناپایداری سریع امولسیون و آزادسازی آرومای محصول در دهان می‌شود (Izzo *et al*., 1989).

همان‌طور که در شکل ۶- ب مشخص است با افزایش میزان آب به کره، پذیرش کلی نمونه‌ها کاهش یافته است. بکارگیری مناسب عوامل ژل‌دهنده نظیر آلژینات، صمغ لوبیای لوکاست و نیز کاراجینان باعث ایجاد شرایط مطلوبی برای مصرف‌کننده گردیده است. مطابق نظر Reissmann و Milo (۱۹۸۳) استفاده همزمان از یک هیدروکلوئید مولد ساختمان ژلی خطی[1] و نیز هیدروکلوئید مولد ساختمان ژلی کره‌ای[2] باعث تولید کره کم‌چربی می‌شود که در شرایط نگهداری پایدار بوده و در شرایط دهان پایداری خود را از دست داده و ایجاد خصوصیات ذوبی مطلوبی را برای مصرف‌کننده می‌نماید. این محققان به ترتیب کاراجینان، آلژینات و نیز صمغ لوبیای لوکاست را مناسب این امر دانستند. همچنین Tholl (۱۹۹۴) بیان داشت که حضور هیدروکلوئیدها در فرایند تولید باعث کنترل بهتر اندازه قطرات فاز آبی پراکنده شده و درک طعم نیز بهتر می‌شود.

عملیات خردکردن نیز با تاثیر بر کوچک‌کردن اندازه ذرات باعث آزادسازی بیشتر عوامل مولد عطر و طعم می‌شود که این امر با نتایج حاصل از پژوهش Moran (۱۹۷۸) همخوانی دارد.

با افزایش میزان امولسیفایرها، پذیرش کلی نیز افزایش یافت. طبق یافته‌های محققان، حد معمول استفاده از امولسیفایرها در کره کم‌چرب ۰/۹- ۰/۸ درصد است (Amer, 1981). استفاده از امولسیفایرها در مقادیر بالا نامطلوب است چرا که بر خصوصیات ارگانولپتیک محصول تاثیر منفی می‌گذارد. این ترکیبات باعث شکسته‌شدن آهسته دیسپرسیون در دهان شده و بالطبع تاثیر نامطلوبی بر آزادسازی آروما دارند (Gupta and Platt, 1991 و Izzo *et al*., 1989).

1 - Linear gel structure
2 - Spherical gel structure



(ب) (الف)

شکل ٦- تاثیر نسبت آب به کره و آرد سویا به کازئینات سدیم بر (الف) عطر و طعم سویا و (ب) پذیرش کلی کره کم‌چرب

کره کم‌چرب با ویژگی‌های حسی بهینه دست یافت.

تعیین فرمولاسیون بهینه

طبق نظر Burling و همکاران (۲۰۰۵) برای اینکه محصول نهایی دارای خصوصیاتی مشابه با کره باشد بایستی موارد ذیل در آن صدق کنند: گسترش‌پذیری خوب و آسان در دمای ċ ۲۵–۵ و بدون بروز سینرزیس؛ احساس کرمی (خامه‌ای) بدون بروز ساختار شنی یا کریستالی؛ ذوب آسان در دهان بدون بروز احساس چسبندگی و طعم نامطلوب یا بد؛ تولید آسان و ارزان؛ دارا بودن حالت کره‌ای از نظر داوران حسی؛ و البته دارا بودن چربی بسیار کمتر در مقایسه با کره معمولی. با بررسی نتایج حاصل از آزمون‌ها، فرمول بهینه پیشنهادی توسط نرم‌افزار که دارای بالاترین مطلوبیت بود، دارای نسبت آب به کره برابر با ۱/۰۳ (۵۰ درصد آب و ۴۸/۵ درصد کره)، نسبت آرد سویا به کازئینات سدیم برابر با ۱/۵۷ (۵ درصد آرد سویا و ۳/۲ درصد کازئینات سدیم) و میزان امولسیفایر برابر با ۰/۶۶ بود. بر این اساس با بکارگیری این مقادیر می‌توان با اطمینان ۸۷ درصد به فرمولاسیون

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان گفت که با کاهش درصد کره و جایگزینی آن با آب و ترکیبات پروتئینی و هیدروکلوئیدی امکان تولید محصولی وجود دارد که جدا از اثرات خوب تغذیه‌ای، در دماهای پایین قابل گستردن بوده و خصوصیات پلاستیک کره در دمای محیط را نیز دارا می‌باشد. در صورت بالا بودن درصد پروتئین در محصول احتمال بروز طعم نامطلوب و یا بوی نامطبوع در محصول افزایش می‌یابد و همچنین هزینه تولید نیز در حد بسیار زیادی افزایش خواهد یافت. فراورده حاصل گسترش‌پذیر بوده و در دمای محیط از نظر فیزیکی پایدار است، دارای طعم کره‌ای است؛ احساس دهانی خوبی داشته، نرم است و چسبندگی بافت کمی دارد.

منابع

استاندارد ملی ایران، شماره ۱۰۰۸۴، کره اسپرید- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، ۱۳۸۶، چاپ اول.

Alexa, R., Mounsey, J., O'Kennedy, B., and Jacquier, J., 2010, Effect of k-carrageenan on rheological properties, microstructure, texture and oxidative stability of water-in-oil spreads. LWT - Food Science and Technology, 43: 843–848.

Amer, V., 1981, Low fat butter-like spread. United States Patents No. 4307125.

Arda, E., Kara, S., and Pekcan, Ö., 2009, Synergistic effect of the locust bean gum on the thermal phase transitions of k-carrageenan gels. Food hydrocolloids, 23: 451-459.

Bakal, A., Cash, P. and Eisenstadt, M., 1994, Low calorie low fat butter-like spread. United States Patents No. 5346716.

Bodor, J., Heslinga, L., Van Heteren, J., and De Vries, B., 1986, Edible water-in-oil emulsion spreads containing hydrated starch particles dispersed in the aqueous phase. United States Patents No. 4591507.

Bradley, R. L., and Smukowski M., 2009, Butter, In The Sensory Evaluation of Dairy Products, S. Clark et al., Editors. Springer Science and Business Media, NY, p. 135.

Burling, H., Madsen, J. C., and Frederiksen, H. K., 2005, Stabilizers useful in low fat spread production. International Patent classification A23D 7/005. Publication No. WO/2005/041677.

Clark, S., and Costello, M., 2009, Dairy Products Evaluation Competitions, In The Sensory Evaluation of Dairy Products, S. Clark et al., Editors. Springer Science and Business Media, NY, p. 43.

Courthaudon, J., Girardet, J., Campagne, S., Rouhier, L., Campagna, S., Linden, G., and Lorient, D., 1999, Surface active and emulsifying properties of casein micelles compared to those of sodium caseinate. International Dairy Journal, 9: 411-412.

Damodaran, S., 2005, Protein stabilization of emulsions and foams. Journal of Food Science, 70 (3): R54-R66.

Dickinson, E., 1989, Surface and emulsifying properties of caseins. Journal of Dairy Research, 56: 471-477.

Drake, M. A., Drake, S., Bodyfelt, F., Clark, S., and Costello, M., 2009, History of Sensory Analysis, In The Sensory Evaluation of Dairy Products, S. Clark et al., Editors. Springer Science and Business Media, NY, p. 1.

Endres, J. G., 2001, Soy protein products: characteristics, nutritional aspects, and utilization, Revised and expanded edition. AOCS Press, ISBN 1-893997-27-8, Champaign.

Gupta, B. B., and Platt, B. L., 1991, Low fat spread. United States Patents No. 4990355.

Izzo, H., Pincus, S., Theiler, J., and Cirigliano, M., 1989, Edible spread and process for the preparation thereof. United States Patents No. 4882187.

Jinjarak, S., Olabi, A., Jiménez-Flores, R., and Walker, H., 2006, Sensory, functional and analytical comparisons of whey butter with other butters. Journal of Dairy Science, 89: 2428-2440.

Kim, B. H., Shewfelt, R. L., Lee, H., and Akoh, C. C., 2005, Sensory evaluation of butterfat-vegetable oil blend spread prepared with structured lipid containing canola oil and caprylic acid. Journal of Food Science, 70 (7): 406-412.

Krog, N.,J., and Sparsø, F. V., 2004, Food emulsifiers: Their chemical and physical properties. Food emulsions, 4th edition, Marcel Dekker Inc. New York. p. 45.

Mccoy, S. A., 1982, Peanut butter stabilizer. United States Patents No. 4341814.

Moran, D., and Bodor J., 1981, Edible emulsions and process for their preparation. *United States Patents* No. 4305970.

Moran, D., and Hepburn J., 1983, Edible emulsions containing gelling agents. United States Patents No. 4414236.

Moran, D. P. J., 1978, Phase inverting low fat spreads. United States Patents No. 4115598.

Reissmann, H., and Milo, B., 1983, 25 To 65 wt. % fat content water-in-oil emulsion spread whose aqueous phase comprises a gelling system. United States Patents No. 4389426.

Szczesniak, A. S., 2002, Texture is a sensory property. Food Quality and Preference, 13(4), 215-225.

Tholl, G., 1994, Process for the production of low-calorie spreads. United States Patents No. 5352475.

Todd, M., 2005, Method of forming a light butter. United States Patents No. 6916499.

Voss, G. and Rogers, C., 1968, Process for making low fat spread. United States Patents No. 3366492.

Wong, V. Y. L., and Theurer, M. D., 1995, Process for making high protein and/or reduced fat nut spreads and product thereof which have desirable fluidity, texture and flavor. United States Patents No. 5433970.