

(مقاله پژوهشی)

اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز، صمغ دانه مرو و میزان چربی بر خصوصیات خامه کم چرب شیر شتر

مرتضی کاشانی نژاد^۱ و سید محمد علی رضوی^{۲*}

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۱

چکیده

در این تحقیق، با توجه به اهمیت ارزش غذایی خامه شیر شتر و نقش هیدروکلوئیدها به عنوان جایگزین چربی مناسب و بهبود دهنده ویژگی های رئولوژیکی آن، اثر مقادیر مختلف صمغ دانه مرو (۰ تا ۰/۵ درصد)، کربوکسی متیل سلولز (۰ تا ۰/۵ درصد) و چربی (۱۸ تا ۲۵ درصد) بر ویژگی های بافتی، رئولوژیکی و رنگ خامه کم چرب شیر شتر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمون اکستروژن برگشتی نشان داد که با افزایش میزان کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو سختی، چسبندگی و حالت صمغی نمونه ها افزایش یافت، در حالی که با کاهش چربی فقط سختی نمونه ها کاهش یافت. از مدل های هرشل- بالکلی و مور نیز برای توصیف رفتار جریان رئولوژیکی مستقل از زمان نمونه ها استفاده شد و نتایج بدست آمده از مدل سازی نشان داد، هر دو مدل به دلیل ضریب تبیین بالا، مدل مناسبی برای برازش داده های تنش برشی- درجه برش نمونه های خامه شیر شتر بودند. نتایج حاصل از آنالیز رنگ نیز نشان داد که با کاهش چربی تنها پارامتر b^* نمونه ها به طور معنی دار کاهش یافت و صمغ دانه مرو و کربوکسی متیل سلولز هیچ گونه اثر معنی داری بر پارامترهای رنگی نداشتند. به منظور بهینه سازی صفات در این تحقیق، سختی، ضریب قوام و ویسکوزیته در درجه برش بی نهایت حداکثر و میزان چربی، چسبندگی و رفتار جریان حداقل در نظر گرفته شدند که با توجه به صفات مذکور، میزان صمغ دانه مرو ۰/۴۲۶٪، کربوکسی متیل سلولز ۰/۳۳٪ و چربی ۲۲/۲۷٪ به دست آمد.

واژه های کلیدی: بافت؛ خامه کم چرب؛ رنگ؛ رئولوژی؛ هیدروکلوئید.

۱- مقدمه

افزایش جمعیت و کاهش تولید سرانه مواد غذایی در کشورهای در حال توسعه، توجه به توسعه منابع حاشیه‌ای مانند مراتع خشک و نیمه خشک و بهینه سازی موقعیت آن‌ها از طریق گسترش سیستم‌های مناسب تولید دام، به ویژه شتر، را ضروری ساخته است. در مقایسه با تولید جهانی شیر سایر دام‌ها که ۳/۶ برابر تولید جهانی گوشت آن‌ها می‌باشد (۱)، می‌توان نتیجه گرفت که شتر اساساً یک دام شیری محسوب می‌شود. چربی شیر شتر نیز از نظر تغذیه‌ای به عنوان منبع انرژی، ویتامین‌های محلول در چربی و اسیدهای چرب ضروری ایفای نقش می‌کند که می‌تواند به عنوان یک منبع غذایی مناسب مورد استفاده قرار گیرد. بررسی الگوی کلی اسیدهای چرب شیر شتر در مقایسه با سایر گونه‌ها مانند گاو، بز و گوسفند نشان می‌دهد که اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (C_4-C_{12}) به میزان بسیار کمتری در شیر شتر یافت می‌شوند. اما غلظت اسیدهای چرب $C_{14:0}$ ، $C_{16:0}$ و $C_{18:0}$ نسبتاً زیاد و میزان $C_{16:1}$ نسبت به سایر گونه‌ها بیشتر است. نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع در شیر شتر بیشتر از شیر سایر گونه‌ها است (۱۳)، از نظر متابولیسم بدن وجود مقدار بیشتر اسیدهای چرب غیر اشباع در شیر شتر (۴۳/۱ درصد) در مقایسه با شیر گاو (۳۸/۸ درصد) مناسب است. علاوه بر این، شیر شتر حاوی مقادیر قابل توجهی از اسیدهای چرب ضروری $C_{18:2n-6}$ می‌باشد (۲۳). لذا علاوه بر شیر شتر، تولید فرآورده‌های چرب از جمله خامه شیر شتر نیز به شرط حفظ خصوصیات مورد پسند مصرف کننده، بازار خوبی را برای تولید کنندگان فراهم خواهد کرد. از طرفی در طی دهه‌ی گذشته مصرف محصولات غذایی بدون چربی و کم چربی گسترش زیادی پیدا کرده است، به این دلیل که بین مصرف چربی و بیماری‌هایی مانند چاقی، بیماری‌های قلبی و عروقی و سرطان ارتباط مستقیم وجود دارد. بنابراین مطالعات زیادی در جهت تولید محصولات رژیمی کم چرب به ویژه

محصولات لبنی رژیمی صورت گرفته است (۳۴). خامه نیز یکی از محصولاتی است که با محتوای چربی بالا پتانسیل زیادی را برای تحقیق در این راستا دارد و تولید خامه کم چرب به شرط حفظ خصوصیات مورد پسند مصرف کننده، بازار خوبی را برای تولید کنندگان فراهم خواهد کرد (۱). از طرفی کاهش چربی منجر به کاهش ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی غذا مانند طعم و مزه، احساس دهانی و بافت می‌شود. بنابراین تولید یک محصول کم چرب با همان ویژگی‌های محصول پر چرب، دشوار است. از طرفی به منظور تقلید عملکردهای متفاوت چربی در محصول کم چرب، مواردی از قبیل قوام محصول، تاثیر اندازه ذرات بر احساس دهانی، رنگ، طعم و ویژگی‌های رئولوژیکی، بایستی مورد توجه قرار گیرد (۲۰). از این رو افزودن مقلد چربی^۱ نظیر هیدروکلئیدها (۲۹) بسیار توسعه یافته است. هیدروکلئیدها ترکیباتی هستند که ایجاد قوام و بافت می‌کنند، باعث افزایش پایداری می‌شوند، تشکیل ژل می‌دهند و احساس دهانی را بهبود می‌بخشند. هیدروکلئیدها، حالتی مشابه یک ساختار چرب و روغنی برای محصولاتی که چربی آن‌ها کاهش یافته است، ایجاد می‌کنند. در حقیقت هیدروکلئیدها مقدار کم چربی را به وسیله توانایی شان در جذب و پیوند آب و داشتن ویژگی‌های بافت دهندگی جبران می‌کنند (۱۲). استفاده از ترکیب هیدروکلئیدها به علت خواص سینرژیستی آن‌ها در صنایع غذایی نیز بسیار رایج است (۱۸)، زیرا استفاده از مخلوط صمغ‌ها می‌تواند باعث بهبود کیفیت شود و از طرفی با کمتر کردن غلظت یک صمغ در فرمولاسیون از نظر اقتصادی نیز به صرفه تر خواهد بود (۳۳). مرو (یا مریم گلی^۲) یکی از گیاهان بومی ایران است که صمغ دانه حاصل از آن می‌تواند به عنوان یک هیدروکلئید غذایی جدید معرفی شود زیرا دارای خصوصیات عملکردی فوق العاده‌ای همچون پایدارکنندگی، قوام‌دهندگی و ژل‌دهندگی

1- Fat mimic

2- Sage seed gum

تهیه شد. کربوکسی متیل سلولز از شرکت فود کم (FoodChem) (شیراز، ایران) تهیه شد. برای تهیه صمغ دانه مرو نیز دانه مرو از یک عطاری خریداری شد و استخراج تحت شرایط دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، نسبت آب به دانه ۱:۵۱ و $\text{pH} = 5/5$ و تهیه پودر صمغ آن مطابق روش بستان و همکاران (۲۰۱۰) انجام شد (۸).

۲-۲- تهیه نمونه ها

شیر شتر پرچرب از بازار محلی مشهد در مجتمع آموزشی- تحقیقاتی صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد و پس از پیش گرم شدن (۳۷ درجه سانتیگراد) چربی آن توسط سپراتور جدا شد (چربی شیر پس چرخ ۱/۶ درصد چربی). سپس با استفاد از مربع پیرسون مخلوط شیر پس چرخ و چربی تولیدی برای تهیه خامه هایی با ۱۸، ۱۹، ۲۱/۵، ۲۴ و ۲۵ درصد چربی مورد استفاده قرار گرفت. سپس صمغ دانه مرو و کربوکسی متیل سلولز بر مبنای تیمارهای طراحی شده (جدول ۱) به شیر ۴۵ درجه افزوده شد و به صورت ملایم حرارت داده شد تا کاملاً حل گردد. پس از مخلوط کردن خامه با صمغ و هموزنیسیون در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد، نمونه های خامه در لیوان پلی اتیلن بسته بندی و در دمای ۴ درجه سانتی گراد تا زمان انجام آزمون ها در یخچال نگهداری شدند.

۲-۳- آزمون رئولوژیکی برشی پایا

رفتار جریان نمون ها در محدوده سرعت برشی ۴۰۰-۱۴ بر ثانیه با استفاده از اسپیندل (باب و کاپ) و نوع (C25) ویسکومتر چرخشی بوهلین (Visco88, Bohlin Ltd., UK) در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد اندازه گیری شد و از مدل های هرشل - بالکلی^۱ (معادله ۱) و مدل مور^۲ (کراس ساده شده^۳، معادله ۲)

می باشد (۲۸). بیوپلیمر مورد توجه دیگر کربوکسی متیل سلولز است که یک مشتق آنیونی از سلولز است. این صمغ به عنوان یک عامل قوام دهنده و پایدارکننده در محصولات غذایی به ویژه خامه استفاده می شود. تحقیقات مختلفی روی اثرات جایگزین های چربی بر خصوصیات خامه به ویژه خامه کم چرب تهیه شده از شیر گاو صورت پذیرفته است به عنوان مثال امام جمعه و همکاران (۲۰۰۸) اثر افزودن WPC را روی خصوصیات فیزیکی خامه لبنی شیرین هموزنیزه شده بررسی نمودند و نشان دادند که افزودن WPC ویسکوزیته ظاهری خامه های زده نشده را افزایش داد (۱۰). فرحناکی و همکاران (۱۳۹۰) اثر ژلاتین به عنوان هیدروکلوئید جایگزین چربی در تولید خامه کم چرب بررسی کردند و نتایج آن ها نشان داد که ژلاتین قادر به بهبود ویژگی های نمونه های خامه کم چربی و نزدیک کردن ویژگی های آن به ویژگی های خامه شاهد (۳۰ درصد چربی) می باشد (۴). امیری و رادی (۱۳۷۸) نیز نشان داد که افزودن نشاسته اصلاح شده در سطح جایگزینی ۵ درصد به دلیل حفظ حالت خامه ای و دارا بودن بافت و طعمی قابل قبول برای تهیه خامه کم چرب می تواند مفید باشد (۱). اما تاکنون اطلاعاتی در مورد خامه شیرشتر و اثرات جایگزین های چربی بر خصوصیات آن منتشر نشده است. بنابراین هدف این تحقیق، بررسی و بهینه سازی تاثیر کربوکسی متیل سلولز، صمغ دانه مرو و برهم کنش آن ها بر ویژگی های رئولوژیکی، بافتی و رنگ خامه کم چرب شیر شتر می باشد، به طوری که علاوه بر بهبود خصوصیات تولید محصولی مشابه با نوع پرچرب، از لحاظ اقتصادی نیز تولید خامه شیر شتر با تعیین ترکیب بهینه صمغ ها مقرون به صرفه باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- انتخاب مواد اولیه

شیر شتر مورد استفاده در این تحقیق از مجتمع آموزشی- تحقیقاتی صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

1- Herschel-Bulkley
2- Moore Model
3- Simplified Cross Model

برای مدلسازی داده های تنش برشی-درجه برش و توصیف رفتار جریان نمونه ها استفاده شد (۲۶):

معادله (۱)

$$\tau = K_H (\dot{\gamma})^{n_H} + \tau_{0H}$$

K_H : ضریب قوام مدل هرشل-بالکلی (Pa sⁿ)، n_H : شاخص رفتار جریان مدل هرشل-بالکلی (بدون بعد) و τ_{0H} تنش تسلیم مدل هرشل-بالکلی (Pa)

معادله (۲)

$$\eta = \eta_{\infty} + \frac{\eta_0 - \eta_{\infty}}{1 + \tau \gamma}$$

η_0 : ویسکوزیته در درجه برش صفر (Pa s)، η_{∞} : ویسکوزیته در درجه برش بینهایت (Pa s) و τ : زمان رهاش (s).

۲-۴-آزمون اکستروژن برگشتی-آنالیز پروفیل بافت^۲

برای انجام آزمون اکستروژن برگشتی - آنالیز پروفیل بافت از دستگاه آنالیز بافت (Brookfield Texture Analyzer,) استفاده شد (۹). جهت انجام این آزمون از سیلندر با قطر ۵۰ میلیمتر و ارتفاع ۱۰۰ میلیمتر و پروب با قطر ۴۵ میلیمتر و ارتفاع ۱۰۰ میلیمتر و سرعت حرکت پروب ۱ میلی متر بر ثانیه در نظر گرفته شد. نمونه های خامه در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد، تا ۶۰٪ ارتفاع اولیه (ارتفاع ۴۰ میلی متر سیلندر) طی سیکل رفت - برگشتی توسط دستگاه اکستروژن شدند (۱۷). صفات مورد بررسی عبارت بودند از سختی^۳ (ارتفاع پیک اصلی در سیکل اول اکستروژن، N)، پیوستگی^۴ (سطح زیر منحنی دوم در مرحله رفت به سطح زیر منحنی اول در مرحله رفت)، حالت صمغی^۵ (حاصل ضرب مقادیر سختی در

پیوستگی، g) و چسبندگی^۶ (مساحت زیر نمودار در قسمت منفی، mJ) (۳۰).

۲-۵-آنالیز رنگ

برای ارزیابی رنگ از روش پردازش تصویر استفاده شد. جهت عکس برداری ۵۰ گرم از هر نمونه درون پلیت آزمایشگاهی ریخته شد. تجهیزات عکسبرداری شامل یک اتاقک تاریک (جهت جلوگیری از ایجاد نوسان در عکسبرداری و عدم بازتاب نور) و شش لامپ فلورسنت بود. عکسبرداری با استفاده از دوربین دیجیتال Canon PowerShot A550 متصل به رایانه صورت گرفت. دوربین در فاصله ۱۵ سانتیمتری نمونه ها و موازی با آن روی پایه ثابت قرار گرفت. کلیه تصاویر به فرمت JPG و دارای وضوح ۲۵۰۰×۲۰۰۰ پیکسل در قالب مدل رنگی RGB بودند. به منظور حذف بخش های اضافه تصویر و نیز کاهش حجم کار پردازش تصویر در ابتدا برشی از تصاویر به ابعاد ۵۰۰×۵۰۰ با استفاده از نرم افزار Image J به دست آمد و سپس آنالیز تصاویر نیز با استفاده از نرم افزار Image J (National Institute of Health, USA) صورت پذیرفت. از مدل رنگی *CIE L*a*b* (سیاه صفر تا سفید ۱۰۰)، *a* (قرمز ۶۰ تا سبز -۶۰) و *b* (زرد ۶۰ تا آبی -۶۰) نیز برای تعیین پارامترهای رنگ نمونه ها استفاده شد که میانگین مقادیر *L* و *a* و *b* برای ۱۵ نمونه در دو تکرار اندازه گیری شد.

۲-۶-طرح آزمایش و آنالیز آماری

در این طرح تیمارهای فرایند به روش کاملاً تصادفی در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD)^۷ (فاکتوریل کسری با رزولوشن نوع پنج و ۵ تکرار در نقطه مرکزی) برای سه متغیر و در پنج سطح انجام شد به صورتی که تعداد کل تیمارها ۱۵ تیمار شد (جدول ۱). نتایج پژوهش با استفاده از نرم افزار آماری (Design-Expert version 10) به روش سطح پاسخ

- 1- Relaxation
- 2- Cohesiveness
- 3- Gumminess
- 4- Hardness
- 5- Modified Texture Profile Analysis (TPA) and back extrusion test
- 6- Adhesiveness
- 7- Central composite design

(RSM) آنالیز شد و هر یک از متغیرهای پاسخ در قالب مدل رگرسیون چند جمله‌ای ارائه شدند. سپس با استفاده از جدول آنالیز واریانس (ANOVA) معنی‌دار بودن اثرات خطی، درجه دوم و متقابل ضرایب مدل رگرسیون برای هر پاسخ در سطوح ۰/۰۵، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱ بررسی گردید.

جدول ۱- سطوح متغیرهای مستقل طرح مرکب مرکزی نمونه های خامه شیر شتر

تیمار	صمغ دانه مرو (درصد)	کربوکسی متیل سلولز (درصد)	چربی (درصد)
۱	۰/۴۵	۰/۴۵	۱۹
۲	۰/۴۵	۰/۱	۲۴
۳	۰/۱	۰/۴۵	۲۴
۴	۰/۱	۰/۱	۱۹
۵	۰	۰/۲۵	۲۱/۵
۶	۰/۵	۰/۲۵	۲۱/۵
۷	۰/۲۵	۰	۲۱/۵
۸	۰/۲۵	۰/۵	۲۱/۵
۹	۰/۲۵	۰/۲۵	۱۸
۱۰	۰/۲۵	۰/۲۵	۲۵
۱۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۲۱/۵
۱۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۲۱/۵
۱۳	۰/۲۵	۰/۲۵	۲۱/۵
۱۴	۰/۲۵	۰/۲۵	۲۱/۵
۱۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۲۱/۵

۳- نتایج و بحث

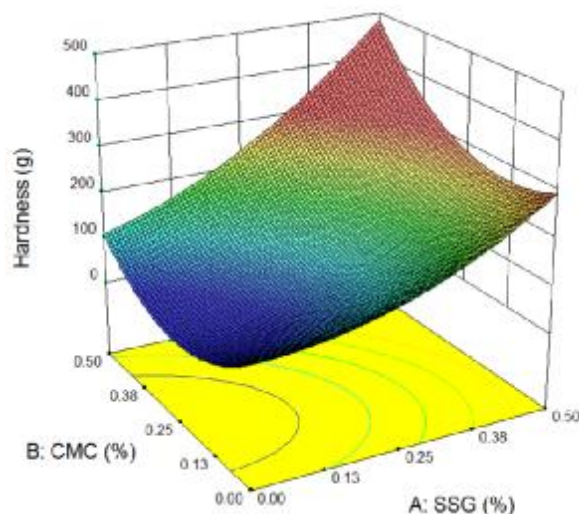
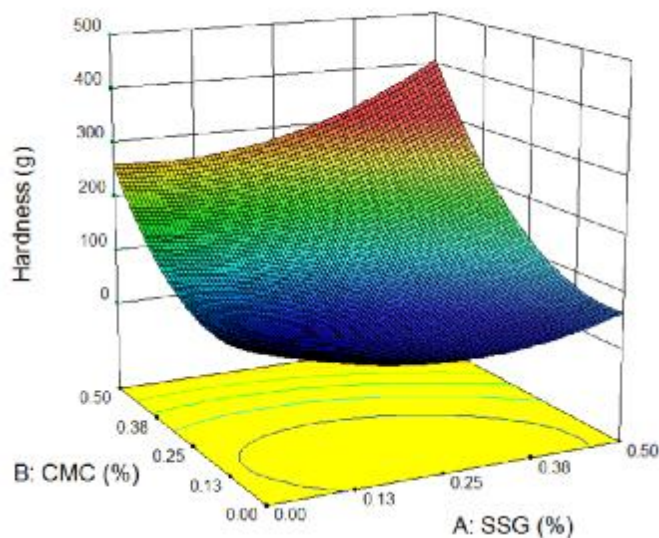
۳-۱- سختی

سختی، بیانگر بیشینه نیرو در سیکل اول آزمون اکستروژن می باشد که به عنوان یکی از ویژگی‌های مهم بافتی مطرح می باشد (۷). سختی نمونه های مورد آزمون بین ۳۶ تا ۳۱۰ گرم متغیر بود. مدل چند جمله ای درجه سه (معادله ۳) نیز به دلیل ضریب تبیین ۰/۹۹ و معنی دار نبودن فاکتور عدم برازش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برازش را بر داده های پاسخ سختی داشت که در این مدل A، B و C به ترتیب صمغ دانه مرو، کربوکسی متیل سلولز و چربی هستند.

(۳)

$$Hardness = 2222.31 - 2075A + 1124B - 195C + 637AB + 116AC - 77.35BC + 0.99A^2 + 1542B^2 + 4.44C^2$$

همچنین نتایج بررسی ها نشان داد که کلیه اثرات خطی، متقابل و درجه دوم صمغ دانه مرو، کربوکسی متیل سلولز و چربی در سطح ۹۹ درصد بر سختی نمونه ها معنی دار بود. شکل (۱) تأثیر صمغ دانه مرو و کربوکسی متیل سلولز را بر سختی نمونه ها در شرایطی که چربی ۱۸ درصد (شکل الف) و ۲۵ درصد (شکل ب) ثابت نگه داشته شده را با توجه به ضرایب مدل نشان می دهد.



شکل ۱- تأثیر صمغ دانه مرو و کربوکسی متیل سلولز بر سختی نمونه ها، چربی ۱۸ درصد (شکل الف) و چربی ۲۵ درصد (شکل ب)

اگرچه کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو دارای ساختار هیدروفیل می باشند و با افزایش گرانیوی فاز پیوسته، به دام انداختن آب در یک شبکه سه بعدی و در نهایت کاهش تحرک قطرات فاز پراکنده باعث افزایش سختی نمونه ها شدند اما بدیهی است نمونه های حاوی چربی پایین تر دارای مقادیر بالاتری از سایر ترکیبات موجود در شیر از جمله پروتئین هستند که بر روی عملکرد این دو صمغ موثر است زیرا تفاوت

با توجه به شکل ۱- الف و ۱- ب می توان دریافت که با افزایش میزان کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو سختی نمونه ها افزایش می یابد و با توجه به اینکه شیب نمودار کربوکسی متیل سلولز در چربی کم، زیاد و شیب نمودار صمغ دانه مرو در چربی زیاد، زیاد است می توان نتیجه گرفت که کربوکسی متیل سلولز در شرایط چربی پایین و صمغ دانه مرو در شرایط چربی بالا عملکرد بهتری بر افزایش سختی دارند.

۳-۲- چسبندگی

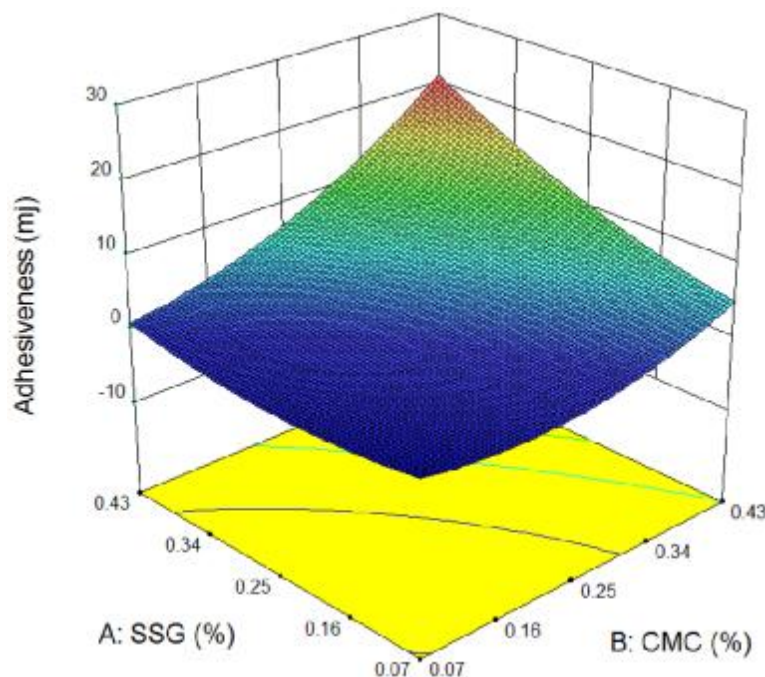
نیروی چسبندگی، کار لازم جهت غلبه بر نیروی جاذبه سطحی بین ذرات می باشد (۲۴). چسبندگی نمونه های مورد آزمون به ترتیب بین ۰/۴ تا ۲۰/۳ (mJ) متغیر بود. مدل چند جمله ای درجه سه (۲) نیز به دلیل ضریب ۰/۹۷ و معنی دار نبودن فاکتور عدم برارزش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برارزش را بر داده های پاسخ چسبندگی داشت.

(۴)

$$Adh/(\text{mJ}) = 122.71 - 214.90A - 36.874B - 11.92C + 134.77AB + 51.444C + 64.233BC + 0.55A^2 + 12.055B^2 + 0.29C^2$$

همچنین نتایج بررسی ها نشان داد که کلیه اثرات خطی، متقابل و درجه دوم کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو در سطح ۹۹ درصد بر چسبندگی نمونه ها معنی دار بود در حالی که چربی هیچ گونه اثر معنی داری بر روی چسبندگی نمونه ها نداشت. شکل ۲ تأثیر صمغ دانه مرو و کربوکسی متیل سلولز را بر چسبندگی نمونه ها در شرایطی که چربی در نقطه مرکزی (۲۱/۵ درصد) ثابت نگه داشته شده را با توجه به ضرائب مدل نشان می دهد.

در جاذبه الکترواستاتیک این صمغ ها با کازئین (که موجب جذب این هیدروکلوئید ها روی سطح کازئین موجود در نمونه ها می گردد) و وجود دافعه الکترواستاتیک متفاوت به دلیل حضور بارهای هم نام متفاوت روی این دو صمغ و تعداد مولکول هایی که در این مناطق نقش دارند منجر به عملکرد متفاوت آنها را در میزان چربی های مختلف شده است. Rao و همکاران (۱۹۹۹) نیز نشان دادند که افزودن غلظت های مختلف صمغ زانتان منجر به افزایش سختی خامه قنادی شد (۲۶). Imeson (۲۰۱۰) نیز نشان داد که افزودن لامبدا کاراگینان و صمغ لوبیای خرنوب توانست سختی خامه قنادی را افزایش دهد (۱۴). بر اساس نتایج تحقیق افزایش چربی نیز منجر به افزایش سختی نمونه ها گردید. افزایش چربی به دلیل ساختار قوی ناشی از حضور درصد بالای گویچه های چربی که به صورت جزئی الحاق شده اند منجر به افزایش سختی نمونه ها شد. Sajedi و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که میزان چربی بر سختی خامه هوادهی شده موثر است (۳۰).



شکل ۲- تأثیر کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو بر چسبندگی نمونه ها (چربی ۲۱/۵ درصد)

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود با افزایش کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو به تنهایی چسبندگی نمونه‌ها افزایش می‌یابد، اگر چه که با افزایش همزمان کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو چسبندگی نمونه‌ها به میزان بیشتری افزایش یافته است که نشان دهنده اثر سینرژیستی کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو بر چسبندگی نمونه‌ها می‌باشد. در ارتباط با چسبندگی نمونه‌های خامه می‌توان گفت که با توجه به این که نیروی چسبندگی، نیروی لازم جهت غلبه بر نیروی اصطکاک بین دو سطح است، لذا هرچه ساختار و شبکه کریستالهای چربی از سختی بیشتری برخوردار باشد، چسبندگی نیز بیشتر خواهد بود. همچنین چسبندگی نیز مانند شاخص سختی تحت تأثیر شبکه سه بعدی ضعیف ایجاد شده توسط صمغ قرار می‌گیرد (۶)، از طرفی ویژگی‌های ساختاری متفاوت این دو صمغ با یکدیگر از جمله وزن مولکولی، تعداد شاخه جانبی و بار موجود متفاوت، سبب ایجاد اختلاف در نوع پیوند در نقاط اتصال و تعداد مولکول‌هایی که در این مناطق نقش دارند (دانسیته اتصالات و درگیری‌های ماکرومولکولی) می‌گردد لذا افزایش همزمان این دو صمغ نیز با افزایش نیروهای جاذب و برهمکنش‌های فیزیکی که در تشکیل شبکه سه بعدی نقش دارند، منجر به افزایش چسبندگی نمونه‌ها شد. محمدی و همکاران (۱۳۹۸) نیز نشان دادند که افزایش صمغ کنجاک منجر به افزایش چسبندگی نمونه‌های خامه کم چرب گردید (۵).

همچنین نتایج پژوهش نشان داد که در مقادیر پایین چربی با تغییرات کربوکسی متیل سلولز پیوستگی نمونه‌ها چندان تغییر نمی‌یابد در حالی که در مقادیر بالای چربی با افزایش کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو پیوستگی نمونه‌ها نیز افزایش می‌یابد و با توجه به اینکه فقط اثر متقابل چربی- کربوکسی متیل سلولز و چربی- صمغ دانه مرو بر پیوستگی نمونه‌ها معنی‌دار بود می‌توان به نقش موثر اثر متقابل آنها بر پیوستگی نمونه‌ها پی برد. شاخص پیوستگی تحت عنوان قدرت پیوندهای داخلی غذاها تعریف می‌شود، و قدرت کششی و پیوستگی بافت غذا را نشان می‌دهد (۲۴). کاشانی نژاد و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان دادند که اثر متقابل صمغ کنجاک با کنساتره پروتئین شیر و پودر آب پنیر منجر به افزایش پیوستگی نمونه‌های ماست تغلیظ شده گردید (۱۷).

۳-۴- حالت صمغی

حالت صمغی تحت عنوان نیروی مورد نیاز برای از هم پاشیدن مواد غذایی نیمه جامد به حالت آماده برای بلع، تعریف می‌شود (۱۸). حالت صمغی نمونه‌های مورد آزمون به ترتیب بین ۱۸ تا ۱۹۱ گرم متغیر بود. مدل چند جمله‌ای درجه سه (معادله ۶) نیز به دلیل ضریب ۰/۸۱ و معنی‌دار نبودن فاکتور عدم برازش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برازش را بر داده‌های پاسخ حالت صمغی داشت.

(۶)

$$Gumminess = -50.89 - 603.56A + 594.37B + 1.55C + 386.41AB + 34.23AC - 19.25BC$$

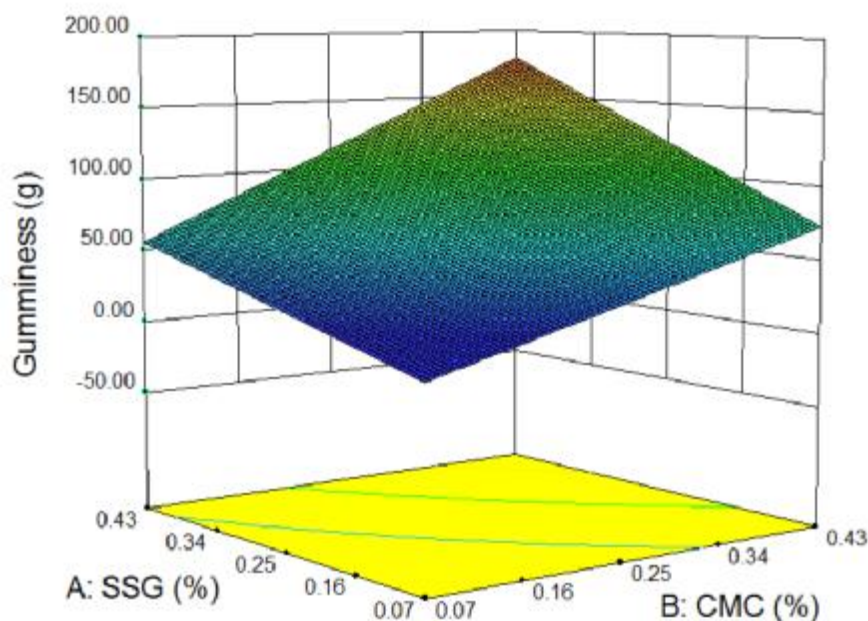
همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که فقط اثر خطی کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو در سطح ۹۵ درصد بر حالت صمغی نمونه‌ها معنی‌دار بود و چربی هیچگونه اثر معنی‌داری بر روی حالت صمغی نمونه‌ها نداشت. شکل ۳ تأثیر صمغ دانه مرو و کربوکسی متیل سلولز را بر حالت صمغی نمونه‌ها در شرایطی که چربی در نقطه مرکزی (۲۱/۵ درصد) ثابت نگه‌داشته شده است را با توجه به ضرائب مدل نشان می‌دهد.

۳-۳- پیوستگی

نتایج تحقیق نشان داد که پیوستگی نمونه‌های مورد آزمون بین ۰/۴۱ تا ۰/۸۸ متغیر بود. مدل چند جمله‌ای درجه سه (معادله ۵) نیز به دلیل ضریب تبیین ۰/۹۹ و معنی‌دار نبودن فاکتور عدم برازش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برازش را بر داده‌های پاسخ پیوستگی داشت.

(۵)

$$Cohesiveness = -367 - 12.73A - 0.72B + 0.29C - 3.168AB - 0.255AC + 0.099BC - 3.7623A^2 - 1.443B^2 - 0.004C^2$$



شکل ۳- تأثیر کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو بر حالت صمغی نمونه‌ها (چربی ۲۱/۵ درصد)

۳-۵-۱- پارامترهای مدل هرشل- بالکلی

شاخص رفتار جریان تمامی نمونه‌ها کمتر از ۱ بود که نشان دهنده رفتار شل شونده با برش (سودوپلاستیک) نمونه‌های خامه می‌باشد. علت بروز رفتار سودوپلاستیک کلیه نمونه‌ها این است که مولکولها در درجه برش‌های پایین به صورت نامنظم آرایش پیدا می‌کنند و تنها به صورت جزئی هم راستا می‌باشند و این امر منجر به ایجاد ویسکوزیته بالا در مخلوط می‌شود. اما با افزایش درجه برش مولکول‌ها هم راستا شده و در نتیجه اصطکاک داخلی و ویسکوزیته مخلوط کاهش می‌یابد (۲۱). در اثر اعمال درجه برش‌های مختلف ساختار گلبول‌های چربی شکسته شده، در نتیجه مقاومت درونی در برابر برش کاهش می‌یابد که می‌تواند بیانگر این رفتار شل شونده با برش خامه باشد (۲۵). همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که هیچ کدام از اثرات خطی و درجه دوم و متقابل اثرات چربی، کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو بر شاخص رفتار جریان نمونه‌ها معنی‌دار نبود ($P > 0.05$).

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو حالت صمغی نمونه‌ها نیز افزایش می‌یابد که این تغییرات نیز مشابه روند تغییرات سختی نمونه‌ها بود، به صورتی که با تقویت شبکه کریستال‌های چربی و افزایش سختی در اثر افزودن صمغ، حالت صمغی نیز افزایش یافت و در واقع نیروی لازم برای از هم پاشیدن بافت خامه زیاد شد. کاشانی نژاد و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان دادند که افزایش صمغ کنجاک منجر به افزایش حالت صمغی نمونه‌های ماست تغلیظ شده گردید (۱۷).

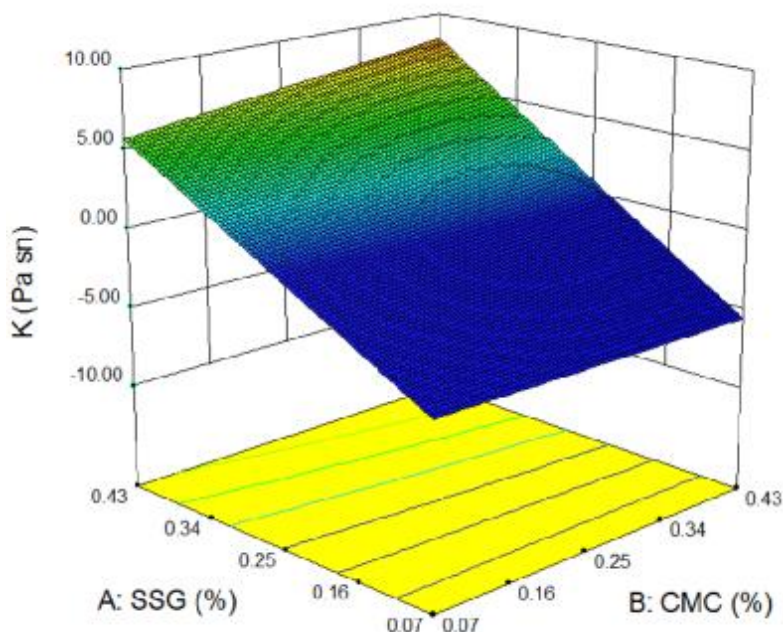
۳-۵-۲- رفتار جریان برشی پایا

نتایج آنالیز رفتار جریان نمونه‌ها با مدل‌های رئولوژیکی هرشل- بالکلی و مور برازش داده شد و ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۰ برای هر دو مدل نشان دهنده برازش مناسب داده‌ها با مدل‌های مورد آزمون بود.

(۷)

$$Consistency = 61.22 - 9.26A - 247.14B - 3.186C + 23.02AB + 1.8154C + 11.37BC$$

همچنین نتایج بررسی ها نشان داد که اثر صمغ دانه مرو در سطح ۹۹ درصد و کربوکسی متیل سلولز در سطح ۹۵ درصد بر ضریب قوام نمونه ها معنی دار بود، در حالی که چربی هیچ گونه اثر معنی داری بر روی ضریب قوام نمونه ها نداشت. شکل ۴ تأثیر صمغ دانه مرو و کربوکسی متیل سلولز را بر ضریب قوام در شرایطی که چربی در نقطه مرکزی (۲۱/۵ درصد) ثابت نگه داشته شده است را با توجه به ضرائب مدل نشان می دهد.



شکل ۴- تأثیر صمغ دانه مرو و کربوکسی متیل سلولز بر ضریب قوام نمونه ها (چربی ۲۱/۵ درصد)

شروع جریان داشتند. در بین تمامی مدلها، مدل چند جمله ای درجه سه (معادله ۸) نیز به دلیل ضریب تبیین ۰/۹۹ و معنی دار نبودن فاکتور عدم برازش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برازش را بر داده های پاسخ تنش تسلیم داشت.

(۸)

$$Yield\ stress = 86.23 - 146.59A + 109.57B - 7.79C - 33.06AB + 0.55AC - 6.13BC - 24.22A^2 - 111.91B^2 + 0.17C^2$$

ضریب قوام ملاکی برای اندازه گیری طبیعت ویسکوز مواد غذایی است (۳۱). برای ایجاد ویسکوزیته بالا و احساس دهانی مناسب و دلخواه می بایست ضریب قوام نمونه ها بالا و شاخص رفتار جریان پایین باشد (۱۶). از آنجایی که تمام نمونه های تهیه شده در این تحقیق ضریب قوام بالا داشتند، در نتیجه از این نظر نیز مطلوب بودند. مدل چند جمله ای درجه سه (معادله ۷) نیز به دلیل ضریب تبیین ۰/۹۹ و معنی دار نبودن فاکتور عدم برازش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برازش را بر داده های پاسخ ضریب قوام داشت.

همان طور که در شکل (۴) مشاهده می شود با افزایش صمغ دانه مرو و کربوکسی متیل سلولز ضریب قوام نمونه ها نیز به طور معنی دار افزایش یافته است. غفاری امام (۱۳۹۵) نشان داد که افزودن پودر ثعلب به عنوان هیدروکلوئید بومی ایران منجر به افزایش ضریب قوام خامه قنادی شد (۳). داده های تنش تسلیم نیز نشان داد که کلیه نمونه ها دارای ساختار شبکه ای جامد گونه ای بودند که احتیاج به یک مقدار نیروی مشخص برای

نمونه ها معنی دار بود و چربی هیچگونه اثر معنی داری بر روی زمان رهايش نمونه ها نداشت. با افزایش کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو زمان رهايش نمونه ها نیز افزایش یافت و اعداد زمان رهايش بالاتر نمونه های حاوی صمغ می تواند مربوط به افزایش درگیری رشته های پلیمری آنها باشد (۱۹). ویسکوزیته در درجه برش صفر و بی نهایت نمونه های مورد آزمون نیز به ترتیب بین ۰/۱۸ تا ۰/۹۰ و ۰/۰۱ تا ۰/۱ پاسکال ثانیه متغیر بودند. مدل های چند جمله ای درجه سه (معادلات ۱۱ و ۱۰) نیز به دلیل ضریب تبیین بالاتر از ۰/۸۰ و معنی دار نبودن فاکتور عدم برازش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برازش را بر داده های مورد آزمون ویسکوزیته دما در درجه برش صفر و بی نهایت داشتند.

(۱۰)

$$\tau_{Zero-shear\ viscosity} = 0.341 + 0.145A + 0.1151B + 0.0241C + 0.2746AB + 0.0004AC + 0.0007BC$$

(۱۱)

$$\ln(\tau_{infinite-shear\ viscosity}) = -0.025 + 0.575A + 1.072B - 0.002C - 1.197AB - 0.0382AC - 0.0387BC$$

همچنین نتایج بررسی ها نشان داد که اثر خطی کربوکسی متیل سلولز، صمغ دانه مرو و چربی در سطح ۹۵ درصد بر ویسکوزیته در درجه برش صفر نمونه ها و در سطح ۹۹ درصد بر ویسکوزیته در درجه برش بی نهایت نمونه ها معنی دار بودند. شکل های ۵ و ۶ نیز تأثیر صمغ دانه مرو و کربوکسی متیل سلولز را به ترتیب بر ویسکوزیته در درجه برش صفر و ویسکوزیته در درجه برش بی نهایت نمونه ها را در شرایطی که چربی در نقطه مرکزی (۲۱/۵ درصد) ثابت نگه داشته شده را با توجه به ضرائب مدل ها نشان می دهند.

همچنین نتایج بررسی ها نشان داد که فقط اثر خطی کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو در سطح ۹۵ درصد بر تنش تسلیم نمونه ها معنی دار بود و چربی هیچگونه اثر معنی داری بر روی تنش تسلیم نمونه ها نداشت به طوری که با افزایش کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو تنش تسلیم نمونه ها نیز افزایش می یابد و با افزایش همزمان کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو، تنش تسلیم نمونه ها حداکثر خواهد بود.

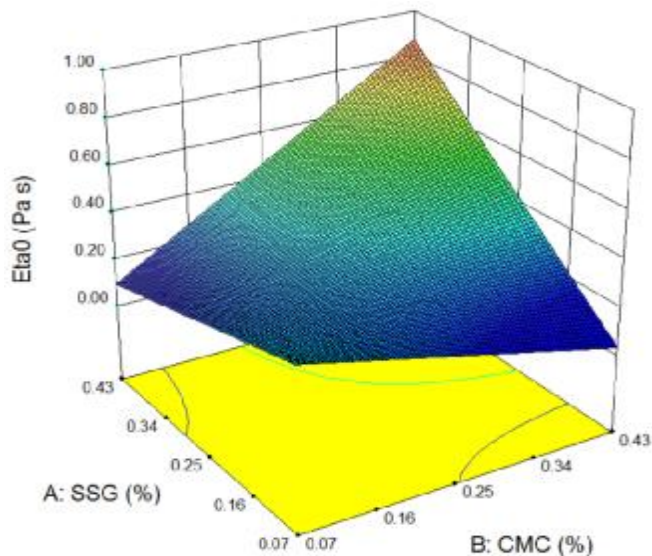
۳-۵-۲- پارامتر های مدل مور

در این تحقیق، مدل مور نیز به جهت دارا بودن پارامترهای ویسکوزیته در درجه برش صفر (η_0) و ویسکوزیته در درجه برش بی نهایت (η_∞) برای توصیف رفتار بسیار شل شونده نمونه ها در محدوده درجه برش گسترده، مورد استفاده قرار گرفت و این مدل نیز به خوبی توانست با داده های آزمون برشی پایای خامه برازش شود ($R^2=0/999$). زمان رهايش نمونه های مورد آزمون به ترتیب بین ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۴۱ ثانیه متغیر بود. زمان رهايش (τ) به عنوان زمان مورد نیاز ماکرو مولکول ها برای رسیدن به تعادل در محیط برش تعریف می شود. در بین تمامی مدلها، مدل چند جمله ای درجه سه (معادله ۹) نیز به دلیل ضریب تبیین ۰/۸۸ و معنی دار نبودن فاکتور عدم برازش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برازش را بر داده های پاسخ زمان رهايش داشت.

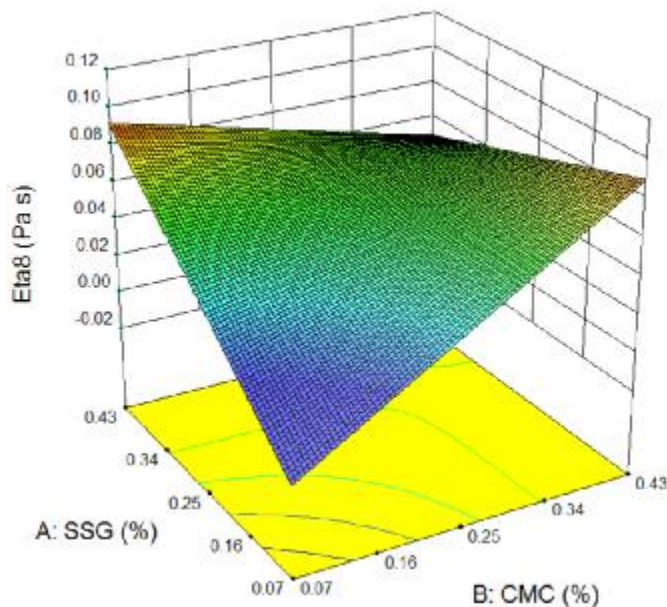
(۹)

$$\ln(Relaxation\ time) = 0.007 + 0.03A - 0.023B - 0.004C - 0.0004AB + 0.0004AC^2$$

همچنین نتایج بررسی ها نشان داد که فقط اثر خطی کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو در سطح ۹۵ درصد بر زمان رهايش



شکل ۵- تأثیر کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو بر ویسکوزیته در درجه برش صفر نمونه ها (چربی ۲۱/۵ درصد)



شکل ۶- تأثیر کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو بر ویسکوزیته در درجه برش بی نهایت نمونه ها (چربی ۲۱/۵ درصد)

نیز افزایش می‌یابد ولی با افزایش همزمان کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو، η_{∞} نمونه ها تغییر چندانی نمی‌کند. افزایش چربی نیز منجر به افزایش η_0 و η_{∞} نمونه ها گردید. بزرگی ویسکوزیته در درجه برش صفر بستگی به طبیعت ریز ساختمان بیوپلیمر در طی نگهداری و درجه برشی های خیلی

همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود با افزایش کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو η_0 نمونه ها نیز افزایش می‌یابد و با افزایش همزمان کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو، η_0 نمونه ها نیز در بالاترین میزان ممکن است. بر طبق شکل ۶ نیز با افزایش کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو η_{∞} نمونه ها

۰/۳۸ متغیر بود. همچنین نتایج بررسی ها نشان داد که در بین اثرات خطی، متقابل و درجه دوم، تنها اثر خطی چربی در سطح ۹۵ درصد بر b^* نمونه ها معنی دار بود و کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو هیچگونه اثر معنی داری بر هیچ کدام از آن ها نداشتند. مدل چند جمله ای درجه سه (معادله ۱۲) نیز به دلیل ضریب تبیین بالاتر از ۰/۸۰ و معنی دار نبودن فاکتور عدم برازش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برازش را بر داده های مورد آزمون b^* داشت.

(۱۲)

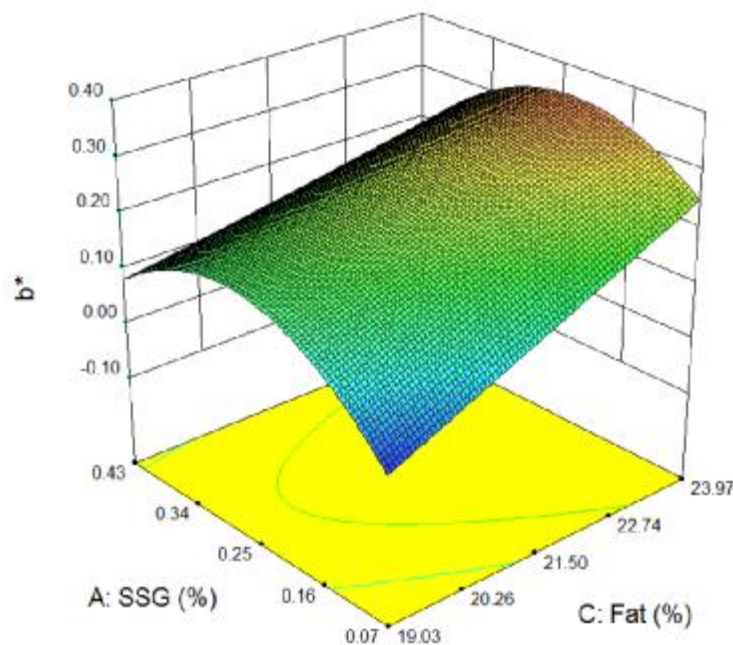
$$b^* = -2.50 + 4.92A + 5.176B + 0.14C + 0.389AB - 0.091AC - 0.108BC - 0.016A^2 - 5.764B^2 - 0.002C^2$$

شکل ۷ تأثیر صمغ دانه مرو و چربی بر b^* نمونه ها با توجه به ضرائب مدل را نشان می دهد.

کم دارد و η_0 بزرگتر نشان دهنده تعداد بیشتر پیوندها بین مولکول های شبکه مربوطه است (۳۲). ویسکوزیته در درجه برش بی نهایت نمایانگر پایداری محصول در طی فرآیندهایی نظیر پمپ کردن، هم زدن و اسپری کردن (پاشش) است و مقدار بالاتر آن به معنی نیاز به انرژی بیشتر برای انجام فرآیند می باشد (۲۸).

۶-۳- پارامترهای رنگی (L^* ، a^* و b^*)

رنگ شیر معمولاً سفید کدر یا به اصطلاح سفید چینی است که ناشی از انعکاس نور توسط گلبول های چربی و ذرات کلوئیدی کازئینات کلسیم و فسفات کلسیم می باشد. نتایج تحقیق نشان داد که L^* ، a^* و b^* نمونه های مورد آزمون به ترتیب بین ۹۷/۳۳ تا ۹۹/۸۲، ۰/۱۹۳ تا ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱ تا ۰/۰۱ تا



شکل ۷- تأثیر صمغ دانه مرو و چربی بر b^* نمونه ها

ناشی از اثرات تغییرات چربی باشد که منجر به تغییرات متفاوت پراکنش نور می گردد (۲). همچنین در مقایسه با شیر گاو، چربی شیر شتر حاوی مقادیر کمتری از اسید های چرب کوتاه زنجیر است و دارای محتوای کاروتن کمتر نیز می باشد

همانطور که در شکل ۷ مشاهده می شود با افزایش میزان چربی b^* نمونه ها افزایش می یابد. پراکندگی نور در هر سیستمی به ناهماهنگی مولکولی و یا حتی سطح اتم ها می باشد. تغییر در b^* تیمار ها می تواند ناشی از تغییرات ساختار

تولیدکنندگان فراهم خواهد کرد. لذا با توجه به اهمیت محصولات رژیمی کم چرب و نبود اطلاعات درمورد خامه شیرشتر و اثرات جایگزین های چربی بر خصوصیات آن در این تحقیق تاثیر کربوکسی متیل سلولز، صمغ دانه مرو و برهم کنش آن ها بر روی ویژگی های رئولوژیکی، بافتی و رنگ خامه کم چرب شیر شتر بهینه گردید تا علاوه بر بهبود خصوصیات آن از لحاظ اقتصادی تولید خامه شیر شتر با تعیین ترکیب بهینه صمغ ها نیز مقرون به صرفه باشد. به طوری که سختی، ضریب قوام و ویسکوزیته در درجه برش صفر حداکثر و میزان چربی، چسبندگی، رفتار جریان و ویسکوزیته در درجه برش بی نهایت حداقل در نظر گرفته شدند. با توجه به صفات مذکور، میزان صمغ دانه مرو ۰/۴۲۶ درصد، کربوکسی متیل سلولز ۰/۳۳ درصد و چربی ۲۲/۲۷ درصد به دست آمد. همچنین به طور کلی نتایج پژوهش نشان داد که با افزایش میزان کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو سختی، چسبندگی، حالت صمغی، ضریب قوام، تنش تسلیم، زمان رهاش، ویسکوزیته در درجه برش صفر و ویسکوزیته در درجه برش بی نهایت نمونه ها افزایش یافت که البته ترکیب این دو صمغ در برخی موارد اثر سینرژیستی نیز داشت لذا می توان از آن ها به عنوان هیدروکلوئیدهایی که خود دارای ارزش تغذیه ای بالایی هستند، به عنوان جایگزین های مناسب چربی در خامه شیرشتر استفاده نمود و خواص رئولوژیکی مطلوبی را در آن ایجاد کرد.

۵- سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت های مالی (گرنٹ شماره ۹۶۰۱۵۵۴۰) "صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور" در اجرای طرح پژوهشی " کاربرد برخی صمغ های بومی و تجاری بعنوان جایگزین چربی در خامه کم چرب شتر " و استخراج این مقاله تقدیر و تشکر می شود.

که کاروتن کمتر منجر به رنگ سفیدتر چربی شیرشتر می گردد. Joshi و Ohri (۱۹۶۱) نیز بیان کردند رنگ آغوز شتر با گاو متفاوت و سفید متمایل به زرد است (۲۲). Indra و Erdenebaatar (۱۹۹۸) نیز نشان دادند شیر شتر یک کوهانه همانند شتر دو کوهانه رنگ بسیار سفید ی دارد (۱۵).

۳-۷- بهینه سازی

با استفاده از قابلیت بهینه سازی عددی در نرم افزار Design Expert که به صورت تابعی که مطلوبیت نامیده می شود، مثالی از شرایط دقیق فرآیند (صمغ دانه مرو، کربوکسی متیل سلولز و چربی) بر سختی، قوام، چسبندگی، شاخص قوام (k)، رفتار جریان (n)، a^* ، b^* ، L^* نمونه ها نیز بیان شد. درجه مطلوبیت کلی (D) یک میانگین هندسی از همه درجه مطلوبیت های منفرد (di) است که از ۰ تا ۱ تغییر می کند.

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_n)^{\frac{1}{n}} = \left(\prod_{i=1}^n d_i \right)^{\frac{1}{n}}$$

در فرمول فوق n تعداد پاسخ ها است. اگر هر یک از پاسخ ها در خارج از محدوده تعیین شده قرار گیرد آن گاه درجه مطلوبیت برابر با صفر می شود. در این تحقیق سختی، ضریب قوام و η_0 حداکثر و میزان چربی، چسبندگی، شاخص رفتار جریان و η_{∞} حداقل در نظر گرفته شدند. با توجه به صفات مذکور، میزان صمغ دانه مرو ۰/۴۲۶ درصد، کربوکسی متیل سلولز ۰/۳۳ درصد و چربی ۲۲/۲۷ درصد به دست آمد که چنین محصولی نیز دارای سختی g ۲۰۴/۴۵، ضریب قوام Pa.sn ۶۶/۸ و ویسکوزیته در درجه برش صفر Pa.s ۶۹۴/۰ و ویسکوزیته در درجه برش بی نهایت Pa.s ۰/۰۴۶، چسبندگی g ۴/۵۸، رفتار جریان ۰/۵۵۴ و میزان رضایت مندی ۰/۵۸ به دست آمد.

۴- نتیجه گیری

تولید فرآورده های چرب شتر از جمله خامه آن به شرط حفظ خصوصیات مورد پسند مصرف کننده، بازار خوبی را برای

- Tragacanth as Fat Replacers in Nonfat Yogurt: Chemical, Physical, and Microstructural Properties. *Journal of Dairy Science*, 91:2545-2552.
8. Bostan, A., Razavi, S. M and Farhoosh, R. 2010. Optimization of hydrocolloid extraction from wild sage seed (*Salvia macrosiphon*) using response surface. *Int. J. Food Prop*, 13(6): 1380-1392.
 9. Bourne, M. C. 1978. Texture profile analysis. *Food Technology*, 32:62-66, 72.
 10. Emam Djome, Z., Mousavi, M.E. and Ghorbani, A.V. 2008. Effect of WPC addition on the physical properties of homogenized sweetened dairy cream. *International Journal of Dairy Technology*. 67(2): 183-191.
 11. FAO. 2008. Camel milk. Retrieved from. <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/dairy/camel.html>.
 12. Guven, M., Yasar, K., Karaca, O.B. and Hayaloglu, A.A. 2005. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set type low, fat yogurt manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, 58 (3): 180- 184.
 13. Hassan, A. A., Hagrass, A. E., Soryal, K. A. and El-Shabrawy, S. A. 1987. Physico-chemical properties of camel milk during lactation period in Egypt. *Journal of Food Sciences*, 15: 1-14.
 14. Imeson, A. 2010. Food stabilizers, thickeners and gelling agents. 978. Chichester: Blackwell publishing Ltd, P 372.
 15. Indra, R. and Erdenebaatar, B. 1998. Camel's milk processing and its consumption patterns in Mongolia. In: Actes du colloque, Dromadaires et chameaux, animaux laitiers/Dromedaries and camels, milking animals, P. Bonnet, CIRAD Publ., Nouakchott, Mauritania.
 16. Izidoro, D., Sierakowski, M.R., Waszczyński, N., Haminiuk, W.I.C. and Scheer, A.P. 2007. Sensory evaluation and rheological behavior of commercial mayonnaise. *International*
- ۶- منابع
۱. امیری، ص.، رادی، م. ۱۳۷۸. بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی - چشایی خامه کم چرب تهیه شده از نشاسته گندم اصلاح شده، هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی.
 ۲. عظیمیان دهکردی، ا. ۱۳۹۵. اثر صمغ فارسی و امولسیفایر ها بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی خامه قنادی. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.
 ۳. غفاری امام، س. م. ۱۳۹۵. تولید خامه قنادی کم چرب با استفاده از ترکیبی از پایدارکننده های سدیم کربوکسی متیل سلولز، آگار، کاراگینان، منو و دی گلیسرید. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس.
 ۴. فرحناکی، ع.، صفری، ز.، احمدی گورجی، ف.، مصباحی، غ. ر. ۱۳۹۰. کاربرد ژلاتین به عنوان هیدروکلئید جایگزین چربی در تولید خامه کم چرب. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۸، شماره ۳۱، ۵۲-۴۵.
 ۵. محمدی، س.ع.، قدس روحانی، م.، نجف نجفی، م.، کاشانی نژاد، م. ۱۳۹۸. بررسی اثر صمغ کنجاک، فشار هموژنیزاسیون و میزان چربی بر خصوصیات رئولوژیکی و حسی خامه کم چرب. علوم و صنایع غذایی ایران، دوره ۱۶، شماره ۸۷، ۲۳۹-۲۵۱.
 ۶. معتمدزادگان، ع.، شهیدی، ا.، حسینی پرور، ه.، ابدالی، س. ۱۳۹۲. بررسی اثر نوع ژلاتین بر ویژگی های کاربردی ماست قالبی فاقد چربی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۴۷، ۲۳۰-۲۲۱.
 7. Aziznia, S., Khosrowshahi A., Madadlou A. and Rahimi J. 2008. Whey Protein Concentrate and Gum

- (*Salvia macrosiphon*) seed gum. *Food Hydrocolloids*, 35: 453-462.
28. Razavi, S.M.A., Taheri, H and Sunchez. R. 2013. Viscoelastic characterization of wild sage (*Salvia macrosiphon*) seed gum. *International Journal of Food Properties*, 16: 1604–1619.
29. Rudan, M.A., Barbano, D.M., Yun, J.J and Kindstedt, P.S.1998. Effect the modification of fat Particle size by homogenization on composition, proteolysis, functionality and appearance of reduced fat Mozzarella cheese. *Journal Dairy Science*, 81: 2065-2076.
30. Sajedi, M., Nasirpour, A., Keramat, J. and Desobry, S. 2014. Effect of modified whey protein concentrates on physical properties and stability of whipped cream. *Food Hydrocolloids*. 36: 93 – 101.
31. Sopade, P.A. and Kassum, L.A. 1992. Rheological characterization of akamu a semi fluid food from maize millet and sorghum. *journal of cereal science*, 15: 193-202
32. Sun, F., Huang, Q. and Wu, J. 2014. Rheological behaviors of an exopolysaccharide from fermentation medium of a *Cordyceps sinensis* fungus (Cs-HK1). *Carbohydrate Polymers*, 114: 506-513.
33. Walkenström, P., Kidman, S., Hermansson, A., Rasmussen, P.B., and Hoegh, L. 2003. Microstructure and rheological behaviour of xanthan/pectin mixed gels. *Food Hydrocolloids*, 17: 593–603.
34. Worrasinchai, S., Suphantharika, M., Pinjai, S., Jammong P. 2006. β -Glucan prepared from spent breweros react as a fat replacer in mayonnaise. *Food Hydrocolloids*, 20: 68- 8.
35. Zhao, Q. Z., Zhao, M. M., Li, J. R., Yang, B., Su, G. W., Cui, C. and Jiang Y M, 2009. Effect of Hydroxypropyl Methylcellulose on the Textural and Whipping Properties of Whipped Cream. *Food Hydrocolloids*, 23: 2168-2173.
- Journal of Food Engineering*, 3(1): Article 5.
17. Kashaninejad, M., Najaf Najafi, M., Ghods Rohani, M., Kashaninejad, M. 2019. Optimization of labane (concentrated yogurt) formulation produced by wheyless process using mixture-process variable experiments. *J Food Process Preserv.*; 43: e14193.
18. Kayacier, A. and Dogan, M. 2006. Rheological properties of some gums-salep mixed solutions. *Journal of Food Engineering*, 72: 261–265.
19. Kurt, A. and Kahyaoglu, T. 2015. Rheological properties and structural characterization of salep improved by ethanol treatment. *Carbohydrate Polymers*, 133: 654-661.
20. Liu, H., Xu, X. M. and Guo, Sh.D. 2007. Rheological, texture and sensory properties of low fat mayonnaise with different fat mimetics. *Food Science and Technology*, 946-954.
21. Mahdian, E., Mazaheri Tehrani, M., and Shahidi F, 2011. evaluation of the effect of soy flour on rheological properties of ice cream. *iranian journal of food science and technology*. 31(8): 107 - 114.
22. Ohri, S. P. and Joshi, B. K. 1961. Composition of milk of camel. *The Indian Veterinary Journal*, 38: 514-516.
23. Omar, A. Al haj, Hamad, A. Al Kanhal. 2010. Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk, *International Dairy Journal*, 20, 12: 811-821.
24. Park, Y. W. 2007. Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(8): 73–78.
25. Race, S.w. 1991. Improved product quality through viscosity easurement. *Food technology*, 45: 86-88.
26. Rao, M.A. 1999. Rheology of Fluid & Semisolid Foods Principles & Applications. Aspen Publishers, Inc., USA.
27. Razavi, S. M. A., Cui, S. W., Guo, Q., and Ding, H. 2014. Some physicochemical properties of sage

(Original Research Paper)
The Effect of Addition of Sage Seed Gum, Carboxyl Methyl Cellulose and Fat Content on Low-Fat Camel Milk Cream Properties

Morteza Kashaninejad¹, Seyyed Mohammad Ali Razavi^{2*}

1- PhD student of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

2-Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Received:23/09/2019

Accepted:15/01/2020

Abstract

In this research, the effects of sage seed gum (0-0.5%), carboxyl methyl cellulose (0-0.5%) and fat content (18-25%) on the textural, rheological and color properties of low-fat camel milk cream were investigated. The results of the back extrusion test indicated that increasing sage seed gum and carboxyl methyl cellulose, significantly ($p < 0.05$), increased hardness, adhesiveness and gumminess. Also, with decreasing the fat content, the hardness of the samples increased and it had no significant effect on the adhesiveness and gumminess. The Herschel-Bulkley and Moore models were used to describe the time-independent rheological characteristics of the samples and both models were suitable for fitting the shear stress-shear rate data of low-fat camel milk cream samples. The results of the color analysis showed that with decreasing fat content, only b^* significantly decreased and sage seed gum and carboxyl methyl cellulose had no significant effect on the color parameters. The optimum processing conditions for producing low-fat camel milk cream with the high hardness, consistency coefficient, zero shear rate viscosity and low fat content, flow behavior index, adhesiveness, infinite shear rate viscosity for response variables were 0.42% sage seed gum, 0.33% carboxyl methyl cellulose and 22.27% fat content.

Keywords: Color, Hydrocolloid, Low Fat Cream, Rheology, Texture

*Corresponding Author: s.razavi@um.ac.ir