

تولید کره کم کالری

Low-Calorie Butter Production

ماندانا زورمند*^۱، رضوان پوراحمد^۲

دریافت: ۱۴۰۰/۵/۱

پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۱۲

چکیده

تولید غذاهای کم کالری، طی سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققین و تولیدکنندگان قرار گرفته است. افراد مبتلا به بیماری‌های قلبی به طور مشخصی علاقمند به مصرف محصولات کم چربی می‌باشند. محصولی کم کالری تلقی می‌شود که میزان کالری آن در مقایسه با محصول اولیه به میزان ۲۵ درصد کاهش یافته باشد. در تولید محصولات کم کالری نیز توجه به نقش ترکیبات مؤثر بر میزان کالری محصول و شناخت مواد جایگزین مناسب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ترکیباتی که بطور مشخص بر پذیرش محصول از سوی مصرف‌کننده اثر می‌گذارند، چربی و شیرین‌کننده‌ها هستند. جایگزین نمودن چربی و کربوهیدرات به عنوان دو دسته از ترکیبات کالری در مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته است. میزان چربی کره کم کالری را می‌توان با استفاده از ترکیبات پروتئینی شامل کازئینات سدیم و آرد کامل سویا کاهش داد و خصوصیات حسی مطلوبی را در محصول ایجاد نمود. ترکیبات پروتئینی موجود در فرمولاسیون کره کم کالری در اثر تراکنش با آب باعث نرم شدن ساختار محصول می‌شوند. کاهش میزان چربی در فرمولاسیون کره کم کالری مستلزم افزایش میزان آب در آن است که برای پایداری آب اضافه شده از پایدار کننده‌ها استفاده می‌شود و در کنار آن امولسیفایرها نیز به فاز روغنی اضافه می‌شوند تا به تشکیل و حفظ امولسیون آب در روغن کمک کنند.

کلمات کلیدی: کره، کم کالری، جایگزین چربی، امولسیفایر، پایدار کننده.

۱- مقدمه

سازمان بهداشت جهانی (WHO) معتقد است، علاوه بر عامل ژنتیک. عوامل دیگر مانند رژیم غذایی و عدم تحرک موجب بروز چاقی می‌گردند (Burey et al. 2009). دلیل تولید محصولات کم کالری از جمله اهدافی است که طی

^۱ دانشجوی دکتری تخصصی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا، ایران

^۲ استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبه کننده: mandana.zormand@gmail.com

سالهای اخیر مورد توجه بسیاری از محققین و تولیدکنندگان قرار گرفته است. افراد مبتلا به بیماری‌های قلبی به طور مشخصی علاقمند به مصرف محصولات کم چربی می‌باشند. مطابق نظر کدکس (۲۰۰۳) محصولی کم کالری تلقی می‌شود که میزان کالری آن در مقایسه با محصول اولیه به میزان ۲۵ درصد کاهش یافته باشد (باباقصاب و عبدالملکی، ۱۳۹۹). در فرمولاسیون محصولات مختلف آگاهی از نقش ترکیبات موجود و اثر آنها بر محصول نهایی حائز اهمیت است در تولید محصولات کم کالری نیز توجه به نقش ترکیبات مؤثر بر میزان کالری محصول و شناخت مواد جایگزین مناسب از اهمیت ویژه ای برخوردار است. ترکیباتی که بطور مشخص بر پذیرش محصول از سوی مصرف کننده اثر می‌گذارند، چربی و شیرین کننده هستند. جایگزین نمودن چربی و کربوهیدرات به عنوان دو دسته از ترکیبات کالری را در مواد غذایی مورد توجه بسیاری از محققین و دست اندرکاران صنعت مواد غذایی قرار گرفته است. فرمولاسیون محصولات متنوعی مانند بیسکویت کم چربی، سس مایونز کم چرب، حلوا ارده کم چربی، پنیر دامبو کم چربی و ... توسط محققین صنایع غذایی مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- چربی‌ها و نقش آنها در ماده غذایی

۲-۱- نقش تغذیه‌ای

از نظر فیزیولوژیک، چربی‌ها دارای سه نقش اصلی در مواد غذایی هستند به عنوان منبعی از اسیدهای چرب ضروری عمل می‌کنند، به عنوان حاملین ویتامین‌های محلول در چربی محسوب می‌شوند و منبعی ضروری برای تأمین انرژی هستند. از نظر تغذیه ای تنها دو مورد اول به عنوان نقش‌های اصلی چربی‌ها مطرح هستند. زیرا اولاً ترکیبات غذایی دیگر از جمله پروتئین‌ها نیز قادر به تولید انرژی مورد نیاز بدن هستند و ثانیاً تغییر در شیوه زندگی انسان‌ها موجب کاهش میزان انرژی مورد نیاز آنها شده است. کاهش مقدار انرژی مورد نیاز از یک سو و ادامه روند معمول در تغذیه سبب بروز بیماری‌های مختلف از جمله بیماری‌های قلبی و عروقی در جامعه شده است (Ji et al. 2017).

۲-۲- نقش‌های فیزیکی و شیمیایی

نقش‌های فیزیکی و شیمیایی چربی‌ها در محصولات غذایی را می‌توان تحت یک دسته ویژگی بررسی کرد زیرا ماهیت شیمیایی چربی‌ها کم و بیش ویژگی‌های فیزیکی آنها را تعیین می‌کند. بنابراین چربی بر روی ویژگی‌های فیزیکی ماده غذایی مثلاً ویسکوزیته و گسترش پذیری و نیز بافت آن مؤثر بوده و همچنین خواصی نظیر رفتار محصول طی فرآوری

(مانند پایداری حرارتی، ویسکوزیته، کریستاله شدن و ویژگی‌های هوادهی، ویژگی‌های پس از فرآوری مانند حساسیت به برش، چسبندگی، مهاجرت و تعلیق) و نیز پایداری طی دوره نگهداری، پایداری فیزیکی، شیمیایی و میکروبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ghatefar *et al.* 2007).

۲-۳- نقش حسی

از دیگر نقش‌های مهم چربی در مواد غذایی می‌توان به ایجاد چهار ویژگی حسی اصلی یعنی (ظاهر محصول، ظاهر شیشه‌ای، درخشندگی رنگ و یکنواختی سطح)، (بافت، ویسکوزیته، الاستیسیته و سفتی)، عطر و طعم محصول (شدت عطر و طعم آزاد شدن عطر و طعم و پروفیل آن) و نیز احساس دهانی اشاره کرد.

۳- ترکیبات تشکیل دهنده کره کم چرب

کره‌های کم چرب امولسیون‌های آب در روغنی هستند که شامل یک فاز روغنی پیوسته، یک فاز آبی غلیظ شده، امولسیفایر پایدار کننده و دیگر افزودنیهای ضروری هستند (Sharma Khanal *et al.* 2018).

۳-۱- ترکیب روغنی

۳-۱-۱- کره

به عنوان منبع چربی برای کره‌های کم چرب می‌توان از چربی‌های شیر بهره جست. چربی شیر حاوی مقدار زیادی گلیسیریدهای اسیدهای چرب اشباع است که این گلیسیریدها در دماهای نسبتاً بالایی نرم می‌شوند. کاهش غلظت این اسیدهای چرب در کره باعث می‌شود. که کره حاصل در دماهای پایین‌تر گسترش‌پذیر بوده و به علاوه، خصوصیات پلاستیک کره در دمای محیط نیز قابل دسترس باشند. مزیت دیگر کاهش این دسته اسیدهای چرب اشباع، تأثیر آنها بر میزان کلسترول خون است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۷). اصلاح ساختار چربی شیر رویکرد مفیدی برای تغییر ویژگی‌های تولید یا تولید فراورده‌های لبنی حاوی مقادیر کم اسیدهای چرب اشباع است که نیازهای تغذیه‌ای مصرف کننده را بهتر مرتفع می‌سازند. چربی شیر از نظر عطر و طعم و احساس دهانی منحصر بفرد در بین محصولات لبنی حائز اهمیت می‌باشد. با این وجود، تأثیر تغذیه ای آن، قیمت نسبتاً بالا و تنوع فصلی و عملکردی آن را برای بسیاری از کاربردهای غذایی نامناسب ساخته است. خصوصیات رئولوژیکی (ذوب) چربی شیر بر بسیاری از جنبه‌های کیفی

محصولات لبنی تاثیرگذار است. خصوصیات فیزیکی شامل نقطه ذوب و مقدار چربی جامد جزء مهمترین شاخص‌های عملکردی چربی شیر هستند. برای ایجاد طعم بافت و احساس دهانی مشابه کره، محتوای چربی محصول باید حداقل ۴۰ درصد باشد و نیز اینکه کلیه چربی فرمولاسیون باید در امولسیون باشند؛ به این معنی که پس از تشکیل امولسیون، هیچ چربی دیگری نباید به فرمول اضافه شود (Iranian National Standardization Organization, 2015).

۳-۱-۲- روغن‌های گیاهی

از روغن‌های گیاهی مناسب برای کره کم چرب می‌توان به روغن سویا، ذرت، نارگیل، پنبه دانه، بادام زمینی، پالم هسته گلرنگ، آفتابگردان، کرچک و مخلوطی از اینها اشاره کرد روغن‌های بکار رفته در این فرایند، روغن‌های گیاهی هیدروژنه یا با هیدروژناسیون جزئی هستند (Iranian National Standardization Organization, 2016). با استفاده از روغن سویا و روغن پالم به عنوان فاز روغنی گسترده‌تری کم چرب، فرآورده ای با امولسیون آب در روغن تولید کردند که فاز روغنی آن ۱۸-۳۷ درصد وزنی کل محصول را تشکیل می‌داد. این گسترده‌تری دارای بافت احساس دهانی و گسترش پذیری خوب و عطر و طعم مطلوب بود. در فرمولاسیون این محصول، از ترکیب خاص نشاسته و کازئینات سدیم در فاز آبی استفاده شد که دارای اثر سینرژیستی بر ویسکوزیته بود.

۳-۱-۳- جایگزین‌های چربی

جایگزین‌های چربی ترکیباتی هستند که جایگزین کل یا بخشی از روغن موجود در غذا شده و طعم، بافت و احساس دهانی مشابه با غذای پرچرب اصلی را ایجاد می‌نمایند هدف از بکارگیری جایگزین‌های چربی کاهش غذا مقدار چربی و نیز کاهش محتوای کالری محصول است جایگزین‌های چربی ممکن است بر پایه کربوهیدرات، پروتئین و یا چربی باشند در اغلب غذاها از جایگزین‌های چربی متعدد و مختلفی با منابع متفاوت استفاده می‌شود، که بسیاری از آنها از دیرباز در غذاها استفاده می‌شده‌اند اما امروزه با رویکرد متفاوتی به کار می‌روند. جایگزین‌های چربی بر پایه کربوهیدرات شامل صمغ گوار، پلی دکستروز، صمغ عربی، صمغ گزانتان، کاراگینان، خمیر پالم خشک شده نشاسته‌های اصلاح شده، فیبر جو و فیبر گندم هستند. این نوع ترکیبات دارای خاصیت خامه‌ای بودن چربی هستند آب را جذب می‌کنند باعث افزایش حجم می‌شوند و غذاها را غلیظتر و پایدارتر می‌کنند. از این دسته مواد در فرآورده‌های پخت، دسرهای منجمد، ماست‌ها، پنیرها، پودینگ‌های کم چرب، سس‌های سالاد و گسترده‌تری‌ها استفاده می‌شود. جایگزین‌های چربی بر پایه

پروتئین نظیر سیمپلس از پروتئین شیر و یا پروتئین سفیده تخم مرغ ساخته می‌شوند از این دسته جایگزین‌های چربی در کره، پنیر، دسرهای لبنی، منجمد، مایونز، سوپ‌ها، سس‌های سالاد و خامه ترش استفاده می‌شود. چربی در هر گرم حاوی ۹ کالری و کربوهیدرات و پروتئین تنها حاوی ۴ کالری هستند و استفاده از جایگزین‌های چربی بر پایه کربوهیدرات و پروتئین محتوای کالری محصول را ۵ کالری کاهش می‌دهد و به علاوه میزان چربی نیز تقلیل می‌یابد جایگزین‌های چربی بر پایه چربی (نظیر کاپرین، بنفت و اولئان) از مولکول‌های چربی اصلاح شده ساخته شده‌اند که قابلیت جذب ندارند (اولئان) و یا تنها به مقدار جزئی در روده جذب می‌شوند (کاپرین، بنفت و اولئان). الاسترا که هم اکنون تحت عنوان اولئان عرضه می‌شود شناخته شده ترین این ترکیبات است. از امولسیفایرها نیز میتوان به عنوان جایگزین‌های چربی استفاده کرد این ترکیبات از نظر تعداد کالری مشابه چربی‌ها هستند اما مقدار گرم کمتری از امولسیفایرها برای ایجاد طعم بافت و احساس دهانی مشابه چربی‌ها لازم است (Sharma Khanal et al. 2018).

۳-۱-۴- خصوصیات فیزیکی روغن مورد استفاده

خصوصیات فیزیکی روغن مورد استفاده اهمیت زیادی دارد چرا که بر قوام و بافت محصول تاثیرگذار است. روغن موجود در امولسیون آب در روغن حاوی مقدار زیادی کریستال‌های چربی آزاد و گلبولهای چربی بزرگ نظیر انواع موجود در کره و مارگارین است که باعث ایجاد قوام و بافت مطلوب در آنها می‌شود. اختلاف در ویژگیهای بلوری شدن چربی‌ها میتواند مشکلاتی را در فرایندهای تولیدی حتی در صورت کنترل دقیق و اتوماسیون بالا ایجاد کند. روغن‌ها و چربی‌ها دارای خاصیت پلی مورفیسم بوده و در چند شکل مختلف بلوری می‌شوند که نقاط ذوب، دانسیته گرمای ترکیب و سرعت بلوری شدن آنها با یکدیگر فرق می‌کند. سه شکل بلوری معروف چربی‌ها، B، a هستند. شکل بلوری a کمترین ثبات را دارد B متوسط بوده و شکل B پایدارترین و بیشترین شکل بلوری چربی هاست (ضیائی‌ان، ۱۳۸۱). خاصیت پلی مورفیسم چربی‌های بلوری می‌تواند مشکلاتی را در قوام مارگارین‌ها و کره‌های کم چرب ایجاد کند. در حین تولید چربی‌ها در ابتدا به شکل بلوری شده و به طور طبیعی سریعا به شکل B تبدیل می‌شوند. این شکل بلوری بهترین فرم برای تولید کره‌های کم چرب است چرا که بلورهای ریز و سوزنی شکل B (با طولی حدود ۱ um) پلاستیسیته خوبی را در محصول ایجاد می‌کنند. در صورتی که بلورها از شکل B به بلورهای درشت تر B (با طول حدود ۲۰ m) تبدیل شوند بافت زبری در محصول ایجاد می‌شود که بافت شنی نامیده می‌شود. بر اثر ایجاد بافت شنی، سطح بلورها کاهش یافته و روغن مایع به سطح کره مهاجرت کرده و باعث ایجاد حالت روغنی در سطح محصول

می‌شود ثابت شده که برخی روغن‌های گیاهی نظیر روغن کانولا یا روغن آفتابگردان هیدروژنه جزئی، تمایل به ایجاد بلورهای B داشته بنابراین می‌توانند در کره‌ها بافتی شنی ایجاد کنند. امولسیون‌ها ترکیبات فعال سطحی جذب سطوح مشترک آب روغن شده فقط امولسیفایرهای چربی دوست با حلالیت بالا در فاز روغن می‌توانند از بلوری شدن مجدد چربی در امولسیون‌ها جلوگیری کنند. تغییر در میزان چربی‌های، اشباع سرعت بلوری شدن فاز روغنی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اگر طی فرایند اولیه محصول، کریستالیزاسیون شدیدی رخ دهد نیروهای برشی لازم برای فرایند در حدی زیاد می‌شوند که ممکن است باعث شکسته شدن امولسیون شوند برای تولید فراورده‌های کم چرب از مخلوط‌های حاوی روغن‌های مایع و با SFI پایین استفاده کرد (Lopez et al. 2007).

۳-۱-۵-آب

گسترده‌تری‌های کم چرب که معمولاً در آنها تنها نیمی از امولسیون را ترکیبات روغنی به خود اختصاص می‌دهند، در مقابل دارای درصد نسبتاً بالایی آب هستند که این امر باعث کاهش کیفیت ویژگی‌های حسی امولسیون حاصل می‌شود به همین دلیل اغلب از ترکیبات پایدارکننده و نیز پروتئین‌ها در فاز آبی استفاده می‌شود که بکارگیری همزمان این دو ترکیب باعث خنثی شدن اثر ناپایدار کنندگی امولسیون ناشی از حضور پروتئین‌ها می‌شود. مکانیسم این خنثی سازی از طریق انکپسولاسیون و یا ایجاد کمپلکس پروتئین با عامل ژل دهنده، اتصال با آب و افزایش ویسکوزیته فاز آبی می‌باشد. در فاز آبی امولسیون‌های آب در روغن بایستی اندازه ذرات بین ۱۵ um باشد. قطرات کوچک آب ترکیب شده با ذرات ژلی، افزایش پایداری امولسیون را به دنبال دارند چرا که ذرات آب به تنهایی، باعث جدا شدن آب شده و طی گسترده‌ترن فراورده روی نان ظاهری خرده ایجاد می‌نمایند (Arango et al. 2013).

۳-۲- ترکیبات پروتئینی

برخی اوقات بنا به دلایل تغذیه‌ای و نیز تاثیر مثبت پروتئین‌ها بر عطر و طعم و خصوصیات فیزیکی فراورده، از پروتئین‌ها در فاز آبی کره کم چرب استفاده می‌شود. پروتئین اضافه شده باعث افزایش پایداری محصول در برابر انجماد / خروج از انجماد شده و قابلیت ذوب محصول در دهان را بهبود می‌بخشد. پروتئین‌های مطلوب برای استفاده در این دسته محصولات شامل مشتقات گیاهی و حیوانی نظیر ایزوله‌های پروتئینی گیاهی حاصل از سویا، بادام زمینی، پنبه

دانه، نخود و موارد مشابه، ترکیبات حاوی پروتئین‌های شیر نظیر: کازئینات‌ها، شیرخشک بدون چربی، آب پنیر و آب پنیر بدون لاکتوز می‌باشند (یگانه زاد، ۱۳۹۱).

۳-۲-۱- کازئینات سدیم

کازئینات سدیم یک پروتئین شیری با کیفیت بالاست که از ترسیب اسیدی کازئین شیر پس چرخ پاستوریزه تهیه شده و پس از خالص سازی به صورت پودر عرضه می‌شود. این ترکیب معمولاً حاوی ۵ درصد رطوبت، ۱/۵ درصد چربی، ۶-۳ درصد خاکستر، ۰/۳ درصد لاکتوز، ۱/۵ درصد سدیم، و حداقل ۸۸ درصد پروتئین می‌باشد. از ویژگی‌های کازئینات سدیم میتوان به خاصیت امولسیفیکاسیون بالا، حلالیت خوب قابلیت اتصال با دیگر ترکیبات، ایجاد کف و بهبود خصوصیات بافتی اشاره نمود کازئینات سدیم یک عامل امولسیفایری مناسب است و به دلیل فعالیت سطحی بالا قابلیت جذب به سطوح را داشته و امولسیون‌های نرمی ایجاد می‌نماید. آبگریز بودن و نیز ساختار دوگانه کازئینات‌ها باعث شده تا این ترکیبات بتوانند به آسانی جذب سطوح روغن آب شوند و تنش بین سطحی را کاهش دهند. خاصیت دوگانه کازئینات‌ها ناشی از جدا شدن خوشه‌های آبگریز و یون‌های با بار منفی موجود در زنجیره پپتیدی آنهاست. بنا به همین دلیل کازئینات‌ها در صورتی که به آب افزوده شوند تاثیر چشمگیری بر خصوصیات دینامیک بین سطحی دارند (Kumar and Mishra, 2004). رفتار منحصر به فرد کازئینات سدیم در امولسیفیه کردن ترکیبات ارتباط نزدیکی با فعالیت سطحی بالای دو جزء آن یعنی $ds1$ و B کازئین دارد. این شرایط منجر به جذب سریع پروتئین در سطح مشترک روغن آب- طی فرایند امولسیفیکاسیون شده و یک لایه پایدار کننده اطراف قطرات روغن ایجاد می‌کند که از آنها در برابر تجمع یا لخته ای شدن محافظت می‌نماید. کازئینات‌ها در مقایسه با دیگر پروتئین‌های کروی ساختار نامنظم تری داشته و آبگریزترند. این حالت به خاطر مقدار زیاد پرولین و نیز عدم حضور سیستئین می‌باشد پرولین باعث آسیب رساندن به ساختار ثانویه هلیکس و صفحات B می‌شود ترکیب چنین ساختارهای نامنظمی و متعاقب آن آبگریز بودن و نیز وزن مولکولی نسبتاً پایین کازئینات‌ها را قادر می‌سازد که در سطح مشترک روغن آب به سرعت پخش شوند (Sharma Khanal et al. 2018).

۳-۲-۲- آرد سویا

لوبیای سویا از خانواده لگومیناسه است که بیش از ۴۰۰۰ سال پیش در کشور چین شناسایی شد و از آنجا به سایر کشورهای شرقی گسترش یافت استفاده از لوبیای سویا به خصوص پروتئین‌های سویا در کشورهای غربی، محدود به چند دهه اخیر می‌باشد. در آمریکا با اثبات خصوصیات فیزیولوژیکی لوبیای سویا، مصرف غذاهای مشتق شده از سویا از سال ۱۹۹۷ افزایش یافت پژوهش‌های متعددی که در مورد لوبیای سویا انجام شده بود نشان داد که سویا نقش مهمی در جلوگیری از بیماری‌های مزمن دارد. بنابراین FDA درخواست سلامتی بخشی پروتئین سویا را در ۲۶ اکتبر ۱۹۹۹ تایید و بیان کرد که مصرف ۲۵/۶ گرم پروتئین سویا در روز خطر بیماری‌های قلبی را کاهش می‌دهد. لوبیای سویا حاوی ۱۲-۱۴ درصد کربوهیدرات محلول ۱۲-۱۴ درصد فیبر خوراکی، ۱۸-۲۲ درصد چربی، ۱۴-۱۲ درصد رطوبت و ۳۶-۴۲ درصد پروتئین و ترکیبات با ارزش دیگری نظیر املاح کلسیم، آهن، روی و نیز ویتامین‌های B1، B2 و نیاسین و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند ایزوفلاوون‌ها می‌باشد (Karimi and Hosseini Gahbos, 2018). پروتئین‌های سویا از نظر تغذیه‌ای در سطح بسیار مطلوبی قرار دارند به طوری که ۹۲-۱۰۰ درصد آنها جذب بدن می‌شوند، میزان پروتئین موجود در دانه‌های سویا حدود ۴۰ درصد است و مهمترین آنها را گلوبولین‌ها تشکیل می‌دهند. الیگوساکاریدهای سویا همانند دیگر، حبوبات عمدتاً شامل رافینوز و استاکیوز هستند. رافینوز تری ساکاریدی است که از D-گالاکتوز - گلوکز و D فروکتوز تشکیل شده است و استاکیوز تتراساکاریدی است که از دو مولکول - گالاکتوز یک مولکول - گلوکز و یک مولکول فروکتوز تشکیل شده است و این دو الیگوساکارید می‌توانند به عنوان پری بایوتیک عمل نمایند (مظاهری طهرانی و همکاران، ۱۳۸۹). تا زمان توسعه پروتئین‌های بافت داده شده سویا در اوایل دهه ۱۹۷۰ در آمریکا خواص عملکردی پروتئین‌های سویا بیشتر از خواص تغذیه‌ای آن مورد توجه بوده است؛ تا حدی که دلیل عمده برای افزودن پروتئین‌های سویا به غذا خواص عملکردی آنها بوده است. برخی از خواص عملکردی پروتئین‌های سویا (گلایسینین و بتا کانگلایسینین شامل خصوصیت امولسیفایری تشکیل، ژل، جذب و نگهداری آب و چربی و نیز کنترل رنگ و بافت است (Iranian National Standardization Organization, 2015). سویا به صورت انواع مختلف، آرد، کنسانتره و ایزوله پروتئینی در صنایع غذایی کاربرد دارد. ایزوله پروتئینی سویا در آسیا از محبوبیت بالاتری برخوردار است آرد سویا محصولی پروتئینی با حداقل فراوری در بین سایر فراورده‌های سویا است که به دلیل خواص تغذیه‌ای قیمت پایین و خصوصیات عملکردی مطلوب در صنایع غذایی مورد توجه قرار گرفته است (مظاهری طهرانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۳-۳- پایدار کننده‌ها

۳-۳-۱- اهمیت ترکیبات پایدار کننده در فرمولاسیون کره کم چرب

در سال ۱۹۱۵ فراندسن واژه پایدار کننده را برای مشخص کردن گروهی از مواد که در آن زمان به عنوان نگهدارنده کلوئید اتصال دهنده و پرکننده شناسایی شده بودند استفاده کرد سایر نام‌های این ترکیبات عبارتند از: کلوئیدها، هیدروکلوئیدها و صمغ‌ها که نشان می‌دهد این مواد ماکرومولکول‌هایی هستند که قادر به برهم کنش با آب می‌باشند و بالطبع می‌توانند با پروتئین‌ها و چربی‌ها نیز وارد واکنش شوند. کره‌های کم چرب یا کم کالری دسته‌ای از محصولات هستند که بخشی از چربی آنها با آب و دیگر ترکیبات، جایگزین شده است. جایگزینی چربی با آب باعث تغییر در خصوصیات رئولوژیکی و ویژگی‌های ساختاری کره‌ها می‌شود که این تغییرات عمدتاً در شکل و اندازه کریستال‌های چربی بروز می‌نمایند با افزایش میزان آب، به دست آوردن پایداری فیزیکی مورد نیاز مشکل می‌شود. برای ممانعت از درهم آمیختن قطرات آب پراکنده و به دست آوردن محصول پایدار استفاده از یک عامل پایدارکننده در فاز آبی و یک امولسیفایر در فاز روغنی توصیه می‌شود. برای بهبود پایداری فیزیکی، معمولاً از یک هیدروکلوئید استفاده می‌شود که بایستی پروتئین را محلول نگهدارد و به این منظور از انواع مختلف پایدار کننده‌ها با مقادیر متفاوت می‌توان استفاده کرد. وظایف کلی پایدار کننده‌ها در کره‌های کم چرب بهبود بافت کره، افزایش ذوب، دهانی، کاهش چسبندگی، حفظ قوام سیال در دماهای بالاتر از حد معمول و از همه مهمتر پایداری امولسیون آب در روغن می‌باشد (مظاهری طهرانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۳-۳-۲- انواع پایدار کننده‌های مورد استفاده در کره کم چرب

یک مخلوط مناسب عوامل ژل دهنده شامل مخلوط کاراگینان و صمغ لوبیای لوکاست می‌باشد که گزارتان نیز جایگزین مناسبی برای صمغ لوبیای لوکاست به شمار می‌رود این مخلوط عوامل ژل دهنده با ذوب متوسط هستند (نقطه نرم شوندگی بالاتر از ۳۳ درجه سانتیگراد و کاهش شدید قدرت ژل در ۷۰-۴۵ درجه سانتیگراد). استفاده از عوامل ژل دهنده با نقطه ذوب پایین نظیر ژلاتین در فرایند مشکل تر است و ممکن است منجر به تولید محصولاتی با احساس دهانی بسیار چسبنده در مقادیر بالای استفاده و یا محصولات بسیار آبکی (در مقادیر پایین استفاده) شود. همچنین عوامل ژل دهنده با نقطه ذوب بالا نظیر آگار بسیار کند تشکیل می‌شوند آزادسازی مواد مولد عطر و طعم در آنها پایین و ضعیف است و نیز به راحتی آب آزاد خود را به صورت سینرزیس از دست می‌دهند. با بکارگیری عوامل ژل دهنده با

ذوب متوسط ژل مورد نظر سریع‌تر تشکیل می‌شود و امکان فرایند ساده فراهم شده قدرت ژل بالاست و این به ایجاد قطرات کوچک فاز پراکنده کمک می‌نماید و بالطبع احتمال بروز پدیده تجمع حین آماده سازی امولسیون کاهش می‌یابد. این دسته ژل‌ها ویسکوزیته قابل کنترلی دارند که منجر به کاهش طعم آبکی امولسیون شده و پایداری امولسیون افزایش می‌یابد و ژل کاملاً الاستیکی حاصل می‌آید و بالطبع امکان تهیه امولسیونی با پلاستیسیته مشابه کره فراهم می‌شود. این امولسیون‌ها به گونه‌ای تهیه می‌شوند که در فاز آبی خود حداقل دارای دو پلی ساکارید باشند که میتوان از صمغ لوبیای لوکاست، کاراگینان و یا گزانتان استفاده کرد برای بهبود تشکیل ژل حضور برخی پروتئین‌ها و یا نمک‌های غیر آلی نظیر KCl می‌تواند مفید واقع گردد. سیستم ژلی دیگر برای استفاده در کره‌های کم چرب از حداقل یک هیدروکلوئید که قادر به ایجاد ساختار ژلی خطی و هیدروکلوئید دیگر که قادر به ایجاد ساختار ژلی کره ای، تحت شرایط مشخص است، تشکیل شده است. هیدروکلوئید اول از دسته دکسترین‌ها با اندیس DE حداقل ۲۰، پکتین با درجه استریفیکاسیون داخلی حداقل ۴۸ درصد، لامبدا کاراگینان و آلژینات‌ها انتخاب می‌شود. هیدروکلوئید دوم از بین صمغ گوار، صمغ لوبیای لوکاست و یوتا کاراگینان انتخاب می‌شود از هر یک از هیدروکلوئیدها در حدی استفاده می‌شود که مالیدنی امولسیونی تحت شرایط نگهداری پایدار بوده و به محض قرارگیری در دهان ناپایدار شود تا خصوصیات ذوب خوبی را از خود نشان دهد. پایدار کننده‌ها بهتر است از بین کلوئیدهای هیدروفیل نظیر سلولز میکروکریستالی، کاراگینان، گوار، آلژینات، صمغ گزانتان متیل سلولز، CMC، اتیل سلولز، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، دکسترین‌ها، نشاسته، ژلاتین، صمغ لوبیای لوکاست، ایزوله ی پروتئینی سویا، پکتین و یا ترکیبی از این مواد انتخاب شوند. از دیگر هیدروکلوئیدهایی که بیشتر نقش سفت کنندگی را در امولسیون آب در روغن کره‌های کم چرب بر عهده دارند میتوان به مشتقات آلژینیک اسید ژلاتین و کارئینات سدیم اشاره کرد که از این بین آلژینات سدیم بیشتر ترجیح داده می‌شود چرا که حتی در مقادیری کمتر از دیگر هیدروکلوئیدها محصولی با بافت سفت تر تولید خواهد کرد (Lopez et al. 2007).

۳-۳-۲-۱- کاراگینان

اصطلاح کاراگینان به دسته‌ای از پلی ساکاریدهای گالاکتان تعلق دارد که به عنوان مواد ساختاری داخل سلولی در گونه‌های متعددی از جلبک‌های دریایی قرمز وجود دارند. کاراگینان‌ها پلی ساکاریدهای خطی تشکیل شده از β -۱ و ۳ - ۱ - α و ۴ گالاکتوز هستند و ساختار کلی آنها واحدهای تکرار شونده این دی ساکاریدهاست این هیدروکلوئید بر

اساس میزان سولفات در مولکول خود به سه شکل طبقه بندی می‌شود. شکل لامبدا سولفات بیشتری داشته در شیر سرد محلول است و ژل ضعیفی تشکیل می‌دهد؛ شکل یوتا در شیر داغ (۵۵ درجه سانتیگراد) محلول بوده و ژل‌های الاستیک مقاوم به آب انداختن تشکیل می‌دهد و شکل کاپا که در شیر داغ کمتر از ۷۰ درجه سانتیگراد محلول بوده و ژل‌های شکننده حساس به دوفاز شدن می‌سازد این صمغ به دلیل مجزا بودن مولکول‌های آن در مخلوط‌های داغ، ویسکوزیته پایینی ایجاد می‌کند اما با سرد شدن و تشکیل ساختار ویسکوزیته افزایش می‌یابد. مقاومت ژل کاراگینان با افزودن یونهای پتاسیم زیاد می‌شود. کاپا و یوتا کاراگینان به صورت الکترواستاتیکی با کازئین واکنش داده و یک شبکه سه بعدی تشکیل می‌دهند که نسبت به جدا شدن فاز معلق مقاوم است (واحدی و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین کاپا کاراگینان با صمغ لوبیای لوکاست دارای اثر سینرژیستی است. عملکرد کاراگینان‌ها بستگی زیادی به خصوصیات رئولوژیکی آنها دارد کاراگینان‌ها معمولاً حاوی مقدار زیادی گروه‌های سولفات نیمه استری هستند که شدیداً آنیونی بوده و از این منظر با سولفات غیرآلی قابل مقایسه هستند. برای پایدار شدن معمولاً کاراگینان‌های تجاری به صورت نمک‌های پایدار، سدیم، پتاسیم و کلسیم و یا مخلوطی از اینها عرضه می‌شوند. کاتیون‌های متصل شده و نیز کنفورماسیون واحدهای قندی در زنجیره پلیمری میزان حلالیت و نیز خاصیت ژل دهندگی کاراگینان‌ها را تعیین می‌نماید (Billerbeck *et al.* 1976).

۳-۲-۳- صمغ لوبیای لوکاست

یکی از مهم‌ترین گالاکتومانان‌های تجاری در صنایع غذایی صمغ لوبیای لوکاست می‌باشد که با نام‌های صمغ دانه خرنوب و صمغ دانه اقاچیا نیز شناخته می‌شود. این صمغ به عنوان پلی ساکارید ذخیره کننده انرژی در اندوسپرم دانه گیاهان خانواده لگومیناسه به شمار می‌رود. درخت Carob یا لوبیای لوکاست در زمین سنگلاخی نواحی مدیترانه‌ای رشد می‌کند و پس از حدود ۵ سال به بار می‌نشیند اما تا حدود ۲۵ سالگی به ارتفاع اصلی خود (حدود ۸ متر) و نیز بیشترین بازده نمی‌رسد برای استحصال پلی ساکارید موجود در دانه اندوسپرم دانه را پس از جدا کردن پوسته و جوانه آسیاب می‌کنند؛ فراورده حاصل حاوی حدود ۸۰ درصد گالاکتومانان است و دیگر ترکیبات آن را آب (حدود ۱۲ درصد) پروتئین (حدود ۵ درصد) چربی (حدود ۰/۵ درصد) و مواد غیرآلی (حدود ۱ درصد) تشکیل می‌دهند. صمغ لوبیای لوکاست در Food Chemical Codex III به این صورت تعریف شده است: صمغ حاصل از اندوسپرم دانه (*Ceratonia Siliqua* L) خانواده لگومیناسه که بخش عمده آن را پلی ساکاریدهای هیدروکلوئیدی با وزن مولکولی بالا شامل

گالاکتوز و مانوز تشکیل میدهند این واحدهای قندی از طریق پیوندهای گلیکوزیدی به هم متصل هستند و از نظر شیمیایی این ترکیب را گالاکتومانان می‌نامند. این صمغ پودری به رنگ سفید تا سفید متمایل به زرد می‌باشد و اغلب بدون بو است در آب گرم و نیز سرد قابل انتشار است و ایجاد یک سول با pH بین ۷-۵/۴ می‌نماید که با افزودن مقدار کمی بورات سدیم می‌توان آن را تبدیل به ژل نمود. وزن مولکولی صمغ لوبیای لوکاست ۳۱۰۰۰۰ می‌باشد. این صمغ در دمای اتاق در آب نسبتاً محلول است و برای حل شدن کامل و افزایش ویسکوزیته بایستی تا دمای ۷۵-۸۵ درجه سانتیگراد حرارت داده شود. صمغ لوبیای لوکاست به دلیل غیریونی بودن در دامنه pH بین ۱۱-۵/۳ پایدار است و برای اصلاح ساختار ژل‌های آبی کاراگینان از این صمغ استفاده می‌شود. ژل‌های حاصل از صمغ لوبیای لوکاست و کاراگینان در دمایی بالاتر از دمای اتاق تشکیل می‌شوند و در دمای اتاق و در طول نگهداری بافت و ساختار ثابتی دارند (Kumar and Mishra, 2004).

۳-۳-۲-۳- آلژینات سدیم

آلژینات‌ها از اجزاء ساختمانی دیواره سلولی آگهای قهوه ای از طبقه فئوفیسه هستند و منبع اصلی تولید تجاری آنها آگ‌های نوع ماکروسیستیس پی ریفر می‌باشد دلیل اطلاق این نام به این گروه از صمغ‌ها مشتق بودن آنها از آلژینیک اسید است. درجه پلیمریزاسیون این ترکیبات معمولاً بین ۱۰۰-۳۰۰ بوده و بالطبع وزن مولکولی تقریبی آنها ۶۰۰۰۰۰-۲۰۰۰۰۰ می‌باشد. برای تخلیص آلژینات‌ها ابتدا جلبک در معرض اسیدهای معدنی قرار می‌گیرد. تا کاتیون‌ها با پروتون‌ها جایگزین شوند سپس آلژینات‌ها وارد یک محلول نسبتاً قلیایی می‌شوند تا بقایای آلی از بین بروند. در نهایت آلژینات‌ها با اسید یا کلسیم رسوب داده می‌شوند و بعد به فرم محلول متصل به سدیم درمی‌آیند. آلژینات‌ها کاربردهای تکنولوژیک متعددی دارند که از آن بین میتوان به استفاده آنها در بیوتکنولوژی مدرن (به عنوان ماتریکس تثبیت کننده) و نیز استفاده در صنایع نساجی به عنوان پوشش دهنده اشاره کرد. در صنایع غذایی، آلژینات‌ها به دلیل قابلیت افزایش ویسکوزیته ایجاد ژل‌ها و پایدار نمودن مخلوطهای آبی، دیسپرسیون‌ها و امولسیون‌ها استفاده می‌شوند. محلول آبی آلژینات دارای خاصیت غلیظ شونده با برش یا سود و پلاستیک است که این ویژگی ناشی از طول زنجیره و سفتی مولکولهای هیدراته شده آلژینات در محلول است. طی نگهداری محلول و یا طی همزدن بسیار آهسته مولکول‌های مختلف آلژینات جهت یابی می‌کنند. با افزایش سرعت، برش مولکول‌ها شروع به جهت گیری به صورت موازی می‌نمایند که در نتیجه مقاومت آنها در برابر جریان کم شده و باعث کاهش ویسکوزیته ظاهری نیز می‌گردد.

برخلاف بسیاری از پلی ساکاریدهای ژل دهنده ژل‌های آلژینات این ویژگی را دارند که در دمای پایین تشکیل ژل می‌دهند که این فرایند مستقل از دما است. از دیگر خصوصیات ژل‌های حاصل از آلژینات‌ها مقاوم بودن در برابر گرماسختی به این مفهوم که می‌توان ژل‌های آلژینات را بدون اینکه ذوب شوند حرارت داد. نقش آلژینات به عنوان پایدار کننده به صورت ممانعت از جدا شدن فازها از طریق افزایش ویسکوزیته فاز آبی و نیز ایجاد لایه‌های باردار در فضای بین سطحی می‌باشد که در نتیجه این شرایط هر یک از ذرات یا قطرات موجود در امولسیون یکدیگر را دفع نموده و مانع از بروز لخته شدن و نیز جدا شدن فازها می‌گردند (سلطانی و همکاران، ۱۴۰۰).

۳-۳-۳- امولسیفایرها

۳-۳-۳-۱- اهمیت امولسیفایرها در فرمولاسیون کره کم چرب

ترکیبات فعال سطحی یا امولسیفایرها از دو بخش تشکیل شده‌اند یک سر آبدوست که جذب فاز آبی می‌شود و یک انتهای چربی دوست که غالباً بزرگ‌تر بوده و ترجیحاً جذب فاز روغنی می‌شود. بنابراین عوامل فعال سطحی در سطوح مشترک آب هوا و یا آب روغن قرار گرفته و کشش سطحی یا بین سطحی را کاهش می‌دهند. می‌توان امولسیفایرها را به عنوان مولکول‌های طراح در نظر گرفت چرا که ممکن است تعداد و ساختمان سرها و انتهای این مولکول‌ها به طور خودبخودی تغییر نمایند یک ابزار فرضی بسیار مفید در این مورد، توازن آبدوستی چربی دوستی است تعداد و قطبیت نسبی گروه‌های قطبی در یک مولکول فعال سطحی، تعیین کننده حلالیت یا قابلیت پراکنده شدن آن در آب یا روغن می‌باشد. این ویژگی را با محاسبه اندیس HLB برای مولکول مورد نظر اندازه گیری می‌کنند مقادیر بالای HLB قابلیت حلالیت یا پراکنده شدن در آب را نشان می‌دهند. به طور کلی، امولسیفایرهای با HLB بالا برای ایجاد و تثبیت امولسیون‌های روغن در آب و امولسیفایرهای دارای HLB پایین برای تهیه امولسیون‌های آب در روغن مناسب هستند. البته مقادیر خیلی بالا یا خیلی پایین HLB مطلوب نیست چرا که باعث حل شدن کامل امولسیفایر در فاز پیوسته می‌شود (ضیائی، ۱۳۸۱). امولسیفایرها موادی هستند که تنش سطحی بین روغن-آب و یا هوا آب را کاهش می‌دهند و باعث افزایش امولسیفیکاسیون و نیز افزایش پایداری امولسیون می‌شوند. در امولسیون‌های آب در روغن افزودن امولسیفایرها تاثیر چشمگیری بر کاهش اندازه ذرات آب دارد در امولسیون‌های غذایی حاوی پروتئین‌های شیر و یا دیگر پروتئین‌های حیوانی و گیاهی عملکرد اصلی امولسیفایرها افزایش پایداری در برابر تجمع و یا ترسیب حین نگهداری طولانی مدت می‌باشد (Billerbeck et al. 1976).

۳-۳-۲- عملکرد امولسیفایرها در کره کم چرب

امولسیفایرها به دلیل بالا بودن فعالیت سطحی شان ایجاد یک لایه جذبی فشرده مینمایند. این لایه برای پایدار کردن کفها و امولسیونها مبتنی بر دفع بار و یا مکانیسم گیبس مارانگونی است. مکانیسم گیبس- مارانگونی مستلزم انتشار یا مهاجرت سریع امولسیفایرها در سطح می باشد تا گرادیان غلظت سطح کاهش یابد. حرکت سریع امولسیفایرهای جذب شده فاز پیوسته را نیز می کشد که این پدیده باعث می شود حضور سیال بین حبابها یا ذرات به حالت اول خود برگردد و بنابراین مانع از انعقاد می شود. در نتیجه خصوصیات ساختاری امولسیفایرها، اهمیت زیادی برای ویژگی های سطحی و پایدار کنندگی آنها دارد (Karimi and Hosseini Gahbos, 2018). امولسیفایرها در بهبود بافت، حجم، نرمی، هوادهی و دوره ماندگاری مواد غذایی موثر هستند. در محصولات مبتنی بر چربی می توان از این ترکیبات برای کنترل کریستالیزاسیون چربی نیز بهره جست. برخی امولسیفایرها به عنوان ترکیبات اصلاح کننده ساختار کریستال و عوامل به تاخیر انداز چندشکلی شدن به فرمولاسیون اضافه می شوند چراکه می توانند همراه با تری آسیل گلیسرولها کریستاله شوند و بنابراین مانع از تغییر حالت به فرم چند شکلی شوند و یا این فرایند را به تعویق بیندازند (سلطانی و همکاران، ۱۴۰۰). امولسیفایرها می توانند به عنوان هسته کریستالیزاسیون نیز عمل کنند که این عملکرد از طریق کریستاله شدن آنها قبل از تری آسیل گلیسرولها و در نتیجه تسریع هسته زایی می باشد دو مکانیسم برای تفسیر تاثیر امولسیفایرها بر کریستالیزاسیون چربی بیان شده است اول، اینکه امولسیفایرها می توانند به عنوان یک ترکیب چند هسته ای از طریق یک واکنش کاتالیزی هسته زایی را تسریع نمایند طی رشد کریستال، امولسیفایرها در لایهها یا پیچهای سطح کریستالهای چربی در حال رشد جذب می شوند و بنابراین مانع از رشد کریستال شده و مورفولوژی کریستال را اصلاح می کنند. دوم اینکه چربیها و امولسیفایرها قادرند با یکدیگر کریستاله شوند چرا که از نظر برخی ساختارهای شیمیایی مشابه یکدیگر هستند با این حال ناهمگونیهای ساختاری بین تری آسیل گلیسرولها و امولسیفایرها می تواند هسته زایی را به تاخیر انداخته و مانع از رشد کریستال شود به طور کلی یک امولسیفایر با وزن مولکولی بالا و خصوصیات شیمیایی ذکر شده قابلیت خوبی در ممانعت از کریستالیزاسیون دارد همچنین امولسیفایرها بر بافت ساختار چربی محصول تاثیر گذاشته و آن را نرم تر می کنند (سلطانی و همکاران، ۱۴۰۰).

۳-۳-۳-۳- امولسیفایرهای مناسب کره کم چرب

امولسیفایر مناسب برای تولید کره کم چرب می‌تواند از بین مونوگلیسریدها، دی‌گلیسریدها، پروپیلن گلیکول مونو استر، لاکتیلاته استر، پلی‌گلیسرول استر، سوربیتان استر، اتوکسیلاته استر اسیدی میوه، استر، فسفات استر، ساکارز و یا ترکیبی از موارد فوق انتخاب شود این موارد همگی جزء امولسیفایرهای لیپوفیل با HLB پایین هستند (Todd, 2005). امولسیفایرهای غیریونی با HLB بین ۵-۳ از دیگر انواع امولسیفایرهای مناسب برای تولید کره کم چرب هستند. این امولسیفایرها ترجیحاً از انواع استر گلیسرلی هستند و بهتر است استر اسیدهای چرب اشباع زنجیره بلند نظیر اسید استئاریک و اسید پالمیتیک باشند این استرها نقطه نشست بالاتری در مقایسه با استرهای غیراشباع دارند و این حالت در ایجاد فازهای کریستالی مایع (ژل) در آب در دماهای نسبتاً بالا موثر است. این قابلیت، آنها را قادر می‌سازد که به طور موثری به عنوان حامل بانددهنده آب، سفت کننده و پلاستی ساز عمل کنند (Jin-wei *et al.* 2007).

۳-۳-۳-۴- مونو - دی‌گلیسریدها (E ۴۷۱)

اولین بار در سال ۱۸۵۳ مونو دی‌گلیسریدها توسط برتولت فرانسوی تولید شدند با این وجود، استفاده از مونو دی‌گلیسریدها در مقیاس وسیع در دهه ۱۹۳۰ و در تولید مارگارین بوده است. امروزه تولید جهانی امولسیفایرها حدود ۳۰۰۰۰۰ تن تخمین زده می‌شود که تقریباً ۲۰ نوع امولسیفایر را شامل می‌شود. مونو-دی‌گلیسریدها و مشتقات آنها ۷۰ درصد تولید جهانی امولسیفایرها را به خود اختصاص می‌دهند و جزء مهمترین انواع امولسیفایرها به شمار می‌آیند. عمده‌ترین کاربردهای این امولسیفایر در تولید نان، کیک‌های اسفنجی، مارگارین‌ها، بستنی، آدامس‌ها و گسترده‌تری هاست. مونو - دی‌گلیسریدها از طریق اینتر استریفیکاسیون (گلیکولیز تری‌گلیسریدها) با گلیسرول تولید می‌شوند. تری‌گلیسرید با گلیسرول در دماهای بالا ۲۵۰-۲۰۰ درجه سانتیگراد و در حضور کاتالیزور قلیایی واکنش داده و مخلوطی از مونو دی و تری‌گلیسریدها تولید شده و مقدار ناچیزی گلیسرول واکنش نداده نیز باقی می‌ماند. مقدار هر یک از این اجزاء بسته به توزیع تصادفی رادیکالهای اسید چرب تری‌گلیسریدها بین گروه‌های هیدروکسیل گلیسرول متغیر است. مونو دی‌گلیسریدهای تجاری معمولاً حاوی ۵۵-۴۵ درصد مونو گلیسرید، ۴۵-۳۸ درصد دی‌گلیسرید ۱۲-۸ درصد تری‌گلیسرید و ۷-۱ درصد گلیسرول آزاد هستند. مونو دی‌گلیسریدها خاصیت لیپوفیلی داشته و بالطبع HLB آنها پایین و در حد ۶-۳ است این ترکیبات در روغن و امولسیون‌های آب در روغن حل می‌شوند. با بکارگیری

مونوگلیسریدها به عنوان امولسیفایر پایدار میکروبیولوژیکی محصول تضمین شده و فراورده نیز در محدوده ۴/۶-۵/۸ تنظیم می‌شود. برای مارگارین‌های حاوی ۸۰-۶۰ درصد چربی، حدود ۵/۲۰ درصد مونوگلیسریدهای خالص، یا ۰/۶-۰/۲۵ درصد مونو دی گلیسرید به عنوان امولسیفایر استفاده می‌شود. مزیت افزودن مونوگلیسریدها توزیع دقیق و مناسب ذرات آب در فاز روغنی، گسترش پذیری نرم، ساختار کریستالی پایدار و احساس دلپذیر ذوب در دهان می‌باشد. در کره‌های کم چرب که تنها حاوی ۴۵ - ۳۵ درصد چربی هستند از ۰/۲-۰/۵ درصد مونوگلیسریدهای خالص یا ۰/۴-۰/۶ درصد مونو دی گلیسرید به عنوان امولسیفایر استفاده می‌شود. در این مورد شرایط نسبت به مارگارین‌ها مشکل‌تر است، چرا که مقدار آبی که باید پایدار شود ۳-۴ برابر بالاتر می‌باشد در کره‌های کم چرب از مونوگلیسریدهای غیر اشباع استفاده می‌شود؛ به دو دلیل اول اینکه مونوگلیسریدهای غیر اشباع توانایی بیشتری در کاهش کشش سطحی در مقایسه با مونوگلیسریدهای اشباع دارند. در نتیجه مقدار کمتری از آنها برای پایدار کردن ذرات ریز آب در فاز روغنی نیاز است. دوم اینکه ممکن است مونوگلیسریدهای غیر اشباع بتوانند آب را به صورت فاز به اصطلاح مکعبی درآورند (Jin-wei et al. 2007).

۳-۳-۳-۵- پلی گلیسرول پلی ریسینولات (PGPR)

استرهای پلی گلیسرول دسته ای از امولسیفایرها هستند که به دلیل دارا بودن خاصیت دوگانه استفاده گسترده ای در صنایع غذایی دارند چرا که در یک مولکول آنها همزمان سر آب دوست و چربی دوست وجود داشته این پدیده باعث ایجاد خاصیت امولسیفایری ویژه ای در آنها شده و به راحتی در فضای بین سطحی قرار می‌گیرند. پلی گلیسرول که تامین کننده سر آب دوست امولسیفایر است، ماده ای متشکل از چندین الیگومر هیدروکسی اتر گلیسرول است استرهای پلی گلیسرول از استریفیکاسیون مستقیم و یا اینتر استریفیکاسیون پلی گلیسرول و تری گلیسریدهای اسیدهای چرب تولید می‌شوند. این امولسیفایرها غیر یونی بوده و میزان قطبیت یا HLB آنها بسیار متغیر و در دامنه ۱۱-۶ قرار دارد این امر متاثر از پارامترهایی نظیر میزان پلیمریزاسیون گلیسرول، نوع اسیدهای چرب استری شده و میزان استریفیکاسیون از مونو استر تا پلی استر می‌باشد. این تنوع قطبیت باعث شده که این دسته امولسیفایرها کاربرد گسترده‌ای در بخش‌های مختلف صنایع غذایی داشته باشند (Bodor et al. 1986).

۳-۴- دیگر افزودنی‌ها

۳-۴-۱- نمک

از نمک به عنوان عامل بهبود دهنده عطر و طعم در فرمولاسیون گسترده‌تری‌ها استفاده می‌شود که به این منظور میتوان از کلرید سدیم، کلرید پتاسیم و یا مخلوط این دو استفاده کرد. مقدار نمک مورد استفاده حدود ۱/۵ - ۰/۵ درصد می‌باشد (Cleanthous et al. 2010).

۳-۴-۲- نگهدارنده‌ها

برای کنترل رشد کپک و مخمر محصول باید حاوی یک یا چند نگهدارنده نظیر اسید بنزوئیک، اسید سوربیک، اسید فسفریک، اسید لاکتیک و نمکهای محلول این عوامل و ترکیبات مشابه باشد. ضد میکروب‌های مناسب شامل سوربات پتاسیم، سوربات سدیم، بنزوات سدیم، بنزوات پتاسیم و اسید فسفریک هستند. استفاده از نگهدارنده‌ها باید در حداقل ممکن باشد تا طعم محصول دستخوش هیچگونه تغییری نشود. برای پایداری محصول در برابر آسیب‌های اکسیداتیو در دماهای بالا از آنتی‌اکسیدان‌هایی نظیر پروپیل گالات، توکوفرول‌ها، TBHQ، BHT، NDGA، BHA و اسید سیتریک استفاده می‌شود (Cleanthous et al. 2010).

۳-۴-۳- مواد مولد رنگ

از عوامل مولد رنگ میتوان به بتاکاروتن، آنتو، تورمریک، پاپریکا و رنگ‌های FD&C اشاره کرد. رنگ‌ها باید در فاز روغنی یا آبی قابل حل شدن یا پراکنده شدن باشند تا عملیات مخلوط شدن تسریع گردد (Cleanthous et al. 2010).

۳-۴-۴- عوامل مولد عطر و طعم

برای بهبود خصوصیات عطر و طعمی محصول از ترکیبات متعددی نظیر کلرید سدیم، لاکتون‌ها، روغن‌های لیپولیز شده کره، دی‌استیل، ۲-اکتانول و دیگر کتون‌ها، بوتیریک اسید، هگزانوئیک اسید و دیگر اسیدهای چرب آزاد و مخلوطی از این موارد همراه با طعم دهنده‌های معمول لبنی و کره‌ای استفاده می‌شود (Cleanthous et al. 2010).

۳-۴-۵- عوامل غنی کننده

به عنوان عوامل غنی کننده استفاده از آهن خصوصاً آهن احیا شده به روش الکترولیتی، تیامین (ویتامین B1)، ریبولوین (ویتامین B2)، ویتامین E، ویتامین A و ویتامین D توصیه می‌شود. از عوامل شلات کننده نظیر EDTA یا نمک‌های آن نظیر کلسیم دی سدیم EDTA و دیگر مواد مشابه نیز برای به دام انداختن یون‌های فلزی که با ترکیبات محصول واکنش می‌دهند استفاده می‌شود (سلطانی و همکاران، ۱۴۰۰).

۴- فرایند تولید کره کم چرب

فرایند سنتی تولید کره کم چرب یا نیم چرب حاوی ۴۰ درصد (چربی) بر اساس استفاده از روغن کره در یک فاز آبی نظیر شیر یا پساب کره و سپس افزودن پایدار کننده‌ها امولسیفایرها مواد رنگی، طعم دهنده‌ها و آنتی اکسیدانها می‌باشد در مرحله بعد این مخلوط در یک مبدل حرارتی سطح تراش سرد و کریستاله می‌شود (Ghatefar *et al.* 2007). در روش دیگر که روش مستند APV است، مستقیماً از کره استاندارد استفاده می‌شود. در این فرایند، کره عمل آوری شده و در قسمت خلاء هواگیری انجام می‌شود و در همین قسمت و قبل از پمپ شدن به هموژنایزر، به آرامی حرارت داده می‌شود. قبل از هموژنیزاسیون به کره نرم شده محلول پاستوریزه کازئینات سدیم اضافه می‌شود تا اطمینان حاصل شود که مخلوط یکنواختی از کره و محلول پروتئینی که دارای توزیع خوبی از ذرات کوچک آب است، ایجاد شده است میزان هموژنیزاسیون به عواملی نظیر ساختار چربی شیر در کره اصلی، دمای هموژنیزاسیون و مقدار چربی لازم در فراورده نهایی بستگی دارد. در این مرحله میتوان کشت آغازگر و نمک را نیز افزود. در نهایت پس از هموژنیزاسیون مخلوط به مخزن ذخیره پمپ می‌شود و از این قسمت به مبدل‌های حرارتی سطح تراش می‌رود تا قبل از بسته بندی سرد شود (یگانه زاد، ۱۳۹۱). فاکتور مهم در تولید کره‌های کم چرب، استفاده از مبدل‌های حرارتی سطح تراش است. این مبدل‌ها معمولاً یک مبدل حرارتی لوله ای هستند که با ماده سرمازای مایع نظیر آمونیاک سرد می‌شوند و تیغه‌های تراشنده واقع بر محور مرکزی که دائماً در حال چرخش هستند، چربی کریستالیزه شده را از سطح داخلی لوله جدا می‌کنند و در نتیجه باعث تسریع فرایند سرد شدن و هسته زایی کریستال‌ها طی مدت کوتاهی (در حد ثانیه) می‌شود.

۵- نتیجه گیری

با استفاده از ترکیبات پروتئینی شامل کازئینات سدیم و آرد کامل سویا میزان چربی کره کم کالری را می توان کاهش داد و خصوصیات حسی مطلوبی را در محصول ایجاد نمود. ترکیبات پروتئینی موجود در فرمولاسیون کره کم کالری در اثر تراکنش با آب باعث نرم شدن ساختار محصول می شوند. کاهش میزان چربی در فرمولاسیون کره کم کالری مستلزم افزایش میزان آب در آن است که برای پایداری آب اضافه شده از پایدار کننده ها استفاده شد و در کنار آن امولسیفایرها نیز به فاز روغنی اضافه شدند تا به تشکیل و حفظ امولسیون آب در روغن کمک کنند. آرد کامل سویا و کازئینات سدیم در برهم کنشی که با امولسیفایرها داشتند توانستند باعث کاهش کشش سطحی و بین سطحی در امولسیون آب در روغن محصول شده و به پایداری بیشتر آن کمک کنند. جذب مشترک امولسیفایر-پروتئین در سطح گلبولهای چربی میتواند باعث بهبود قدرت و چسبندگی لایه سطحی شده و پایداری امولسیون را افزایش دهد حضور همزمان مونو دی گلیسریدها و نیز PGPR به عنوان امولسیفایر باعث بهبود خصوصیات عملکردی ترکیب امولسیفایری شده و از این طریق تاثیر بیشتری بر کاهش کشش بین سطحی دارد. برهم کنش پروتئین ها نظیر کازئینات سدیم با امولسیفایرهای مثل مونوگلیسریدها تاثیر عمده ای در پایداری امولسیون ها دارد این دو ترکیب به صورت رقابتی جذب فضای بین سطحی روغن آب می شوند. تنها تفاوت این رفتار در این است که مونوگلیسریدها به دلیل اندازه مولکولی کوچکترشان سریع تر جذب فضای بین سطحی می شوند.

References

منابع

۱. باباقصابها، ب.، عبدالملکی، ف. ۱۳۹۹. تولید ژله کم کالری عناب با استفاده از سوکرالوز و مالتیتول. مجله علوم و صنایع غذایی ایران (۱۰۲): ۳۰-۲۳.
۲. سلطانی، ش.، روفه گری نژاد، ل.، همتی، ه.، اشرفی یورقانلو، ر. ۱۴۰۰. امکان سنجی تولید کره کم چرب با استفاده از ژلاتین و آلژینات سدیم به عنوان جایگزین چربی. مجله علوم و صنایع غذایی ایران (۱۱۵): ۸۱.
۳. ضیائیان، م. ۱۳۸۱. امولسیون کننده های غذایی و کاربرد آن ها. چاپ اول، تهران، انتشارات آرون.

۴. محمدی، ا.، اسداللهی، س.، اسحاقی، م.ر. ۱۳۹۷. تاثیر جایگزینی ساکاروز و کره کاکائو با پودر خرما و آرد سویا بر خواص فیزیکوشیمیایی شکلات تیره کم کالری. مجله علوم و صنایع غذایی ایران ۱۵ (۷۸): ۳۱۹.
۵. مظاهری طهرانی، م.، یگانه زاد، س.، معین فرد، م. و واحدی، ن. ۱۳۸۹. عملکرد و کاربرد انواع افزونی‌های سلامتی بخش در صنایع لبنی. مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۶. واحدی، ن.، مظاهری طهرانی، م.، رضوی، س.م.ع. و کدخدایی، ر. ۱۳۹۲. بهینه سازی فرمولاسیون کره کم چرب بر اساس ویژگی‌های حسی به روش سطح پاسخ. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران ۹.
۷. یگانه زاد، س. ۱۳۹۱. بهینه سازی فرمولاسیون و تولید شکلات شیری پروبایوتیک غنی شده با پروتئین سویا، رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

8. **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.
9. **Bakal, A., Cash, P. and Eisenstadt, M. 1994.** Low calorie low fat butter-like spread. United States Patents No. 5346716.
10. **Billerbeck, F.W., Everett, L.H., Mcgowan, P.G. and Pettinga, P.V. 1976.** Sweetened storage stable peanut butter spread and method of manufacture. United States Patents No.
11. **Bodor, J., Heslinga, L., Van Heteren, J. & De Vries, B. 1986.** Edible water-in-oil emulsion spreads containing hydrated starch particles dispersed in the aqueous phase. United States Patents No. 4591507.
12. **Burey, P., Bhandari, B. R., Rutgers, R. P. G., Halley, P. J. & Torley, P. J. 2009.** Confectionery gels: A review on formulation, rheological and structural aspects. *International Journal of Food Properties* 12(1): 176-210.
13. **Cleanthous, X., Mackintosh, A.M. & Anderson, S. 2010.** Spreads in the current Australian market: butter, dairy blends and margarine spreads. *Food Australia* 62 (10): 438-440.
14. **Ghatefar, R., Ahmadi, A., Ghasemzadeh, H., Ayase, A. & Mohammadi, A. 2007.** Production of low calorie apple juice jelly with sunflowers head. *Agriculture Knowledge* 17: 109-118.
15. **Gill, P., Tohidi Moghadam, T. & Ranjbar, B. 2010.** Differential Scanning Techniques: Applications in Biology and Nanoscience. *Journal of Biomolecular Techniques* 21: 167-193.
16. Iranian National Standardization Organization, INSO 4887, 2015. Pasteurized butter Specifications and test methods.
17. Iranian National Standardization Organization, INSO 637, 2016. Animal and vegetable fats and oils –Determination of melting point in open capillary tubes (slip point)

18. **Ji, X., Peng, Q., Yuan, Y., Shen, J., Xie, X. & Wang, M. 2017.** Isolation, structures and bioactivities of the polysaccharides from jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.): A review. *Food chemistry* 227: 349-357.
19. **Jin-wei, L., Dong Ding, S. & Xiao-lin D. 2007.** Optimization of the ultrasonically assisted extraction of polysaccharides from *Zizyphus jujuba* cv. *Jinsixiaozao*. *Journal of Food Engineering* 80: 176 –183.
20. **Karimi, F., Hosseini Gahbos. S.H. 2018.** Investigation of physico-chemical and sensory properties of jelly powder contain pumpkin powder. *JFST* 76: 319-327.
21. **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.
22. **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.
23. **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.
24. **Todd, 2005**

Low-Calorie Butter Production

Mandana Zormand¹³, Rezvan Pourahmad⁴

Received: 2021/07/23

Accepted: 2021/10/03

Abstract

Production of low-calorie foods has gained significant attention from researchers and manufacturers in recent years. Individuals with heart diseases are specifically interested in consuming low-fat products. A product is considered low-calorie if its calorie content has been reduced by 25% compared to the original product. In the production of low-calorie products, attention to the compounds affecting the product's calorie content and the identification of suitable substitute ingredients holds special importance. Compounds that notably impact consumer acceptance include fats and sweeteners. Substituting fats and carbohydrates as two calorie-contributing compounds in food materials has been highlighted. The level of fat in low-calorie butter can be reduced by using protein compounds such as sodium caseinates and whole soy flour, while still maintaining desirable sensory properties in the product. The protein compounds in the formulation of low-calorie butter soften the product's structure due to interactions with water. Reducing fat content in the formulation of low-calorie butter requires an increase in water content, which is stabilized using stabilizers for water retention. Additionally, emulsifiers are added to the oil phase to facilitate the formation and maintenance of water-in-oil emulsions.

Keywords: butter, low-calorie, fat substitute, emulsifier, stabilizer.

³ PhD Student, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Varamin-Pishva Branch, Iran

⁴ Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Varamin-Pishva Branch, Iran

Corresponding Author: mandana.zorman@gmail.com