

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد صنایع غذایی

بررسی امکان جایگزینی صمغ پکتین با صمغ دانه ریحان و شاهی در صنعت غذا

نگارنده: عاطفه سادات هژبر

اساتید راهنما

دکتر احمد رجایی

دکتر کامبیز جهان بین

شهریور ۱۳۹۹

شماره: ۹۵۹
تاریخ: ۱۳۹۹/۹/۲۵

پایه کارشناسی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم عاطفه سادات مؤید با شماره دانشجویی ۹۶۲۶۳۳۴ رشته مهندسی علوم و صنایع غذایی گرایش فناوری مواد تحت عنوان بررسی امکان جایگزینی صمغ پکتین با صمغ دانه ریحان و شاهی در صنعت مواد غذایی که در تاریخ ۹۹/۷/۲۲ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

الف) درجه عالی: نمره ۱۹-۲۰ ☐ (ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸/۹۹-۱۸ ☐
 ج) درجه خوب: نمره ۱۷/۹۹-۱۶ ☐ (د) درجه متوسط: نمره ۱۵/۹۹-۱۴ ☐
 ه) کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد ☐
 نوع تحقیق: ☐ نظری ☐ عملی

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر احمد رجایی نجفی آبادی	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم	دکتر کامیار جهیز پور	دانشیار	
۳- استاد مشاور			
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر حسین میرزایی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر حمید رشید صمد لویی	استادیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر محمد جادی موجد نژاد	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

توضیح: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید. (دفاع مجدد نباید زودتر از ۶ ماه برگزار شود).

با سپاس فراوان از اساتید راهنمای بزرگوار

جناب آقای دکتر رجایی و دکتر جهان بین

به پاس راهنمایی های ارزشمند و بی چشم داشتشان

تعمدنامه

اینجانب عاطفه سادات هژبر دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه بررسی امکان جایگزینی صمغ پکتین با صمغ دانه ریحان و شاهی در صنعت مواد غذایی تحت راهنمایی دکتر احمد رجایی و دکتر کامبیز جهان بین متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا یافته‌های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود . استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده:

هدف از انجام این تحقیق بررسی خواص فیزیکیوشیمیایی و رئولوژیکی صمغ دانه های ریحان و شاهی و مقایسه این خصوصیات با صمغ پکتین بود. نتایج رفتار جریان نشان داد که ویسکوزیته محلول های صمغ دانه های ریحان و شاهی در تمام غلظت های ۱ و ۲ درصد با افزایش سرعت برشی کاهش یافت که نشان از رفتار سودوپلاستیک بود. اما در مورد پکتین با افزایش سرعت برشی ویسکوزیته محلول کاهش چندانی نداشته است و در اصل ویسکوزیته محلول پکتین مستقل از سرعت برشی بود و رفتار تقریباً نیوتونی بود. بیشترین ویسکوزیته در مورد محلول ۲ درصد صمغ ریحان مشاهده شد. همچنین نتایج آزمون نوسانی نشان داد که در فرکانس های پایین مدول ذخیره صمغ ریحان و شاهی بیشتر از مدول افت بود اما در فرکانس های بالاتر به دلیل اینکه نیرو های بین مولکولی ژل ها ضعیف بود این نیرو ها شکسته شد و رفتار ویسکوز به رفتار الاستیک غالب شد. همچنین نتایج نشان داد که ضرایب افت و ذخیره محلول های ریحان بیشتر از محلول های صمغ شاهی بود. در ادامه پایداری امولسیون های تهیه شده از صمغ دانه ریحان و شاهی و نیز پکتین در مدت ۸ هفته مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج خاصیت امولسیون کنندگی صمغ دانه ریحان و شاهی در هر دو غلظت ۱ و ۲ درصد نسبت به صمغ پکتین بیشتر بود. همچنین اندازه گیری قطرات امولسیون نشان داد که کمترین اندازه قطرات امولسیون مربوط به امولسیون پایدار شده با پکتین بود. همچنین نتایج خاصیت کف کنندگی نیز نشان داد که صمغ پکتین خاصیت کف کنندگی بالاتری نسبت به صمغ ریحان و شاهی داشت. در ادامه آنالیز پروفایل بافت برای ژل های ۹ درصد صمغ دانه ریحان و شاهی انجام شد. لازم به ذکر است که این آزمون برای صمغ پکتین به دلیل عدم تشکیل ژل انجام نشد. نتایج نشان داد که پارامتر های سختی، حالت ارتجاعی، قابلیت جویدن و چسبندگی ژل دانه ریحان نسبت به شاهی بیشتر بود و پارامتر های انسجام و چسبندگی ژل دانه ریحان و شاهی تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند.

کلمات کلیدی: ریحان، شاهی، پکتین، صمغ، خواص رئولوژیکی، امولسیون، ژل

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات	۱
۱,۱: هیدروکلئید ها	۲
۲,۱: صمغ ها	۸
۳,۱: گیاه شناسی	۱۹
۴,۱: پکتین	۲۳
۵,۱: سیستم های دیسپرسیونی	۲۶
۶,۱: دیسپرسیون های مایع	۲۶
۷,۱: امولسیون ها	۲۷
۸,۱: ژل ها	۲۸
فصل ۲: بررسی منابع	۳۱
۲,۱: مطالعات مربوط به دانه ریحان	۳۲
۲,۲: مطالعات مربوط به دانه شاهی	۳۷
فصل ۳: مواد و روش ها	۴۳
۱,۳: استخراج موسیلاژ از دانه ها	۴۴
۲,۳: تهیه محلول های هیدروکلئیدی	۴۴
۳,۳: بررسی خواص امولسیون کنندگی	۴۶
۴,۳: ظرفیت کف کنندگی	۴۷
۵,۳: بررسی خواص بافتی ژل های حاصل از صمغ ریحان، شاهی و پکتین	۴۷
۶,۳: تجزیه و تحلیل های آماری	۴۹
فصل ۴: بحث و نتایج	۵۱
۱,۴: بازده صمغ دهی دانه های ریحان و شاهی	۵۲
۲,۴: بررسی خواص رئولوژیکی	۵۲

۳,۴	بررسی خواص امولسیون کنندگی:	۶۳
۴,۴	بررسی خواص کف کنندگی:	۷۲
۵,۴	بررسی خواص بافتی (آزمون پروفایل بافت):	۷۴
	نتیجه گیری:	۷۸
	پیشنهادهات:	۷۸
	منابع:	۷۹

فهرست شکل ها:

- شکل ۱,۱: نمودار معمول برای یک محلول پلیمری در بالاتر از غلظت بحرانی ۷
- شکل ۲,۱: شمای ساختار گلوکومانان معمول ۲۱
- شکل ۱,۳: نمودار نیرو به زمان برای تعیین پارامتر های آزمون پروفایل بافت ۴۸
- شکل ۱,۴: نمونه پودر موسیلاژ به دست آمده از دانه ریحان (الف) و شاهی (ب) ۵۲
- شکل ۲,۴: ویسکوزیته محلول های ۱ و ۲ درصد صمغ های ریحان، شاهی و پکتین در سرعت های برشی مختلف ۵۳
- شکل ۳,۴: ویسکوزیته محلول های ۱ درصد صمغ (الف) ریحان، (ب) شاهی و (ج) پکتین در دماهای مختلف ۵۵
- شکل ۴,۴: نمودار G' ، G'' محلول های، (الف) ریحان ۱٪، (ب) شاهی ۱٪، (ج) پکتین ۱٪، (د) ریحان ۲٪، (ن) شاهی ۲٪، (ی) پکتین ۲٪ ۶۲
- شکل ۵,۴: تغییرات امولسیون های ریحان ۱٪ (b۱)، ریحان ۲٪ (b۲)، شاهی ۱٪ (c ۱)، شاهی ۲٪ (c ۲)، پکتین ۱٪ (p ۱) و پکتین ۲٪ (۲) از هفته اول (الف)، هفته دوم (ب)، هفته سوم (ج) تا ... هفته هشتم (د) ... ۶۴
- شکل ۶,۴: (الف) امولسیون های ۲۰٪ تهیه شده از موسیلاژ دانه ریحان (b) و شاهی (c) و پکتین (p)، (ب) بعد از سانتریفیوژ اول (ج) بعد از سانتریفیوژ دوم ۶۵
- شکل ۷,۴: شمای میکروسکوپی ذرات امولسیون های صمغ دانه ریحان ۱٪ (الف) و ۲٪ (ب)، شاهی ۱٪ (ج) و ۲٪ (د) و پکتین ۱٪ (ن) و ۲٪ (ی) در روزه اول ۶۸
- شکل ۸,۴: میانگین اندازه ذرات امولسیون های ۱٪ و ۲٪ صمغ دانه ریحان، شاهی و پکتین در روزه اول ۶۹
- شکل ۹,۴: میانگین مقادیر خصوصیات فیزیکی به دست آمده از آزمون پروفایل بافت ۷۶

فهرست جداول:

- جدول ۱،۱: گروه بندی انواع صمغ ها..... ۱۰
- جدول ۱،۲ : مواد هیدروکلوئیدی که به طور گسترده برای تشکیل فیلم و پوشش های خوراکی در غذا ها به کار برده میشوند (هولینگ وردس، ۲۰۱۰):..... ۱۷
- جدول ۱،۳: نحوه محاسبه خصوصیات بافتی از طریق نمودار های به دست آمده توسط دستگاه اینستران A: مساحت زیر نمودار و L: طول نمودار مطابق با شکل (۱،۳)..... ۴۸
- جدول ۱،۴: ضریب خامه ایی شدن امولسیون های صمغ ریحان، شاهی و پکتین در غلظت های ۱ و ۲٪..... ۶۶
- جدول ۲،۴ : ظرفیت امولسیون کنندگی موسیلاژ دانه های ریحان و شاهی و همچنین صمغ پکتین ۶۷
- جدول ۳،۴: محاسبه ظرفیت کف کنندگی صمغ دانه ریحان، شاهی و پکتین ۷۳

مقدمه:

محصولات غذایی ترکیبات پیچیده ایی از اجزای مختلف هستند که درک و فهم نقش هر جز در برهم کنش های آن ها و همچنین تاثیر اجزای مختلف روی خصوصیات محصول نهایی بسیار سخت میباشد (پیکون و کانها، ۲۰۱۰). پروتئین و پلی ساکارید دو ترکیب معمول موجود در بسیاری از فرمولاسیون های غذایی هستند. آن ها معمولاً مسئول خصوصیات حسی مثل خصوصیات بافتی و کنترل آزاد سازی عطر و طعم هستند، همچنین قادر به تعدیل پایداری فاز در سیستم های غذایی کلوئیدی میباشند. خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن ها علاوه بر اینکه به پارامتر مولکولی هر بیوپلی مر (اندازه، شکل، دانسیته بار، غلظت، نسبت پروتئین به پلی ساکارید) به طور جداگانه بستگی دارند، به شرایطی که سیستم مخلوط نیز در آن قرار گرفته اند (دما، pH، قدرت یونی) و همچنین به ماهیت و نتایج برهم کنش های بین پلی ساکارید و پروتئین (نوع برهم کنش، قدرت برهم کنش، ژل و توده ها) نیز مرتبط میباشد در نتیجه خصوصیات رئولوژیکی بسیار متفاوتی را ایجاد میکند. کنترل و مدیریت این برهم کنش ها با کنترل فاکتور های درونی (pH، قدرت یونی، نسبت بیوپلی مر ها، وزن مولکولی، بار بیوپلی مر ها) و فاکتور ها خارجی (دما، انتشار، سرعت برشی) میتواند یک عامل کلیدی در توسعه ساختار های غذایی فرآورده ها و فرایند های نوین صنعت غذا باشد، به این دلیل که برهم کنش های موجود بین این دو بیوپلمر میتواند ویژگی های کاربردی پروتئین های غذایی ازجمله ویژگی های مربوط به جذب آب (حلالیت و ویسکوزیته)، ویژگی های ساختاری (به هم پیوستن (هم انبوهی)^۱ و تشکیل ژل) خصوصیات سطحی (قابلیت امولسیفایری و تشکیل کف) را به شدت تحت تاثیر قرار میدهد (گاه و همکاران، ۲۰۰۹؛ اشمیت و همکاران ۱۹۹۸).

تشکیل کمپلکس ها از طریق برهم کنش های کووالانسی و الکترواستاتیکی موضوع بسیار مهمی است که باعث ایجاد عملکرد بالقوه مناسب تری از جمله خصوصیات رئولوژی، ایجا ژل، خصوصیات بین سطحی ترکیبات در

¹ Aggregation

مقایسه با خصوصیات عملکردی پلی ساکارید و پروتئین به تنهایی میباشد. کمپلکس های پروتئین و پلی ساکارید میتواند به عنوان عامل ایجاد کننده بافت، عوامل ریز پوشینه کننده^۱، جایگزین چربی و پایدار کننده امولسیون ها و سیستم های پراکنده دیگر کاربرد داشته باشند (گاه و همکاران، ۲۰۰۹).

مارکوت و همکارانش در سال ۲۰۰۱ هیدروکلوئید های غذایی را اینگونه معرفی کردند؛ ترکیبات پیچیده ای هستند که عوامل مختلفی از جمله: غلظت صمغ، pH، دما، بار الکتریکی، میانگین پراکندگی، نوع حلال، بار الکتریکی، تیمار های حرارتی و مکانیکی اعمال شده بر آن، حضور و یا عدم حضور کلوئید های لیپوفیلیک و حضور و یا عدم حضور الکترولیت ها بر رفتار جریان آن ها تاثیر می گذارد.

زمانیکه از هیدروکلوئید ها برای اصلاح خصوصیات بافتی مواد غذایی استفاده می شود خواص رئولوژیکی آن ها اهمیت بالایی دارد. این خصوصیات گاهی به عنوان شاخصی از کیفیت محصولات مثل شاخصی از مواد جامد کل و یا تغییر اندازه مولکولی اندازه گیری می شوند. داده های رئولوژیکی برای محاسبه در هر فرایندی که شامل جریان مواد باشد از جمله: پمپ کردن، استخراج، فیلتراسیون، اکستروژن و خالص سازی مورد نیاز میباشد و نیز در فرایند های غذایی مثل پاستوریزاسیون، اوپراسیون و خشک کردن نقش مهمی در آنالیز شرایط جریان دارد. در مطالعه رفتار هیدروکلوئید ها رئولوژیکی جریان (ویسکوزیته) و خواص ویسکوالاستیک بررسی می شود. ویسکوزیته هیدروکلوئید ها به طور معنی داری بوسیله متغیر هایی مثل سرعت برش، غلظت، دما، زمان اعمال برش، فشار، وجود قند ها و الکترولیت ها تحت تاثیر قرار میگیرد (مارکوت و همکاران، ۲۰۰۱).

ویسکوزیته ذاتی یک پارامتر اصلی و ذاتی مولکول پلیمر در محلول بوده و برای پیشگویی قدرت افزایش ویسکوزیته هیدروکلوئید های مختلف در محلول به کار میرود. همچنین این پارامتر در تعمیم رفتار جریان برخی از پلی ساکارید های زنجیره تصادفی به کار برده می شود (لانی و همکاران، ۱۹۸۶).

¹ Encapsulating agent

بسیاری از مواد غذایی مثل ژل ها و محلول های غلیظ پلی ساکاریدی را میتوان جزء مواد ویسوالاستیک طبقه بندی کرد. خصوصیات رئولوژیکی را میتوان توسط پارامتر های ویسکوز و الاستیک تعیین کرد که این کار با استفاده از اندازه گیری های نوسانی و به کمک یک رئومتر بررسی می شود (رائو، ۱۹۹۹).

صمغ ها از گذشته به صورت صنعتی و خانگی مورد استفاده قرار می گرفتند و در صنایع غذایی جهت کنترل، بهبود بافت، طعم و افزایش پایداری به کار برده می شوند. به طور کلی ویژگی های رئولوژیکی صمغ ها به خصوص زمانی که در ترکیب با مواد غذایی استفاده می شوند از اهمیت بالایی برخوردار است. ویژگی های رئولوژیکی از لحاظ تأثیری که روی کیفیت فرآورده های غذایی میگذارد نیز حائز اهمیت بوده و همچنین از این ویژگی در انتخاب اندازه و نوع پمپ ها، شیوه استخراج و استفاده از صافی ها به کار گرفته می شود (کایاسار و دوگان، ۲۰۰۶).

هیدروکلوئید ها یا صمغ ها بیوپلیمر های آب دوست با وزن مولکولی بالا هستند که در صنایع غذایی کاربرد های فراوانی از جمله ایجاد ویسکوزیته، تشکیل ژل، تثبیت امولسیون ها، جلوگیری از تشکیل مجدد کریستال های یخ و ایجاد ویژگی های حسی مطلوب در محصولات دارند. موسیلاژ ها از منابع مختلفی استخراج می شوند که یکی از این منابع دانه ها هستند (دیکسون، ۲۰۰۳).

موسیلاژ های دانه ای و پلی ساکارید های گیاهی به آسانی در دسترس می باشند و به دلیل قیمت مناسب اهمیت ویژه ای دارند. اکثر آن ها در فرمولاسیون های غذایی قابل استفاده هستند و به دلیل طبیعی بودن برای مصرف کنندگان از مطلوبیت بیشتری برخوردار است. همچنین بیشتر موسیلاژ ها دارای خواص درمانی هستند که این موضوع تمایل استفاده از آنها را در صنایع غذایی بیشتر کرده است (لای و همکاران، ۲۰۰۰؛ رضوی و همکاران، ۲۰۰۹).

یکی از مهمترین هیدروکلوئیدها در صنایع غذایی پکتین می باشد که جزء مواد اصلی تشکیل دهنده دیواره سلولهای گیاهی است. این ماده به صورت پلیمری از اسیدگالاکتورونیک با اتصالات آلفا ۱-۴

است(لارنس، ۱۹۷۶). پکتین در صنایع غذایی به عنوان ژل کننده، تغلیظ کننده، پایدارکننده و نگهدارنده مصرف میشود و در ژله، مربا و مارمالاد کاربرد زیادی دارد(میر، ۱۹۷۳).

با توجه به اینکه پکتین یک صمغ شناخته شده و پرکاربرد در صنایع غذایی می باشد. هدف از انجام این مطالعه و آزمایش بررسی خصوصیات رئولوژیکی و امولسیون کنندگی موسیلاژ دانه های ریحان و شاهی و مقایسه آن با صمغ پکتین و امکان جایگزینی این دو موسیلاژ با صمغ پکتین می باشد. لازم به ذکر است که موسیلاژها علاوه بر خصوصیات مفید در صنایع غذایی دارایی خواص داروئی نیز هستند که این می تواند به تولید غذاهای عملگرا منجر شود.

فصل اول: کلیات

۱،۱: هیدروکلئید ها

هیدروکلئید ها از هزاران سال پیش وارد زندگی بشر شدند، استفاده از صمغ ها درواقع به دوران زندگی در غارها برمیگردد. در طی قرن های متمادی بسیاری از ترشحات طبیعی گیاهی شناسایی شده است که واژه صمغ را بدون ایجاد تفاوت بین این ترشحات برای تمامی آنها از جمله: شیرابه درخت کائوچو، رزین، بنزوئین، دامار و بسیاری دیگر به کار میبرند.

امروزه صمغ ها را به دو دسته کلی تقسیم بندی میکنند: محلول و نامحلول در آب . ترشحات و پلیمر های نامحلول در آب را مثل رزین به کار رفته در آدامس، عصاره درخت کائوچو، صمغ صنوبر و ... رزین گویند و ترشحات محلول در آب را نیز همان صمغ می نامند.

به تدریج واژه تخصصی تر کلئید های آبدوست یا هیدروکلئید جایگزین صمغ شد. صمغ ها کلئید های واقعی نیستند اما اکثرا پلیمرهایی با اندازه کلئیدی (۱۰-۱۰۰۰ انگستروم) و دارای خصوصیات کلئیدی مثل نگه داشتن مواد معلق در اثر نیروی وزن بوده و همچنین غیر قابل مشاهده توسط آزمون های میکروسکوپی میباشند. درواقع هیدروکلئید ها یا صمغ ها در اکثر موارد محلول های ماکرومولکولی تشکیل میدهند (گلیکزمن، ۱۹۸۲).

هیدروکلئید ها به مجموعه ای از پلی ساکاریدها و پروتئین ها گفته میشود که با حل و یا پراکنده شدنشان در آب ویسکوزیته آن را افزایش می دهند. درواقع بیوپلیمر های آب دوست با وزن مولکولی بالا هستند که در صنایع غذایی برای بهبود ویژگی های عملکردی فراورده های غذایی به کار می روند. امروزه از هیدروکلئید ها به دلیل خواص عملکردی خاصشان نظیر: سفت کنندگی (قوام دهندگی)، تشکیل ژل و فیلم ، امولسیون کنندگی، تثبیت

کف، دیسپرسیون ها، ممانعت از ایجاد کریستال های یخ و شکر ، آزاد سازی کنترل شده طعم ها، جایگزین چربی، پوشش دهندگی و کپسولاسیون به کار گرفته می شوند (ویلیامز و فلیپس، ۲۰۰۰).

از آنجاییکه اکثر هیدروکلوئید ها پلی ساکارید هستند فهم دقیق از عملکرد آنها نیازمند به فهم شیمی پلی ساکارید ها می باشد. اثرات فیزیکی این مواد از برهم کنش مولکول های پلی ساکارید ها با هم و یا با دیگر مولکول های موجود در محیط ناشی می شود. مولکول های موجود در محیط که پلی ساکارید ها با آنها وارد واکنش می شوند کاملاً متفاوت هستند و از پروتئین که تولید سوسپانسیون کرده و باعث حلالیت محلول ها می شود تا لیپید ها که باعث ایجاد اثرات امولسیفیکاسیون و ویسکوز می شود تغییر میکند. تقریباً در تمام موارد پلی ساکارید ها در محیط حاوی مولکول های زیاد آب حضور دارند. بنابراین گرچه پلی ساکارید ها باید به طور مناسب با پروتئین ها، لیپید ها و سایر مولکول های موجود در محیط که مواد غذایی دیده می شوند واکنش دهند باید به طور دائم نیز با مولکول های آب در واکنش باشند و بدین صورت پلی ساکارید ها اثرات مفید خود را ایفا می کنند (ویلیامز و فلیپس، ۲۰۰۰).

از نظر ساختمانی پلی ساکارید ها شاخه دار و یا خطی می باشند. بعضی از پلی ساکارید ها دارای طبیعت آنیونی بوده و دارای گروه های نظیر کربوکسیل، سولفات و فسفات هستند اما بعضی دیگر از خود خواص کاتیونی نشان داده اند و دارای گروه های آمینی می باشند.

کاربرد و اهمیت هیدروکلوئید ها به خواص عملکردی آنها بستگی دارد که این خواص نیز در مواد غذایی تحت تاثیر ساختمان مولکولی هیدروکلوئید، غلظت هیدروکلوئید ها، واکنش هیدروکلوئید با سایر ترکیبات مواد غذایی مثل قند، نمک، چربی، پروتئین و ... ، شرایط فراوری ماده غذایی مثل دما و همچنین pH میباشد (گلیکزمن، ۱۹۸۲؛ مارکوت و همکاران، ۲۰۰۱). مطالعات ساختاری- ساختمانی یک نیاز اساسی برای درک هرچه بهتر خواص عملکردی صمغ ها میباشد، به خصوص مطالعات رئولوژیکی، رفتار های برهم کنشی و ژل کنندگی به طور مستقیم با ساختار صمغ ها مرتبط هستند (کوبی و کاپور، ۲۰۰۱).

ویسکوزیته هیدروکلوئید ها به طور موثری تحت تاثیر عوامل متغیری مثل: سرعت برشی، درجه حرارت، غلظت، فشار و زمان برش قرار میگیرد. اثر غلظت بر ویسکوزیته ظاهری هیدروکلوئید ها عموماً با رابطه توان و یا با رابطه نمایی توصیف می‌شود (رائو و کنی، ۱۹۷۵؛ اسپیرزوتانگ، ۱۹۸۶). به علاوه درجه حرارت تاثیر مهمی بر رفتار جریان محلول هیدروکلوئید ها دارد و از آنجایی که عموماً طی فرآروی هیدروکلوئید ها با درجه حرارت های مختلفی مواجه هستیم ویژگی های رئولوژیکی آنها به عنوان تابعی از دما مطالعه می‌شود. اثر درجه حرارت بر ویسکوزیته ظاهری در یک سرعت برشی ویژه عموماً توسط مدل آرنیوس^۱ توصیف می‌شود (رائو و آنانتسوران، ۱۹۸۲؛ رائو و کنی، ۱۹۷۵؛ اسپیرزوتانگ، ۱۹۸۶). مدل های مختلفی جهت تعیین رفتار جریان محلول صمغ ها مورد استفاده قرار گرفته است که در بین آنها مدل قانون توان^۲ عموماً برای تعیین ویژگی های رئولوژیکی مواد غذایی مورد استفاده قرار میگیرد (بارنز و همکاران، ۱۹۸۹).

محلول های هیدروکلوئید میتوانند عموماً ویژگی های وابسته به زمان تیکسوتروپی از خود نشان بدهند. زمانیکه یک ماده در یک سرعت برشی مشخص تحت برش قرار میگیرد، در طی زمان ویسکوزیته ماده تیکسوتروپ کاهش میابد و باعث تخریب تدریجی ساختار جسم میشود در صورتیکه مواد رئوپکتیک رفتار مخالفی را از خود نشان میدهد (ابوجدیل و محامد، ۲۰۰۴). مدل سازی رفتار تیکسوتروپیک فراورده های غذایی بر مبنای معادلاتی از قبیل مدل ولتمن^۳ (ولتمن، ۱۹۴۳)، مدل تنزل تنش درجه اول (استف، ۱۹۹۶) و مدل سنتیک ساختاری^۴ (انگویان و همکاران، ۱۹۹۸) پایه گذاری شده است. یک نوع مدل لگاریتمی اصلاح شده ولتمن جهت توصیف رفتار تیکسوتروپیک کربوکسی متیل سلولز (ابدلرحیم و همکاران، ۱۹۹۴) و محلول های پکتین در ماست های طعم دار (راماسوامی و باساک، ۱۹۹۱ و ۱۹۹۲) و یک مدل تنزل تنش درجه اول با مقدار تنش تعادلی غیر صفر برای توصیف جریان وابسته به زمان محلول های ثعلب و بالنگو (رضوی و کاراژیان، ۲۰۰۹) به کار برده شد.

¹ Arrhenius equation

² Power law model

³ Weltman model

⁴ Structural kinetic model

تشخیص صحیح و قابل اعتماد خواص رئولوژیکی مخصوصا اثرات وابسته به زمان مواد غذایی برای کنترل کیفیت، ارزیابی بافت و پیشگویی عمر انبار مانی و همچنین برای طراحی تجهیزات فرایند لازم است (دیمونته و همکاران، ۱۹۹۸). بسیاری از فراورده های غذایی ترکیبات پیچیده دارند و خصوصیات رئولوژیکی آنها نه فقط به دما و ترکیب ماده بلکه به تنش برشی، سرعت برشی، زمان برش و همچنین به تارخیچه حرارتی و برش جسم بستگی دارد (تای و بوگر، ۱۹۷۴). از لحاظ علمی وابستگی زمانی جریان به طور واضح توسط حلقه هیستریزیس قابل نمایش است. مساحت حلقه هیستریزیس تخمینی از میزان تیکسوتروپی فراورده را میدهد.

محلول های هیدروکلوئید ویسکوالاستیک هستند و با فرکانس وابسته مدول ذخیره و اتلاف (G' و G'') قابل تعیین است. در محلول های رقیق در غلظت های کمتر از غلظت بحرانی که درگیری و بهم پیوستگی های بین مولکولی رخ نمیدهد بیشتر پلیمر ها در محدوده بزرگی از فرکانس مقدار G'' بالاتر از G' نشان میدهد، در غلظت های بالاتر یعنی در ناحیه درگیری پلیمر ها و غلظت های بالاتر از غلظت بحرانی G' و G'' هنوز وابسته به فرکانس هستند ولی G' بزرگتر از G'' است. برخی از پلی ساکارید ها مخصوصا صمغ زانتان تمایل به ایجاد اتصالات ضعیف بین مولکولی دارند و باعث تشکیل شبکه سه بعدی میشود. مکان های اتصال حتی در نرخ های برشی پایین میتواند به راحتی از هم گسیخته شود و ساختار شبکه ایی تخریب گردد. در یک چنین سیستم هایی $G'' > G'$ است و هر دو وابسته به فرکانس میباشند. اما برخی پلی ساکارید های دیگر مثل: آمیلوز، آگارز، کارگینان و ژلان میتوانند نواحی اتصال پایداری را به وجود آورند و در نتیجه ژل هایی با ساختارهای ژلی قوی ایجاد میکنند، در این سیستم ها $G' > G''$ است و هر دو مستقل از فرکانس هستند (ویلیامز و فیلیپس، ۲۰۰۰).

هیدروکلوئید ها به عنوان قوام دهنده به طور گسترده ای به کار برده میشوند و خصوصیات رئولوژیکی آن ها در دهه های اخیر شناخته شده است. به طور خاص با توسعه رئومترها در سرعت های برشی پایین هم اندازه گیری میشود. مولکول های بزرگ هیدروکلوئید ها قادراند در غلظت های نسبتا کم و پایین با برهم کنش ها مناسب با

تعداد زیادی از مولکول های آب خواص رئولوژیکی و بافتی سیستم های دربرگیرنده خود را تا حد قابل توجهی تحت تاثیر قرار داده و کنترل نمایند (ویلیامز و فیلیپس، ۲۰۰۰).

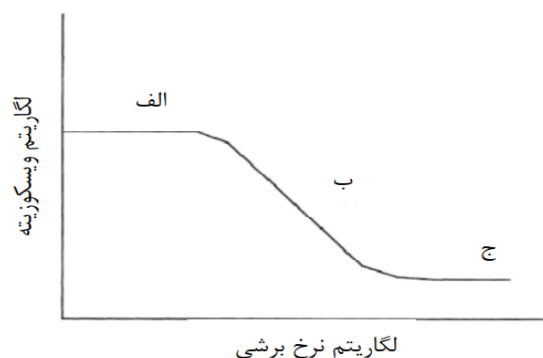
ویسکوزیته محلول های پلیمری در غلظت های بالاتر از حد خاصی که به غلظت بحرانی^۱ معروف است به شدت افزایش میابد که به آن C^* نشان میدهد. غلظت بحرانی غلظتی از هیدروکلوئید است که در مقادیر کمتر از آن محلول هیدروکلوئید در ناحیه رقیق^۲ میباشد که مولکول های هیدروکلوئید به صورت آزادانه و مستقل بدون درگیری با یکدیگر در محلول در حال حرکت و جابجایی هستند. در غلظت های بالاتر از غلظت بحرانی محلول هیدروکلوئید وارد ناحیه نیمه رقیق^۳ میشود، به طوریکه تجمع و تعداد مولکول ها در واحد حجم با عث ایجاد هم پوشانی و برخورد هیدروکلوئید ها و درگیری آنها با یکدیگر میشود که همین امر باعث افزایش ویسکوزیته محلول میشود (ویلیامز و فیلیپس، ۲۰۰۰).

*محلول های پلی ساکاریدی معمولا در غلظت های زیر غلظت بحرانی، رفتار نیوتونی از خود نشان میدهند و ویسکوزیته آنها مستقل از سرعت برشی است. این در حالی است که در غلظت های بالاتر از غلظت بحرانی رفتار غیرنیوتونی مشاهده میشود. همانطور که در شکل (۱،۱) نشان داده شده است منحنی سرعت برشی-ویسکوزیته پلی ساکراید های رقیق شونده با برش دارای سه ناحیه است: الف) یک منطقه با رفتار نیوتونی، ب) منطقه کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی و ج) منطقه رفتار نیوتونی در سرعت های برشی بالا (ویلیامز و فیلیپس، ۲۰۰۰).

¹ Critical Concentration

² Dilute Region

³ Semi-Dilute Region



شکل ۱،۱: نمودار معمول برای یک محلول پلیمری در بالاتر از غلظت بحرانی

در یک محلول پلیمری با غلظت بالای غلظت بحرانی که در آن مولکول های هیدروکلوئیدی باهم درگیری و هم پوشانی دارند و دارای پیوند های ضعیفی هستند، اعمال تنش باعث از بین رفتن و شکسته شدن پیوندهای ضعیف بین مولکول های هیدروکلوئیدی میشود. در سرعت های برشی پایین سرعت از بین رفتن پیوند ها کمتر از سرعت تشکیل دوباره آنهاست پس ویسکوزیته مستقل از سرعت برشی است، ولی با افزایش سرعت برشی سرعت از بین رفتن پیوند ها بیشتر از سرعت تشکیل میشود که به همین دلیل در سرعت برشی متوسط ویسکوزیته محلول کاهش پیدا میکند تا به یک مقدار ثابت ویسکوزیته در سرعت برشی بینهایت برسد (ویلیامز و فیلیپس، ۲۰۰۰).

از آنجاکه با گذشت زمان تقاضای مصرف کنندگان تغییر کرده است و همچنین با افزایش درک آن ها از خصوصیات عملکردی صمغ ها در صنعت ترجیح تولیدکنندگان نیز، محصولات غذایی هیدروکلوئیدی میباشد که با روند تولید ماده غذایی هماهنگی بیشتری داشته باشد. به همین منظور تقاضا برای هیدروکلوئید هایی با خواص عملکردی ویژه افزایش یافت که در نتیجه منجر به یافتن صمغ هایی با ویژگی های مناسب گردید که در میان این منابع، پلی ساکارید های گیاهی باتوجه به دسترسی آسان، افزایش مصرف کنندگان مشتقات گیاهی و قیمت مناسب اهمیت بیشتری پیدا کرده است (ویلیامز و فیلیپس، ۲۰۰۰ و آیمسون ۲۰۱۰). در نتیجه یکی از

منابعی که به طور گسترده برای استخراج هیدروکلوئید ها به کار گرفته میشود دانه ها هستند که به دلیل ایجاد حداکثر کارایی و ایجاد بافت های جدید مورد توجه قرار گرفته اند (دیکینسون، ۲۰۰۳).

استفاده از هیدروکلوئید ها در صنایع غذایی اکثرا در غلظت های کمتر از ۱٪ میباشد اما همین مقدار ناچیز نیز به شدت در ویژگی های بافتی و احساس دهانی محصول تاثیر می گذارد برخی از هیدروکلوئید های مهم مورد استفاده به عنوان قوام دهنده عبارتند از: صمغ زانتان، کربوکسی متیل سلوز، متیل سلولز، هیدروکسی متیل سلولز، گوار و صمغ دانه خرنوب (ویلیامز و فیلیپس، ۲۰۰۰).

۲.۱: صمغ ها

در اکثر مواقع اصطلاح صمغ به اشتباه به کار می رود: بیشتر هیدروکلوئید های با وزن مولکولی بالا، رزین های طبیعی، پلی مر های سنتتیک (مصنوعی) و شیر صمغی گیاه (صمغ گیاه) را صمغ می نامند. صنعت رنگ امروزه از انواع مختلفی از رزین های موجود در روغن استفاده می کند که "صمغ ها" نامیده می شوند. استفاده صحیح از کلمه "صمغ"^۱ در صنعت، به ویژه صنایع غذایی، به سادگی برای هر ماده ای است که می تواند در یک محیط آبی حل شود یا پراکنده شود تا محلول های ویسکوز یا چسبنده به وجود آورد. حتی این تعریف ساده گاهی اوقات اصلاح می شود تا متناسب با موقعیت خاص یا مواد خاص باشد. بنابراین کیتین دیاسیلتیک، که معمولا به عنوان یک پلی ساکارید شناخته می شود، تنها در محلول های اسیدی قوی محلول است و Carbopol، یک پلی وینیل پلیمر مصنوعی است تنها در محلول های قلیایی حل می شود. به طور کلی اکثریت صمغ ها با حلالیت در آب ویسکوزیته آن را افزایش می دهند. از نظر ساختاری اکثر صمغ های مورد استفاده در صنعت پلی ساکارید یا ترکیبی از پلی ساکارید هستند. (گلیکزمن، ۱۹۶۳)

صمغ ها پلی مر های زنجیره بلندی هستند که در آب حل و یا منتشر می شوند تا یک خاصیت غلیظ کنندگی را به وجود آورند، این ویژگی غلیظ کنندگی در تمام صمغ ها مشترک بوده و مبنایی برای استفاده کلی از آنها

¹ gum

می‌باشد. درجه غلیظ کنندگی در بین صمغ ها باهم متفاوت بوده ولی اکثر صمغ ها در غلظت های پایین عموماً کمتر از ۱٪ ویسکوزیته بالایی را ایجاد میکنند اما تعدادی از صمغ ها حتی در غلظت های بالا نیز ویسکوزیته پایینی را ایجاد می‌کنند. به علاوه نوع ویسکوزیته یا رفتار جریان صمغ ها نیز باهم فرق میکند، رفتار جریان و یا رئولوژی محلول صمغ ها با خواص اورگانولپتیکی محلول و در نتیجه با قابلیت پذیرش فراورده در ارتباط است. به همین دلیل تعیین خواص رئولوژیکی محلول صمغ ها کمک ارزشمندی در انتخاب صمغ مناسب برای فرمولاسیون غذای ویژه و یا کاربرد آن میکند (گلیکزمن، ۱۹۸۲).

بعضی از صمغ های مهم مانند ژلاتین و کازئین، پروتئین هستند. پلیمرهای پلی وینیل (Carbopol) پلی اتیلن اکسید و ... تازه وارد هستند. انتخاب و استفاده از یک صمغ برای هر کاربرد خاص بستگی به ویژگی های عملکردی آن دارد. هر صمغ ویژگی های خاص خود را دارد و باید به صورت فردی برای استفاده در هر محصول خاص مورد توجه قرار گیرد. برخی از صمغ ها به طور کامل در آب متورم میشوند برخی تا حدی در آب متورم شده و برخی کاملاً در آب حل میشوند. آب داغ برای حل کردن یا هیدرات کردن برخی از صمغ ها مورد نیاز است، در حالی که مابقی در آب سرد محلول هستند. برخی از صمغ ها باعث غلیظ تر شدن میشوند اما تشکیل ژل نمیدهند اما برخی دیگر در شرایط مختلف تشکیل ژل میدهند. برخی از صمغ ها از طریق واکنش های شیمیایی ژل تشکیل میدهند اما برخی دیگر با تنظیم دما یعنی با حرارت دیدن و سرد شدن ژل میدهند. این عملکردهای پیچیده و واکنشهای صمغ ها به طور کامل تا امروز قابل درک نیست و تنها به این صورت آشکار خواهد شد که ساختارهای شیمیایی و فیزیکی بیشتر روشن و مشخص شوند. لازم است برای بهترین استفاده از این مواد مفید تکنولوژی و علم به کار گرفته شود. (گلیکزمن، ۱۹۶۳)

در واقع صمغ ها گروه بسیار بزرگی از پلی ساکارید ها هستند که در غلظت ها پایین محلول های بسیار ویسکوز تولید میکنند. پلی مر های خطی نسبت به انواع منشعب علاوه بر اینکه فضای بیشتری را اشغال میکنند ویسکوزیته را بیشتر افزایش می‌دهند. به طور کلی صمغ ها را با توجه به ساختار نامشخص پلی ساکارید آنها

براساس مبدا و منبع در چهار گروه تقسیم بندی می‌کنند (جدول ۱،۱) که شامل: صمغ حاصل از دانه های گیاهی (صمغ گوار و دانه خرنوب)، صمغ عصاره و شیر گیاهان (صمغ عربی، کتیرا و کارایا) ، صمغ حاصل از جلبک ها (آگار، کاراگینان، آلژین و فورسلاران)، صمغ میکروبی (ژلان، دکستران و گزانتان) می‌شود.

جدول ۱،۱: گروه بندی انواع صمغ ها

درختان: سلولز ترشحات صمغی درختان: صمغ عربی، صمغ کارایا، صمغ غاطی، صمغ تراگاکانت گیاهان: نشاسته، پکتین غده ها: کونژاک	ترکیبات گیاهی
عصاره جلبک های قرمز: آگار، کارگینان عصاره جلبک های قهوه ایی: آلژینات	جلبک ها
صمغ گزانتان، کوردلان، دکستران، ژلان	میکروبی
ژلاتین، کازئینات، پروتئین آب پنیر، کیتوزان	حیوانی

مهم ترین خصوصیات محلول های هیدروکلوئیدی ایجاد ویسکوزیته و تشکیل ژل است، همچنین خصوصیات رئولوژیکی هیدروکلوئید ها به خصوص زمانیکه در فرمولاسیون غذایی برای بهبود بافت مورد استفاده قرار میگیرند اهمیت دارد (دیکسون، ۲۰۰۳). معمولا مخلوط هیدروکلوئید ها را برای ایجاد خصوصیات رئولوژیکی جدید و یا بهبود این خواص در فراورده های غذایی به کار میبرند که سبب کاهش هزینه های تولید نیز میشود (ویلیامز و فیلیپس، ۲۰۰۰).

از نظر اقتصادی استفاده از صمغ ها در صنعت پیشرفت چشمگیری داشته است که اکثرا مربوط به پلی مر های سنتتیک می باشد با این وجود صمغ های طبیعی قادر به حفظ یک بازار پایدار بوده و کاربردها را رشد زیادی داشته است. در زمینه غذایی در ایالات متحده، یکی از عواملی که مانع از مصرف روز افزون صمغ های مصنوعی می شود، مقررات مواد غذایی و داروی جدید و سختگیرانه اداره غذا و دارو (F.D.A) است. اکثرا مقادیر زیاد صمغ های طبیعی که به عنوان مکمل های غذایی مورد استفاده قرار می گیرند، سابقه ای طولانی در مصرف مواد غذایی دارند و توسط F.D.A. ترکیبات جدید، رقابتی و مصنوعی نیاز به آزمایش گسترده و گران قیمت دارند تا بتوانند برای مصرف مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرند، و این یک مانع جدی برای بسیاری از صمغ های جدید است. تولید کنندگان صمغ های طبیعی نیز برای حفظ بازارهای خود در مرزهای تحقیقاتی مبارزه می کنند. همانطور که تولید کنندگان و پردازنده های صمغ بیشتر و بیشتر در مورد ترکیب و ماهیت محصولات خود یاد می گیرند، صمغ های طبیعی جدید و بهبود یافته در دسترس خواهند بود. در حال حاضر ترکیبات بسیاری از صمغ ها دارای خواص عملکردی و سینرژیک برتر نسبت به صمغ های واحد (به تنهایی) است. (گلیکزم، ۱۹۶۳)

خواص و کاربردها: در صنایع غذایی، صمغ ها در کاربردهای مختلف مورد استفاده قرار میگیرند، در درجه اول برای توانایی آنها در افزایش ضخامت (ویسکوزیته)، تثبیت، تشکیل ژل و خواص کلی برای بهبود کیفیت مواد غذایی بافتی به کار گرفته میشوند.

مهم ترین خواص صمغ ها تشکیل ژل و ویسکوزیته میباشد. تعداد نسبتا کمی از ژل ها توانایی تشکیل ژل را دارند یعنی ایجاد بافت سختی که جریان پیدا نمیکند. اما تمام صمغ ها قابلیت افزایش ویسکوزیته را دارند که در انواع مختلف متفاوت است. (انن، ۱۹۵۳؛ گلیکزم، ۱۹۶۳ و والدت، ۱۹۶۱)

به طور کلی صمغ ها را در سه گروه تفسیم بندی میکنند:

گروه اول: صمغ های طبیعی هستند که آن ها را از منابع گیاهی و حیوانی مختلف به دست می آورند. مثل: صمغ عربی، پکتین، گوار، آگار، ژلان، ژلاتین، پروتئین آب پنیر و ...

گروه دوم: شامل صمغ های طبیعی میباشند که اصلاح شده اند و یا درواقع برای اینکه خواص کاربردی جدید و بیشتری پیدا کنند تغییر شیمیایی کرده اند. مثل: کربوکسی متیل سلولز، متیل سلولز، پکتین و ...

گروه سوم: صمغ های کاملاً سنتتیک میباشند به این معنا که تحت سنتز شیمیایی پلیمر هایی مشابه صمغ های محلول در آب تولید کرده اند که هیچ گونه ارتباطی هم با انواع طبیعی ندارند و تنها تعداد کمی از آن ها در صنایع غذایی کاربرد دارد، مثل پلی ونیل پیرولیدون (گلیکزم، ۱۹۸۲).

خواص عملکردی هیدروکلوئید ها: ۱. خواص افزایش ویسکوزیته و یا ضخامت^۱ ۲. خواص تشکیل ژل^۲ ۳. خواص فعالیت سطحی و امولسیون ۴. به عنوان فیلم و پوشش های خوراکی ۵. به عنوان جایگزین چربی

۱. خواص افزایش ویسکوزیته و یا تغلیظ: دلیل اصلی استفاده گسترده از هیدروکلوئید ها در غذاها، توانایی آنها در اصلاح رئولوژی سیستم غذایی است. اصلاح بافت و یا ویسکوزیته سیستم غذا به تغییر خواص حسی آن کمک می کند و از این رو، هیدروکلوئید ها به عنوان مکمل های غذایی مهم برای انجام اهداف خاص مورد استفاده قرار می گیرند. فرآیند غلیظ شدن شدن شامل درهم آمیختن نامنظم زنجیرهای پلیمری بدون انطباق است؛ این در واقع تعامل پلیمر-حلال است. هیدروکلوئیدی هایی که به عنوان عامل های تغلیظ استفاده می شوند، در جدول ۲، ۱ نشان داده شده است. اثر محلول ضخیم (ویسکوز) تولید شده توسط هیدروکلوئید ها بستگی به نوع استفاده از هیدروکلوئید، غلظت آن سیستم غذایی است که در آن استفاده می شود و همچنین pH سیستم غذا و درجه حرارت دارد. سس گوجه فرنگی یکی از رایج ترین مواد غذایی است که در آن از قوام دهنده های هیدروکلوئیدی برای تأثیر بر ویسکوزیته استفاده می شود. سوال این است که چگونه هیدروکلوئیدها محلول را غلیظ می کند. در پراکندگی رقیق، مولکول های فردی هیدروکلوئید ها می توانند آزادانه حرکت کنند و غلیظ شدن را نشان نمی دهند. در سیستم غلیظ، این مولکول ها شروع به تماس با یکدیگر می کنند؛ در نتیجه،

¹ Thickener

² Gelling agent

حرکت مولکول محدود می شود. انتقال از مولکول های با حرکتی آزاد به یک شبکه متصل، فرآیند غلیظ شدن است. ویسکوزیته محلول های پلیمری به طور قابل توجهی تحت تاثیر توده مولکولی پلیمری قرار دارد. علاوه بر اثرات توده مولکولی، اندازه هیدرودینامیکی مولکول های پلیمری در محلول به طور قابل توجهی با ساختار مولکولی تحت تاثیر قرار می گیرد. مولکولهای خطی، دارای اندازه هیدرودینامیکی بزرگتر نسبت به پلیمری بسیار شاخه دار و بسیار انعطاف پذیر از همان توده مولکولی (با جرم مولکولی یکسان) هستند و از این رو به ویسکوزیته بسیار بالاتر می رسند (فیلیپس و همکاران، ۱۹۸۶؛ شاهین و ازدیمر، ۲۰۰۴).

۲. خواص تشکیل ژل : اشکال ذاتی متبلور از هیدروکلوئید به ویژه برای ایجاد ژل مفید است زیرا آنها تشکیل ترکیب ساختار ماکروسکوپی با توانایی جریان را دارند و اغلب بافت جامد نرم را جذب می کنند که به ویژه در مواد غذایی مورد استفاده قرار می گیرد و در همه موارد با محتوای آب بالا ($< 95\%$) است. خصوصیات ذرات ژل و کاربردی که برای آنها استفاده می شود، به نوع هیدروکلوئید، مکانیزم تشکیل شبکه و روش پردازش مورد استفاده برای تشکیل ذرات بستگی دارد. شبکه های ژل هیدروکلوئیدها از طریق اتصال و اتصال متقابل زنجیره های پلیمری به شکل یک شبکه سه بعدی شکل می گیرند. مکانیزمی که به وسیله آن پیوند این اتصال می تواند متفاوت باشد. ژل سازی هیدروکلوئید می تواند سلسله مراتبی از ساختارها را شامل شود، که شایع ترین آنها تجمع پیوندهای اتصال اولیه به "ناحیه اتصال" است که پایه ای برای ویژگی سه بعدی شبکه یک ژل است. پارامترهای مختلف مانند دما، حضور یون ها و ساختار ذاتی هیدروکلوئید می توانند بر تنظیم فیزیکی مناطق اتصال در شبکه تأثیر بگذارند (بوری و همکاران، ۲۰۰۸؛ دجابورو، ۱۹۹۱).

۳. خواص فعالیت سطحی و امولسیون: اعتقاد بر این است که صمغ ها (در سطوح جامد یا مایع) بسیار آهسته، ضعیف و با سطوح سطحی بسیار محدود جذب می شوند. صمغ عربی احتمالاً بیشترین

هیدروکلوئید مطالعه شده است که فعالیت سطحی قابل توجهی دارد. صمغ عربی تنها صمغی است که بین دو سطح آب و روغن جذب میشود و ایجاد تثبیت فضایی (استیریک) میکند. صمغهای دیگر مانند گالاکتوماناز، زانتان، پکتین و ... نیز شناخته شده اند که باعث کاهش کشش های سطحی و بین فضایی، جذب به سطوح جامد و بهبود ثبات امولسیون های روغن در آب می شوند. سلولز میکرو کریستالی^۱ (MCC) یک نمونه از هیدروکلوئیدها است که بدون حلالیت در آب بوده و به صورت مکانیکی در محل جذب می شود. این مسئله به خوبی تایید شده است که صمغ عربی، پلی ساکارید طبیعی میباشد که خواص امولسیون عالی برای تشکیل امولسیون روغن در آب دارد. یک مثال عالی از استفاده از آن در امولسیون های ابری، به عنوان سازندگان کدورت برای نوشیدنی مرکبات است. اهمیت مولکولهای پروتئینی موجود در صمغ عربی به خواص امولسیونی آن مربوط است (کونولی و همکاران، ۱۹۸۸). پکتین نوع دیگر از هیدروکلوئیدهاست که خاصیت امولسیونی آن قابل توجه است. در حالی که پکتین مرکبات و سیب به طور معمول به عنوان ژل در pH کم استفاده می شود، پکتین چغندر با یون های کلسیم یا غلظت های بالای قند ژل را تشکیل نمی دهد. (ویلیامز و همکاران، ۲۰۰۵).

۴. به عنوان فیلم و پوشش های خوراکی : یک فیلم خوراکی به عنوان یک لایه نازک تعریف می شود که می تواند مصرف شود، روی غذا پوشیده شود یا به عنوان مانع بین غذا و محیط اطراف قرار گیرد. آشنا ترین نمونه از بسته بندی خوراکی پوشش گوشت سوسیس است که برای پخت و پز و خوردن برداشته نمی شود. هیدروکلوئید ها برای تولید فیلم های خوراکی روی سطح مواد غذایی و بین مواد غذایی استفاده می شود. چنین فیلم هایی به عنوان مهار کننده های رطوبت، گاز، عطر و مهاجرت لیپید عمل می کنند. بسیاری از صمغ ها و مشتقات آن ها برای پوشش پیشنهاد شده است. آنها عبارتند از آلژینات، کاراژین، سلولز و مشتقات آن، پکتین، نشاسته و مشتقات آن و ... از آنجایی که این هیدروکلوئید ها هیدروفیل هستند، پوشش هایی که تولید می کنند خصوصیات مانع رطوبت محدودی دارند. با این

¹ Microcrystalline

حال، اگر آنها را در قالب ژل استفاده شوند، آنها می توانند از دست دادن رطوبت را در زمان ذخیره سازی به تاخیر بیاورند، علاوه بر این، از آنجا که در بعضی موارد رابطه معکوس بین بخار آب و نفوذ پذیری اکسیژن مشاهده شده است، چنین فیلم هایی می توانند حفاظت مؤثر را در مقابل اکسیداسیون چربی و سایر مواد غذایی حساس را به عمل آورند. فیلم های خوراکی هیدروکلئیدی با توجه به ماهیت آنها به دو دسته تقسیم بندی میشوند: پروتئینی، پلی ساکارییدی. پروتئین ها و پلی ساکراید ها که به طور گسترده ای برای تشکیل فیلم ها و پوشش های خوراکی مورد استفاده قرار می گیرند، در جدول ۲،۱ ارائه شده است (هولینگ وردس، ۲۰۱۰).

۵. به عنوان جایگزین چربی : تغییر در شیوه زندگی مدرن، افزایش آگاهی ارتباط بین رژیم غذایی و سلامت و فن آوری های جدید پردازش منجر به افزایش سریع مصرف غذاهای آماده، غذاهای نوآورانه و توسعه محصولات با فیبر بالا و کم چرب مواد غذایی شده است. مواد جامد پر کالری مانند چربی ها و روغن ها ممکن است با "آب ساختاری"^۱ جایگزین شوند تا غذاهای سالم و کم کالری با کیفیت غذا عالی را به ارمغان بیاورند. به طور خاص، محصولات هیدروکلئید متعددی برای استفاده به عنوان جایگزین های چربی در غذا ها طراحی شده اند. این در نتیجه منجر به افزایش تقاضا برای هیدروکلئید شده است. به عنوان مثال، سس ایتالیایی شامل صمغ زانتان به عنوان قوام دهنده و مایونز "Light" حاوی صمغ گوار و صمغ زانتان به عنوان جایگزین های چربی برای افزایش ویسکوزیته است. رویکرد سنتی جایگزین بخشی از چربی با استفاده از نشاسته است که وقتی که در آب حل میشود، ژل های پایدار حرارتی برگشت پذیر ایجاد می کنند. ژل نرم و چرب مانند می تواند با تغییراتی به درجه ای تبدیل شود که لازم است برای تولید ژل های قابل انعطاف تر و برگشت پذیر حرارتی ایجاد شود. به طور معمول ۲۵-۳۰٪ جامدات، نشاسته در آب، یک ساختار پایدار بهینه برای جایگزینی چربی تشکیل می دهد. نسل جدید جایگزین چربی برای تقلید از خواص بسیار و پیچیده ی چربی ها و روغن ها در یک

¹ structured water

برنامه خاص طراحی شده اند. به حداکثر رساندن ترکیب مواد تشکیل دهنده کاربردی مانند هیدروکلوئید به طور کلی در ترکیب با چربی نشاسته خاص می تواند به این معنی باشد که کاهش ۱۰۰٪ چربی قابل دستیابی است. بر اساس خصوصیات ژل ذرات اینولین، می توان نتیجه گرفت که عملکرد اینولین به عنوان جایگزین چربی، تنها در سیستم های مبتنی بر آب است. هنگامی که غلظت بیش از ۱۵ درصد است، اینولین توانایی تشکیل ژل یا کرم را دارد، بافت چربی مانند بسیار عالی را نشان می دهد. این ژل اینولین جایگزین چربی کامل است که فرصت های مختلفی را در طیف وسیعی از غذاها ارائه می دهد. هر ذره ی اینولین در فاز آب در هر سیستم غذا پراکنده می شود تا کمک به پایان رساندن چربی مواد غذایی کند. همچنین اینولین به عنوان یک جایگزین چربی در دسرهای یخ زده استفاده می شود، زیرا به راحتی می تواند در دهان احساس چربی ایجاد کند همچنین دارای خواص ذوب عالی و نیز داری پایداری یخ ایجاد شده بدون هیچ عارضه ناخواسته ای می باشد (فیلیپس و ویلیامز، ۲۰۰۰).

جدول ۱،۲ : مواد هیدروکلوئیدی که به طور گسترده برای تشکیل فیلم و پوشش های خوراکی در غذا ها به کار برده میشوند (هولینگ وردس، ۲۰۱۰):

پلی ساکارید	مواد تشکیل دهنده فیلم	عملکرد اصلی
	آگار	عامل ژل ساز
	آلژینات	عامل ژل ساز
	کارگینان	عامل ژل ساز
	مشتقات سلولز CMC HPC HPMC MC	عامل ضخامت (غلیظ کننده) عامل ضخامت و امولسیفایر عامل ضخامت عامل ضخامت، امولسیفایر و عامل ژلساز
	کیتوزان	عامل ژل ساز، خواص ضد میکروبی
	صمغ عربی	امولسیفایر
	صمغ گوار	عامل ضخامت
	صمغ گزانتان	عامل ضخامت
	پکتین	عامل ژل ساز
پروتئین	نشاسته	عامل ضخامت و عامل ژل ساز
	ژلاتین گاوی	عامل ژل ساز
	ژلاتین ماهی	عامل ژل ساز
	ژلاتین خوک	عامل ژل ساز

برخی از گیاهان که در نقاط مختلف ایران رشد میکنند دارای پلی ساکارید های مهمی هستند که از صمغ های استخراج شده از دانه های آن ها میتوان به عنوان منابع جدید هیدروکلوئیدی نام برد. دانه های گیاهانی نظیر بالنگو، قدومه شیرازی، شاهی، ریحان، بارهنگ، مرو و ... که دارای خواص درمانی با ارزشی هستند دارای مقدار زیادی موسیلاژ قابل استخراج به عنوان هیدروکلوئید نیز میباشند (رضوی و همکاران، ۲۰۰۷). بسیاری از دانه ها دارای نشاسته هستند که به عنوان ذخیره غذایی حساب میشود اما برخی دیگر دارای پلی ساکارید غیر نشاسته ایی هستند که ویژگی های عملکردی شبیه صمغ ها را دارند که برخی از این گیاهان به عنوان منابع حاوی هیدروکلوئید با قابلیت جایگزینی با انواع تجاری میباشند که به عنوان عامل قوام دهنده و پایدار کننده مناسب میباشد (رضوی و همکاران، ۲۰۰۷ و بستان و همکاران، ۲۰۱۰).

در میان صمغ ها، خانواده گالاکتومانان ها گسترده ترین کاربرد را داشته و نقش مهمی در صنایع غذایی ایفا میکنند (گلیکزمن، ۱۹۸۲). از میان گالاکتومانان ها تنها صمغ گوار و صمغ لوبیای لوکاست به دلیل خواص کاربردی ویژه ایی که دارند در حد وسیعی در تولید محصولات غذایی به کار برده میشوند. قدیمی ترین صمغ دانه ای مورد استفاده صمغ دانه لوبیای لوکاست است که توسط مصریان باستان در مومیایی کردن اجساد مردگان استفاده میشد، همچنین در مستندات تاریخی به کاربردهای غذایی آن نیز اشاره شده است. صمغ گوار نیز در طی جنگ جهانی دوم در پی جستجو برای جایگزینی صمغ لوبیای لوکاست و سایر صمغ ها که با کمبود مواجه بودند به عنوان منبع جدید صمغی به بازار عرضه شد (گلیکزمن، ۱۹۸۲).

صمغ های گالاکتومانانی در آندوسپرم دانه بسیاری از گیاهان خانواده بقولات یافت میشود و گونه های مختلف مقادیر مختلفی از پلیمر ها و همچنین نسبت های مختلف د-مانوز به د-گالاکتوز را دارا میباشند. از لحاظ ساختاری گالاکتومانان ها ساختار پایه بتا ۱ به ۴ د-مانان را دارند که با جایگزینی زنجیره های جانبی گروه های آلفا - د - گالاکتوزیل با پیوند ۱ به ۶ به صورت محلول در می آیند. به طور کلی دیده شده که حلالیت پلیمر در آب با کاهش نسبت مانوز به گالاکتوز افزایش میابد (گلیکزمن، ۱۹۸۲).

به طور خلاصه در گالاکتومانان هایی که از منابع مختلف استخراج میشود اختلاف هایی در: الف) نسبت مانوز به گالاکتوز، ب) نحوه توزیع بنیان های گالاکتوز بر روی ساختار پایه مانوز، ج) وزن مولکولی و د) توزیع وزن مولکولی دیده میشود (گلیکزمن، ۱۹۸۲).

۳,۱: گیاه شناسی

الف: ریحان

ریحان عضوی از خانواده لامیاسه^۱ با نام علمی /اوسیوم باسیلیکوم^۲ بوده که به عنوان گیاه معطر خوراکی و نیز گیاه تزئینی مورد استفاده قرار می گیرد. اوسیوم حاوی ۵۰ تا ۱۵۰ گونه مختلف است که در نواحی گرمسیری آسیا، آفریقا، آمریکای مرکزی و جنوبی و همچنین در جنوب اروپا یافت می شود (سیمون و همکاران، ۱۹۹۹، پاتون و همکاران ۱۹۹۹). این جنس دارای تنوع بسیار زیادی بوده به طوریکه گونه های یکسان آن در نقاط مختلف جهان دارای ترکیبات شیمیایی متفاوتی هستند (سوپاکول و همکاران، ۲۰۰۳).

گیاه ریحان در ایران گونه /اوسیوم باسیلیکوم است که در نقاط مختلف از جمله: تهران، همدان، خراسان، کرمانشاه، خرمشهر، آذربایجان و بلوچستان به صورت وحشی روئیده و یا کشت می شود. ریحان گیاهی یک ساله به طول ۶۰ سانتی متر است که گل های کوچک مایل به سبز یا ارغوانی و یا سفید دارد. پشت برگ های آن سبز خاکستری و روی برگ های جوان آن سبز روشن است. برگ ها به شکل بیضی، نوک تیز با دندانه های ریز بوده و معطر می باشد. همچنین تخم ریحان سیاه، ریز و کمی زبر می باشد (زرگری، ۱۳۷۶). طبق گزارش کنفرانس بین المللی FAO در سال ۱۹۹۶ ریحان جزو گیاهان بومی ایران شناخته شده است (طاعب، ۱۹۹۶).

دانه ریحان در تهیه نوشیدنی های سنتی به کار برده می شود از همین رو به نام تخم شربتی نیز خوانده می شود. ترکیبات هیدروکلوئیدی موجود در دانه با جذب آب متورم شده و یک لایه ژلی در اطراف دانه ایجاد می شود در

^۱ Lamiaceae

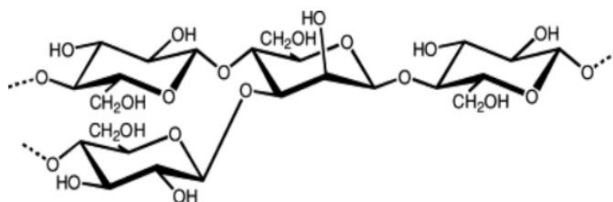
^۲ Basilicum Ocimum

نتیجه قوام خاصی را در نوشیدنی‌ها فراهم می‌کند. این لایه موسیلاژی را میتوان جدا کرد و پس از خشک کردن به عنوان صمغ یا هیدروکلوئید در فرمولاسیون‌های غذایی مورد استفاده قرار داد (رضوی و همکاران، ۱۳۷۸). دانه ریحان همچنین خواص دارویی فراوانی دارد و در طب سنتی ایران مورد استفاده قرار گرفته است. دانه و برگ ریحان به صورت جوشانده و دم کرده در رفع التهاب مجاری ادرار، از بین بردن نفخ، رفع زخم معده، آرامش بخش، افزایش شیر مادر و ... موثر است. همچنین ریحان به دلیل داشتن روغن‌های خاص دارای فعالیت‌های ضد قارچی، ضد ویروسی، ضد التهاب و مهم‌تر از همه دارای خاصیت آنتی اکسیدانی می‌باشد (نقیبی و همکاران، ۲۰۰۵، جوانمردی و همکاران، ۲۰۰۳، کوثر و همکاران، ۲۰۰۵، عباس و همکاران، ۲۰۰۶، اوکسنام و همکاران، ۲۰۰۵ و لی و همکاران، ۲۰۰۵).

صمغ دانه ریحان دارای ۷۰/۶۳٪ کربوهیدرات، ۱/۳۲٪ پروتئین، ۴/۳۸٪ چربی است. در بخش کربوهیدرات مولکول‌های گلوکز و مانوز به ترتیب به میزان ۲۹/۶ و ۸/۹ درصد وجود دارد. حلالیت بالا و قابلیت جذب آب بسیار زیاد صمغ دانه ریحان را میتوان به میزان کم قند مانوز نسبت داد (حسینی پرور، ۱۳۸۸). طبق بررسی‌ها شرایط بهینه استخراج موسیلاژ دانه ریحان در دمای ۶۸ درجه سانتی گراد، $pH=8$ و نسبت آب به دانه ۱ به ۶۵ تعیین شد (رضوی و همکاران، ۲۰۰۹). این صمغ دارای خصوصیات رئولوژیکی قابل توجهی میباشد که آن را قابل قیاس با هیدروکلوئیدهای تجاری مثل زانتان کرده است همچنین این صمغ جزو صمغ‌های گلوکومانانی-آنیونی میباشد (حسینی پرور، ۱۳۸۸).

در مطالعات انجام شده آمده است که پلی ساکارید استخراج شده از دانه ریحان شامل دو بخش اصلی از گلوکومانان (۴۳٪) با اتصالات عرضی ۱-۴ با گزیلان (۲۹/۲۴٪) و دارای بخش کوچکی گلوکان (۳۱/۲٪) میباشد. همچنین حضور آرابینو گالاکتان بسیار منشعب علاوه بر گلوکومانان و گزیلان گزارش شده است (آزوما و ساکاموتو، ۲۰۰۳).

شکل ۲،۱ ساختار معمول برای یک گلوکومانان را نشان میدهد. برخی گلوکومانان ها مثل گلوکومانان کنجاک دارای گروه های استیل در زنجیره اصلی میباشند (لی و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین صمغی که از دانه ریحان استخراج میشود دارای گروه های استیل بوده که در خصوصیات هیدروفوبی پلی ساکارید میتواند نقش داشته باشد.



شکل ۲،۱: شمای ساختار گلوکومانان معمول

صمغ دانه ریحان رفتار رقیق شوندگی با برش را در تمام غلظت ها و دما ها از خود نشان می‌دهد. محلول موسیلاژ دانه ریحان در غلظت های خیلی پایین مثلا در حدود کمتر از ۰/۳٪ وزنی میتواند محلول های ویسکوز ایجاد کند که در دماهای بالا نیز این رفتار را حفظ می‌کند. مدل رئولوژیکی هرشل_ بالکی مناسب ترین مدل رئولوژیکی مستقل از زمان برای توصیف رفتار جریان محلول های صمغ دانه ریحان پیشنهاد شده است (حسینی پرور و همکاران، ۲۰۰۹؛ تارانان و آنجانیالو، ۱۹۷۴). همچنین از جمله خواص عملکردی صمغ دانه ریحان میتوان به کاربرد آن در تهیه امولسیون های پایدار آب در روغن به عنوان یک امولسیفایر مطلوب اشاره کرد (اسانو و همکاران، ۲۰۱۰). انرژی فعال سازی صمغ دانه ریحان با افزایش غلظت با استفاده از مدل آرینوس افزایش میابد که نشان دهنده مقاوت حرارتی بالای موسیلاژ دانه ریحان میباشد.

ب: شاهی

گیاه شاهی با نام علمی *لپیددیوم ساتیوم*^۱ و از خانواده کروسیفرا^۲ (شب بوییان) می‌باشد. عموماً در انگلیسی تحت عنوان شاهی باغی^۳ نام گذاری میشود. شاهی یک گیاه کوچک علفی بدون کرک یک ساله به ارتفاع ۵۰ سانتی متر میباشد. این گیاه بومی کشور های جنوب و جنوب غرب آسیا است. دانه شاهی بیضی شکل و به رنگ قهوه ای مایل به قرمز بوده است و دارای طولی حدود ۳۰۰ میکرومتر و پهنایی حدود ۱۰۰ میکرومتر میباشد. در هنگام خیساندن در آب دانه ها به سرعت آب جذب کرده و متورم شده و مایعی چسبناک و بدون طعم حاوی مقدار بسیار زیادی ترکیبات موسیلاژی تولید میکند (گوکاوی و همکاران، ۲۰۰۴، رضوی و همکاران، ۲۰۰۷). ترکیبات شیمیایی گزارش شده از دانه شاهی شامل: آلکالوئید ها، فلاونوئید ها، کاردیوتونیک گلیکوزید ها، استرول ها، تانن ها و تری ترین ها هستند که مسئول خواص درمانی فراوان دانه شاهی میباشد (قانتی و همکاران، ۲۰۱۱).

مقدار بسیار زیاد موسیلاژ دانه شاهی و همچنین خواص دارویی فراوان آن از جمله درمان کم خونی، کاهش دهنده چربی خون و همچنین خاصیت ضد سرطانی بازار مناسبی را به جهت جایگزینی صمغ دانه شاهی با برخی از هیدروکلوئید های تجاری فراهم کرده است (کاراژیان، ۱۳۸۹).

جزئی که در دانه شاهی برای ایجاد ویسکوزیته و ژل ضروری است پوسته آن می‌باشد که عمدتاً حاوی پلی ساکارید است (گوکاوی و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین نتایج نشان داده است که موسیلاژ دانه شاهی میتواند جایگزین خوبی برای تراگاکانت و صمغ عربی باشد (بهروزیان و همکاران، ۲۰۱۴). پلی مر صمغ متشکل از کربوهیدرات هایی با گروه های عملگر کربوکسیل و هیدروکسیل بوده و شامل قند هایی از جمله: مانوز، آرابینوز، گلوکورونیک اسید، گالاکتورونیک اسید، گالاکتور، رامانوز و گلوکز میباشد. جزو ماکرومولکولی در صمغ دانه

^۱ *Lepidium sativum*

^۲ *Cruciferae*

^۳ Garden cress (water cress)

شاهی دارای زنجیره نیمه سختی است که آن را با گزانتان قابل مقایسه کرده است، این زنجیره با پروتئین در ارتباط بوده و ممکن است به صورت گلیکو پروتئین و یا کمپلکس پروتئین پلی ساکارید باشد. با افزایش غلظت صمغ دانه شاهی ویسکوزیته افزایش میابد که این به دلیل افزایش درگیری بین زنجیره های پلیمری و افزایش محدودیت رانش مولکولی می باشد (کاراژیان و همکاران، ۲۰۱۱؛ کاراژیان و همکاران، ۲۰۰۹).

صمغ استخراج شده از دانه شاهی به صورت یک سیال رقیق شونده با برش رفتار میکند که رفتارش با مدل قانون توان قابل توصیف است. با افزایش غلظت موسیلاژ دانه شاهی رفتار سودوپلاستیسیته افزایش میابد (کاراژیان و همکاران، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۱). تاثیر تخریبی حرارتی بر ویژگی های عملکردی این صمغ در دما های بالا مشاهده نشده است و در بیشتر موارد تیمار های حرارتی باعث بهبود خواص امولسیون کنندگی و کف کنندگی موسیلاژ دانه شاهی شده که این به دلیل افزایش برگشت ناپذیر ویسکوزیته پس از اعمال حرارت بوده است. همچنین در فرآیند های حرارتی در دما های بالا ژل صمغ دانه شاهی ذوب نمیشود (ناجی و همکاران، ۲۰۱۲). شرایط دمایی پایین باعث میشود که ویسکوزیته ظاهری صمغ دانه شاهی افزایش یابد اما تاثیر معنی داری بر قابلیت کف کنندگی آن نمی گذارد. خصوصیات امولسیون کنندگی آن نیز تحت شرایط مختلف سرد کردن پایدار بوده و به طور کلی در شرایط مختلف سرد کردن تغییر معنی داری بر خصوصیات عملکردی و بافتی صمغ دانه شاهی مشاهده نگردید (ناجی و رضوی، ۲۰۱۴).

۴،۱: پکتین

لغت پکتین از یک لغت یونانی گرفته شده است و به معنای منجمد شدن و سفت شدن است (آزادبخت و همکاران، ۱۳۸۲). یکی از پلی ساکارید ها با خواص عملکردی بالا بوده و همچنین یکی از عمده ترین هیدروکلوئید های مورد استفاده در صنایع غذایی است. این کربوهیدرات در همه گیاهان وجود داشته و در ساختمان سلولی شرکت دارد. پکتین یک پلی ساکارید آنیونی بوده است که عمدتاً از مرکبات استخراج می شود. گیاهان مختلف، پکتینی با ویژگی های عملکردی متفاوت تولید می کنند که درواقع واژه پکتین تعدادی از پلی

مر ها را شامل میشود که بسته به وزن مولکولی، ساختار شیمیایی و محتوای قند های خنثی متفاوت هستند (فلوتو، ۲۰۰۳). این ماده بی بو و دارای طعم مخصوص صمغ مانند است که در آب حل شده و تشکیل کلوئید شفافی را می دهد. پکتین پلی مری با واحد های گالاکتورونیک اسید میباشد که گروه های اسیدی در آن میتواند به صورت آزاد و یا ترکیبی با متیل استر و یا سدیم، پتاسیم، کلسیم یا نمک های آمونیوم وجود داشته باشد و در بعضی از پکتین ها گروه های آمیدی نیز وجود دارد (ارسلان، ۱۹۹۶). عامل اصلی در خواص رئولوژیکی و فیزیکی شیمیایی پکتین درجه استریفیکاسیون آن می باشد. همچنین توانایی تشکیل ژل نیز به درجه استریفیکاسیون پکتین بستگی دارد و درواقع درجه واکنش پذیری با کاتیون ها را تعیین می کند. هرچه درجه استریفیکاسیون بالاتر باشد ژل تند تر میبندد و بافت با الاستیسیته بالاتری را از خود نشان می دهد (ابراهیم زاده، ۱۳۸۵). پکتین را میتوان از طریق استخراج آبی مرکبات و فراورده های جانبی سیب که طی تولید آبمیوه به دست می آید تهیه کرد (گیس، ۱۹۹۶). پکتین از واحد های اسید گالاکتورونیک تشکیل شده است که از طریق اتصالات گلیکوزیدی α (۱-۴) به یکدیگر متصل میشوند همچنین دارای شاخه های آرابینوز، گالاکتوز و زایلوز نیز است. بخشی از زنجیره پکتین که با متیل استری شده است را متیل استر گویند و عمدتاً انواع پکتین را طبق درجه استریفیکاسیون آن ها طبق بندی میکنند:

پکتین های HM^1 : پکتین هایی با درجه استریفیکاسیون بالا هستند که معمولاً با بیش از ۵۰٪ واحد اسیدگالاکتورونیک استری شده اند و عملاً هیچ واکنشی با یون کلسیم ندارند. قدرت ژلی در این نوع پکتین ها به مقدار اسید، غلظت و حلالیت مواد جامد دارد.

پکتین های LM^2 : پکتین هایی با درجه استریفیکاسیون پایین هستند که با کمتر از ۵۰٪ واحد اسیدگالاکتورونیک استری شده اند و میتوانند با یون کلسیم تشکیل ژل بدهند. این پکتین ها فقط با قند و اسید تشکیل ژل نمی دهند بلکه در حضور مواد جامد قابل حل کمتر و یون کلسیم نیز می توانند تشکیل ژل بدهند.

¹ High methonyle pectinCL

² Low methoxyle pectins

درواقع در این نوع پکتین ها گروه های استری توسط پکتین متیل استراز و هیدرولیز اسیدی و یا قلیایی کاهش می یابد (جودکی و همکاران، ۲۰۱۳).

مولکول های پکتین دارای وزن مولکولی بیش از ۲۰۰۰۰۰ دالتون و با درجه پلیمریزاسیون ۱۰۰۰ میباشد. درصد اسید گالاکتورونیک کل مولکول به عنوان محتوای اسید گالاکتورونیک معرفی میشود که در تعریف پکتین به عنوان یک افزودنی غذایی حداقل ۶۵٪ میباشد (فلوتو، ۲۰۰۳).

پکتین محلول در آب و نامحلول در حلال های آلی است و به طور گسترده به عنوان عامل ژل ساز، قوام دهنده و امولسیون کننده در صنایع غذایی (تهیه ژله، آبمیوه های رژیمی، آبمیوه و...)، داروسازی (ضد اسهال، ضد یبوست، ضد سرفه، درمان بیماری های معده و ...)، لوازم آرایشی و ... به کار برده می شود (کلپاتی و پرکتور، ۲۰۰۱).

ویسکوزیته محلول های پکتینی بالا بوده است ولی به طور کلی پکتین نسبت به سایر صمغ ها در افزایش ویسکوزیته تاثیر چندانی ندارد. محلول های رقیق پکتین عمدتاً حالت نیوتونی از خود نشان داده و نیز به میزان کمی تحت تاثیر میزان کلسیم هستند. اما محلول های با غلظت بیش از یک درصد پکتین دارای رفتار سودوپلاستیک بوده و به میزان زیادی تحت تاثیر کلسیم هستند (فلوتو، ۲۰۰۳).

ویسکوزیته محلول های پکتین بالا بوده ولی در حالت کلی پکتین در مقایسه با سایر صمغ ها در افزایش ویسکوزیته تاثیر چندانی ندارد. محلول های رقیق پکتین به طور عمده نیوتونی بوده و به میزان کمی تحت تاثیر میزان کلسیم هستند. اما محلول های با بیش از ۱٪ پکتین دارای رفتار سودوپلاستیک بوده و به میزان زیادی تحت تاثیر کلسیم هستند (فلوتو، ۲۰۰۳).

پکتین های پر استر در pH حدود ۲/۵ تا ۴/۵ پایدار هستند. اما در pH های بیشتر از ۴/۵ زنجیره اسید گالاکتورونیک د پلیمریزه میشود. ساختار مولکولی آن نسبتاً در برابر حرارت مقاوم است و دپلیمریزاسیون در

pH حدود ۳/۵ فقط در دماهای بالا صورت میگیرد. با افزودن شکر و کاهش فعالیت آبی مقاوت محلول پکتین به حرارت افزایش میابد (فلوتو، ۲۰۰۳).

۵.۱: سیستم های دیسپرسیونی^۱

بسیاری از غذا ها یک سیستم دیسپرسیونی میباشند. دیسپرسیون درواقع یک سیستمی است از ذرات مجزا که در فاز مایع پیوسته میباشند. بسیاری از اجزای غذا کاملاً غیر قابل امتزاج هستند در نتیجه فاز های جداگانه ایی را در غذا تشکیل میدهند. با این حال اندازه این فاز ها میتواند بسیار کوچک باشد و با چشم غیرمسلح و به صورت هموزن دیده شوند. خصوصیات سیستم های دیسپرسیونی به طور کامل به ترکیبات شیمیایی آن ها بستگی ندارد بلکه به ساختار فیزیکی آن ها نیز ارتباط دارد (والسترا، ۱۹۹۶).

سیستم های دیسپرسیونی براساس اندازه ذرات تقسیم بندی می‌شوند: ۱. دیسپرسیون های درشت^۲ که ذراتی با اندازه بزرگتر از ۰/۵ میکرون دارند و با میکروسکوپ نوری قابل دیدن هستند و از کاغذ صافی عبور می‌کنند و به سرعت ته نشین میشوند. ۲. دیسپرسیون های کلئیدی که دارای ذرات با اندازه بین ۰/۵ میکرون تا ۱ نانومتر میباشند. این ذرات در سیستم با حرکات براونی باقی میمانند و میتوانند از کاغذ صافی عبور کنند اما از فیلتر های غشایی رد نمیشوند. ۳. دیسپرسیون هایی که اندازه ذراتشان کوچکتر است را دیسپرسیون های محلولی^۳ یا مولکولی^۴ می نامند (دمان، ۱۹۹۹).

۶.۱: دیسپرسیون های مایع

چندین نوع دیسپرسیون مایع وجود دارد که بیشترین بحث در سیستم های غذایی بر روی سوسپانسیون ها (ذرات جامد در یک مایع) و امولسیون ها (ذرات مایع در یک مایع) میباشد. سوسپانسیون های غذایی شامل:

¹Dispersed Systems

² Coars Dispersion

³ Molecular Dispersion

⁴ Solutions

شیر پس چرخ، کریستال های چربی در روغن و بسیاری از شربت های سبزیجات و آب میوه جات، گرانول های نشاسته در آب، کریستال های شکر در محلول های اشباع، توده های پروتئین در فاز آبی و... میباشند. به طور کلی دیسپرسیون ها در معرض ناپایداری های زیادی هستند (والسترا، ۱۹۹۶).

۷,۱: امولسیون ها

دیکینسون در سال ۲۰۰۳ و نیز در سال ۲۰۰۹ طی مطالعات خود دریافت که یکی از نقش های عملکردی هیدروکلوئید ها، در تهیه امولسیون ها و نیز حفظ قابلیت ماندگاری آنهاست که در تهیه محصولات مثل نوشابه های گازدار، سس ها و ... به کار گرفته می شود. اکثر پلی ساکارید ها به عنوان پایدار کننده در امولسیون های آب در روغن به کار گرفته می شوند و تعداد اندکی از آنها نقش امولسیفایری نیز دارند. این ویژگی به دلیل فعالیت سطحی قابل ملاحظه هیدروکلوئید ها در سطح مشترک بین روغن و آب بوده که در نتیجه به وجود آمدن و همچنین پایداری قطرات ریز را در حین امولسیفیکاسیون تسهیل می کند.

طبق گزارش دیکینسون در سال ۲۰۰۹ صمغ عربی، نشاسته اصلاح شده صمغ های سلولزی اصلاح شده، چند نوع پکتین و برخی از انواع گالاکتومانان ها پلی ساکارید هایی هستند که بیشترین کاربرد را به عنوان امولسیفایر دارند. دیکینسون معتقد است که فعالیت سطحی این ترکیبات که منشا مولکولی دارند به دلیل یکی از عوامل ریز است:

- ماهیت غیر قطبی گروه های شیمیایی متصل به زنجیره اصلی هیدروفیل پلی ساکارید مانند سلولز و نشاسته اصلاح شده هیدروفوب
- وجود یک ترکیب پروتئینی که با پیوند کووالانس و یا به صورت فیزیکی به پلی ساکارید متصل شده باشد مانند بعضی از صمغ ها، پکتین و ...

دیکینسون در سال ۲۰۰۳ داشتن خصوصیات زیر را برای اینکه یک امولسیفایر بتواند ذرات پراکنده و یا قطرات امولسیون را پایدار کند ضروری میداند:

- جذب سطحی قوی: به این معنا که هیدروکلونید باید آمفی فیلک باشد و به جز خصوصیت هیدروفیل مقداری خصوصیت هیدروفوبی داشته باشد تا آن را به صورت دائم بتواند در سطح مشترک باقی نگه دارد.

- پوشش کامل سطحی: یعنی پلی مر به میزان کافی برای پوشش کامل سطح در فاز پیوسته امولسیون وجود داشته باشد.

- تشکیل یک لایه محافظ ضخیم استری: به این معنا که پلی مر داخل محیط آبی با ویژگی های یک حلال خوب و به صورت قالباً هیدروفیل بوده و دارای وزن مولکولی بالایی باشد ($10^4 - 10^6$ دالتون)

- تشکیل یک لایه محافظ باردار: وجود گروه های باردار بر روی پلی مر که در بر هم کنش های الکترواستاتیک دافعه ایی بین ذرات مخصوصاً در قدرت های یونی پایین شرکت می کند. البته این خصوصیات تنها در زمانیکه لایه به اندازه کافی ضخیم نباشد ضرورت دارد.

۸.۱: ژل ها

یک ژل رفتاری بینابین خصوصیات ماده مایع و جامد را دارد که علاوه بر نشان دادن خصوصیات الاستیک (جامد)، خصوصیات ویسکوز (مایع) را نیز از خود نشان می دهد. یک گذار از حالت سول (مایع دارای ذرات جامد) به ژل (جامد) زمانی اتفاق می افتد که ژل تشکیل می شود. ترکیبات ژل کننده متفاوتی برای ایجاد ژل های غذایی به کار گرفته می شوند تا بتوانند خصوصیات مطلوب بافتی مناسبی را ایجاد کنند. عامل ژل کننده ایی که به طور پیوسته در محصولات غذایی استفاده میشود، هیدروکلونید های غذایی هستند. یک ژل غذایی میتواند به عنوان یک شبکه پلیمری سه بعدی باشد که در مقابل فشار مقاومت به جریان دارد و همچنین میتواند شکل

ساختاری خود را به مقدار زیاد و یا کم حفظ کند. یک ژل درواقع یک سیستم ویسکوالاستیک است که مدول ذخیره آن (G') از مدول افت (G'') بالاتر است (بنرجی و بتنرچیا، ۲۰۱۲).

تشکیل ژل به طور وسیعی توسط عوامل فیزیکی (دما و فشار) و شیمیایی (اسید، یون و آنزیم) القا می‌شود. در مورد ژل های پروتئینی ژلاسیون پروتئین ها نیازمند یک عامل محرک برای باز کردن ساختار پروتئین بوده و به دنبال آن فرایند تجمع که یک شبکه سه بعدی منظم از اجتماعات یا رشته های مولکولی را ایجاد می‌کند که دارای اتصالات عرضی غیر کووالانسی و یا به ندرت با پیوند های کووالانسی هستند (توتوساوس، ۲۰۰۲). شرایط تشکیل ژل بیشتر به پارامتر های فیزیکی: دما و فشار، شیمیایی: اسید، یون و آنزیم و نیز کیفیت حلال، غلظت عامل ژل کننده جرم مولی و یا درجه پلیمریزاسیون بستگی دارد (توتوساوس، ۲۰۰۲).

بافت مواد غذایی ویژگی کیفی چند بعدی می‌باشد که میتواند به شیوه های مختلفی تعریف گردد. بنابراین آزمون های ابزاری باید بتوانند که خصوصیات حسی گوناگون را پیش بینی کرده تا به طور موفقیت آمیزی به عنوان یک روش کنترل کیفیت به کار گرفته شوند (برویل و مئولنت، ۲۰۰۱). آزمون های تغییر شکل بزرگ با ارزیابی های حسی بافت در ژل به خوبی همبستگی نشان دادند و از آنجایی که مواد غذایی با سیستم های ژلی در حین فرایند تولید یا مصرف تحت تغییر شکل های بزرگ^۱ قرار میگیرد این آزمون ها دارای اهمیت بالایی هستند (توتوس و همکاران، ۲۰۰۵).

آزمون نفوذ یکی از آزمون های تغییر شکل بزرگ است که برای بررسی کیفیت ژل های غذایی به کار گرفته میشود و همچنین برای مطالعه رفتار رئولوژیکی تجربی نمونه های شبه جامد به کار میرود (آنجیولونی و کولار، ۲۰۰۹).

¹ Large deformation

آنالیز پروفایل بافت (TPA)^۱ یک آزمون مکانیکی مفید بوده که به طور گسترده برای ارزیابی خصوصیات بافتی مواد غذایی از طریق تقلید عمل جویدن استفاده میشود. از این آزمون همچنین برای به دست آوردن اطلاعات تجربی و بنیادی در مورد خصوصیات مکانیکی ژل ها استفاده میشود (دومیگوز سوبیئونس، ۲۰۰۱؛ ساها و باتاچایا، ۲۰۱۰).

قابلیت تشکیل ژل یکی از خصوصیات بسیار مهمی است که به عنوان یک اصلاح کننده بافت می باشد. پدیده تشکیل ژل شامل اجتماع یا اتصالات عرضی زنجیره های پلیمری است که موجب تشکیل شبکه سه بعدی می گردد که آب آزاد را به دام می اندازد. نقاط اتصال در ژل های هیدروکلوئیدی پیوند های هیدروژنی، اتصالات هیدروفوبی و پیوند های یونی میباشد که معمولاً نیرو های ضعیف تری نسبت به باند های کووالانسی دارند (روپا و باتاچایا، ۲۰۱۰).

¹ -Texture Profile Analysis

فصل ۲: بررسی منابع

۲،۱: مطالعات مربوط به دانه ریحان

ترکیبات موسیلاژی از دانه های ریحان، به، ترنجان و بذر کتان توسط فکری و همکاران در سال ۲۰۰۸ استخراج شد. در این تحقیق دانه ها با آب به نسبت ۱ به ۲۰ در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد و به مدت ۳ ساعت مخلوط شدند، سپس مخلوط آب با دانه از پارچه عبور داده شد و مایع به دست آمده سه مرتبه با اتانول ته نشین گردید. فاز ته نشین شده توسط سانتریفیوژ جداسازی و سپس در آون خشک گردید. موسیلاژ بذر کتان حاوی ۴/۵۷٪ رطوبت ۸/۶٪ راندمان، ۵/۸٪ خاکستر و ۱۲/۳٪ پروتئین بود. موسیلاژ حاصل از ریحان ۴/۸۶٪ رطوبت، ۲/۰۷٪ راندمان، ۰/۸۴٪ خاکستر و ۱۰/۹٪ پروتئین داشت. موسیلاژ ترنجان حاوی ۴/۹۳٪ رطوبت، ۱/۸۸٪ راندمان، ۰/۲۸٪ خاکستر و ۴۵/۷٪ پروتئین بود. همچنین موسیلاژ به دارای ۴/۳۸٪ رطوبت، ۱۰/۹٪ راندمان، ۸/۲۴٪ خاکستر و ۲۰/۹٪ پروتئین بود.

حسینی پرور و همکارانش در سال ۲۰۰۹ ویژگی های رئولوژیکی رفتار جریان محلول صمغ استخراج شده از دانه ریحان را به عنوان یکی از منابع جدید هیدروکلوئید غذایی در ترکیب با صمغ های گوار و لوبیای لوکاست مورد مطالعه قرار دادند. بررسی این ویژگی ها که توسط یک رئومتر کنترل تنش در دامنه سرعت برشی ۰/۰۱ تا $1000 S^{-1}$ و دمای ۲۰ درجه سانتی گراد انجام شد نشان داد که افزایش نسبت صمغ دانه ریحان در مخلوط های ذکر شده باعث تغییر میزان شکست ساختار مخلوط هیدروکلوئیدی و نیز تشدید رفتار وابسته به زمان میشود. همچنین مطالعات نشان داد که فرایند حرارتی ۸۵ درجه سانتی گراد بر تغییر برخی پارامتر های رئولوژیکی مخلوط این صمغ ها موثر میباشد.

رضوی و همکاران در سال ۲۰۰۹ به بررسی اثر دما، pH و نسبت آب به دانه بر عملکرد، قوام ظاهری و میزان پروتئین موجود در موسیلاژ استخراج شده از دانه ریحان پرداختند. مطالعات نشان دادند که همه متغیر ها به طور معنی داری بر روی بازده استخراج تاثیر می گذارند. اما نسبت آب به دانه بر ویسکوزیته ظاهری و همچنین نسبت آب به دانه و pH بر محتوای پروتئین تاثیر معنی داری نداشتند.

جنولین و همکارانش در سال ۲۰۱۴ خصوصیات امولسیفایری صمغ استخراج شده از دانه ریحان را از لحاظ توزیع اندازه قطرات، خواص رئولوژی، جداسازی فاز ها و خواص جذب مورد مطالعه قرار دادند. امولسیون روغن سویا در آب (۳۰٪ وزنی وزنی) با غلظت های مختلف صمغ دانه ریحان (۰/۱-۳٪ وزنی وزنی) فرموله و پایدار کردند. توانایی کشش سطحی را در سه نوع صمغ خام، تصفیه شده و بدون پروتئین مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان از توانایی کشش سطحی هر سه نوع صمغ بود. صمغ تصفیه شده خواص جذب را کاهش میدهد در نتیجه در اندازه های بزرگتر تشکیل لخته میدهد اما با این وجود امولسیون صمغ دانه ریحان در برابر جداسازی فاز برای حداقل یک ماه پایدار می ماند. صمغ دانه ریحان بدون پروتئین اندازه ذرات بزرگتری نسبت به نوع خام و تصفیه شده تولید میکند اما با این وجود امولسیون تولیدی پایدار میباشد. به طور کلی موسیلاژ دانه ریحان خواص امولسیفایری و پایدار کنندگی بسیار خوبی در مقایسه با سایر پلی ساکارید ها از خود نشان داد.

فخرالدین صالحی و مهدی کاشانی نژاد در سال ۲۰۱۵ خواص رئولوژی دانه ریحان را مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان دهنده این بود که افزودن نمک باعث کاهش ویسکوزیته شده در حالیکه افزودن قند منجر به تشکیل محلول چسبناک تر میشود، همچنین در بررسی خواص رئولوژی، این محلول از خود رفتار نیوتونی رقیق شونده برشی نشان داد. همچنین در سال ۲۰۱۴ تاثیر نمک های کلرید سدیم و کلسیم را روی ویژگی های صمغ دانه ریحان بررسی کردند، نتایج نشان داد که صمغ دانه ریحان در حضور نمک های مختلف از خود رفتار سودوپلاستیک نشان می دهد و با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری کاهش می یابد. با افزایش غلظت نمک ها ویسکوزیته محلول های صمغ ریحان کاهش یافته و نیز مقدار تغییر ویسکوزیته به نوع و غلظت نمک مصرفی بستگی دارد.

ناجی و رضوی در سال ۲۰۱۵ با مطالعه روی خواص رئولوژیکی صمغ دانه ریحان به رفتار رقیق شونده برشی این صمغ پی برده و نشان دادند که مدول ذخیره در تمام نمونه ها از مدول افت بیشتر بوده است.

کریمی و اسماعیل زاده کناری در سال ۲۰۱۶ اثر صمغ دانه ریحان و ترکیبی از صمغ دانه ریحان و ثعلب را سه غلظت ۰/۵، ۱ و ۱/۵٪ را به عنوان پوشش بر روی جذب روغن و خواص کیفی سیب زمینی سرخ شده مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن ها بود که پوشش های با هر سه صمغ موجب کاهش جذب روغن و افت رطوبت محصول شد. در این بین ترکیب صمغ دانه ریحان و ثعلب عملکرد بهتری داشت به طوریکه پوشش دهی با صمغ دانه ریحان در غلظت ۱/۵٪ و ثعلب در غلظت ۱/۵٪ جذب روغن محصول را نسبت به نمونه شاهد ۲۸/۸٪ کاهش داد.

دلفانیان و همکاران در سال ۲۰۱۸ خصوصیات فیزیکی شیمیایی نانو امولسیون های روغن در آب و تاثیر موسیلاژ دانه ریحان و پروتئین آب پنیر را بر آن مطالعه کردند. نتایج حاکی از این بود که مجموعه این پلیمر ها باعث افزایش پایداری امولسیون ها شده و منجر به کنترل انتشار پلی فنول های محصور شده نیز می شود. همچنین کپسوله شدن توسط صمغ دانه ریحان به دلیل انتشار بهتر پلی فنول ها خاصیت آنتی اکسیدانی را بهبود بخشیده و روغن سوپای حاوی این کپسول ها دارای کمترین تغییرات اکسیداتیو بودند.

صالحی و کاشانی نژاد تاثیر تیمار حرارتی را روی رفتار رئولوژیکی صمغ دانه ریحان و بالنگو در سال ۲۰۱۸ مورد بررسی قرار دادند. ایشان اشاره کردند که صمغ دانه ریحان و بالنگو از منابع جدید هیدروکلوئید ها هستند که خواص رئولوژیکی مطلوبی را از خود نشان می دهند. رفتار جریان برشی صمغ دانه ریحان و بالنگو را در ۲۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد بررسی کردند. نتایج نشان دهنده از رفتار رقیق شونده برشی این صمغ ها در تمامی دما ها بود. همچنین مدل قانون توان را مناسب ترین مدل رئولوژیکی مستقل از زمان برای توصیف رفتار جریان محلول های صمغ دانستند. ایشان گزارش دادند که با افزایش دما شبه پلاستیکی محلول ها افزایش یافت، همچنین مشخص شد تیمار حرارتی اثر مخربی روی محلول صمغ ها نداشته است و حتی پس از عملیات حرارتی خصوصیات رئولوژیکی بهبود یافت. به طور کلی با اندازه گیری ویسکوزیته ظاهری صمغ های بذر قبل و بعد از عملیات حرارتی نتیجه گرفتند که صمغ دانه ریحان تحمل بالایی نسبت به دمایی که معمولاً در صنایع

غذایی به کار می‌رود، دارد. بنابراین می‌توان از آن به عنوان گزینه مناسب برای استفاده در فرآورده‌های صنعتی با درجه حرارت بالا استفاده کرد.

سونگ و کیم در سال ۲۰۱۹ تاثیر موسیلاژ استخراج شده از صمغ دانه ریحان را بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی ژل پروتئین شیر کم چرب مورد مطالعه قرار دادند. این مطالعه نشان داد که عوامل ژل کننده مثل: آگار ژلاتین و صمغ دانه ریحان به دلیل تعامل بهتر با پروتئین و پلی ساکارید شیر منجر به بهبود خواص بافتی ژل می‌شود. همچنین ژل ترکیب شده با صمغ دانه ریحان بیشترین مقاومت و کمترین سینرژیس را در مقابل تمامی نمونه ها طی زمان ذخیره سازی داشت. بر این اساس در نظر گرفتند که استفاده از صمغ دانه ریحان با پروتئین شیر ممکن است باعث بهبود کیفیت ژل ها شود.

زینالی خصوصیات صمغ دانه ریحان را در مواد غذایی منجمد در سال ۲۰۱۹ بررسی کرد. نتایج حاکی از ثبات باند های بین مولکولی در طول انجماد بود. در نتیجه خصوصیات عملکردی صمغ دانه ریحان پس از انجماد پایدار بود. همچنین نشان دادند که انجماد در دماهای زیر ۳۰- درجه سانتی گراد منجر به افزایش تشکیل باند های جانبی توسط پلیمر های صمغ دانه ریحان شده که افزایش ویسکوزیته و خاصیت ارتجاعی را پس از ذوب به همراه دارد. همچنین اشاره کردند که فرآیند انجماد هیچ اثر مخربی روی پیوند های داخلی صمغ دانه ریحان نداشت و نیز ثبات امولسیون و کف محلول های صمغ دانه ریحان پس از انجماد به طور معنی داری افزایش یافت. با توجه به نتایج به دست آمده استفاده از صمغ دانه ریحان را در غذاهای منجمد مثل بستنی، دسرهای یخ زده، ماهی و فراورده های گوشتی پیشنهاد دادند.

در سال ۱۳۹۲ مهسا خرمی و همکارانش رفتار رئولوژیکی و خواص امولسیون کنندگی دانه ریحان را مورد بررسی قرار دادند، تحقیقات نشان داد که بهترین پایداری امولسیون تهیه شده از دانه ریحان در غلظت ۰,۱۵٪ صمغ بوده است که این به دلیل افزایش نسبتا بالای ویسکوزیته فاز پیوسته و محدود کردن حرکات قطرات روغن در امولسیون طی نگهداری می باشد. همچنین دریافتند که مولکول های صمغ بیشتر از آنچه که نقش

امولسیفایری داشته باشند به عنوان پایدار کننده در این امولسیون ها عمل کرده و با افزایش ویسکوزیته از طریق جذب آب سبب کند شدن سرعت جدا سازی فازی شده است، اما در غلظت 0.3% حضور بیش از حد مولکول های صمغ سبب فلوکولاسیون تجمعی، ایجاد پیوند های عرضی بین قطرات، افزایش معنی دار در اندازه ها و به دنبال آن منجر به ناپایداری شدید امولسیون می گردد.

بهرام پرور در سال ۱۳۹۱ پیشنهاد داد که ترکیبات هیدروکلوئیدی دانه ریحان به دلیل توانایی حل شدن در آب سرد، رقیق شوندگی بالا، وجود تنش تسلیم، ویسکوزیته و سرعت برشی بالای صفر، پایداری حرارتی، مقاومت به انجماد و خروج از انجماد، رفتار شبه ژل و خاصیت امولسیفایری دارای پتانسیل بالقوه برای کاربرد به عنوان پایدار کننده در بستنی میباشد.

امیر عقدایی و همکاران در سال ۱۳۹۱ اثر صمغ دانه های ریحان و اسفرزه را به صورت جداگانه و در ترکیب با صمغ ثعلب در دو غلظت 0.3% و 0.15% درصد بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی، رئولوژیکی و حسی بستنی نرم مورد بررسی قرار دادند. گزارش ها نشان دادند که افزودن موسیلاژ این دانه ها بر میزان pH و اسیدیته بستنی تاثیر معنی داری نداشتند. با افزایش غلظت این صمغ ها در بستنی ویسکوزیته افزایش میابد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان از برتری استفاده از صمغ دانه ریحان در مقایسه با صمغ دانه اسفرزه به عنوان پایدار کننده در فرمولاسیون بستنی می باشد.

امیری و اعلمی در سال ۱۳۹۰ تاثیر موسیلاژ دانه ریحان را بر روی ویژگی های رئولوژیکی و پایداری دوغ مورد ارزیابی قرار دادند. موسیلاژ دانه ریحان را در غلظت های 0.1% ، 0.25% و 0.5% به دوغ افزودند و دوغ بدون پایدار کننده به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. نتایج ویژگی های رئولوژیکی و پایداری دوغ را پس از ۱۵ روز در دمای 4°C درجه سانتی گراد مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج تمامی نمونه ها رفتار رقیق شونده با برش با افزایش سرعت برشی از خود نشان دادند. طبق این مطالعه موسیلاژ دانه ریحان را به عنوان بهبود دهنده پایداری و ویسکوزیته برای استفاده در دوغ مفید اعلام کردند.

شمسای و همکارانش در سال ۱۳۹۰ درصد های مختلفی از صمغ دانه ریحان و گزانتان را به عنوان جایگزین چربی در سس مایونز به کار بردند که کمترین اندازه ذرات در نمونه های حاوی صمغ دانه ریحان گزارش شد، همچنین در تمامی نمونه ها پس از گذشت ۳۰ روز از تولید خامه ایی شدن دیده نشد که این امر را به دلیل افزایش ویسکوزیته نمونه ها با افزودن صمغ نسبت دادند.

رزمخواه شیبانی و همکارانش در سال ۱۳۸۹ تاثیر دو هیدروکلوئید بومی ایران (صمغ دانه ریحان و مرو) و یک هیدروکلوئید تجاری (پکتین) را بر ویژگی های ماست چکیده بدون چربی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان نشان دادند که با افزایش غلظت صمغ، درصد مواد جامد، میزان آب اندازی، نرمی و ویسکوزیته ظاهری نمونه ها کاهش یافت. بیشترین ویسکوزیته ظاهری و امتیاز حسی مربوط به نمونه های حاوی صمغ دانه مرو بود و نمونه های حاوی پکتین سفت ترین نمونه ها بوده و دارای بیشترین درصد مواد جامد را داشتند.

۲,۲: مطالعات مربوط به دانه شاهی

کاراژیان و همکاران در سال ۲۰۱۱ استخراج موسیلاژ دانه شاهی را با استفاده از روش سطح پاسخ بهینه یابی کردند. متغیر های مستقل شامل دمای استخراج، pH، نسبت آب به دانه و زمان استخراج بودند. اثر ترکیبی این متغیر ها را بر متغیر های وابسته که شامل راندمان استخراج، ویسکوزیته ظاهری و مقدار پروتئین بودند مورد مطالعه قرار دادند. بررسی ها نشان داد که شرایط استخراج بهینه برای صمغ دانه شاهی دمای ۳۵ درجه سانتی گراد pH معادل ۱۰، نسبت آب به دانه ۱ به ۳۰ و مدت زمان ۱۵ دقیقه می باشد.

کارژیان و همکاران در سال ۲۰۱۱ نیز برخی پارامتر های فیزیکوشیمیایی بنیادی صمغ دانه شاهی مثل ویسکوزیته ذاتی و همچنین گروه های عملگر را اندازه گیری کردند. اندازه گیری ها نشان دادند که هیدروکلوئید دانه شاهی دارای طبیعت پلی الکترولیتی با تمایل به نمک می باشد به طوریکه با افزودن نمک ویسکوزیته ذاتی عصاره کاهش میابد. به این ترتیب که صمغ دانه شاهی هنگامیکه در محلول های آبی فاقد نمک قرار می گیرید

به علت دافعه الکترواستاتیکی موجود منبسط و گسترده می‌شود در نتیجه ویسکوزیته ذاتی بالایی را از خود نشان می‌دهد. اما در هنگام افزودن نمک با پوشاندن گروه های باردار و انقباض ماکرومولکول ها در حضور یون های مختلف مولکول تحت تاثیر قرار گرفته و به شکل میله ایی در میاید در نتیجه حجم هیدرودینامیکی آن کم شده و ویسکوزیته ذاتی کاهش میابد.

همچنین ناجی و همکاران در سال ۲۰۱۲ تاثیر تیمار حرارتی را بر خصوصیات بافتی ژل مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از آزمون پروفایل بافت نشان داد که تیمار حرارتی به طور معنی داری سبب سفت شدن ژل میشود. میزان قوام ژل صمغ دانه شاهی بعد از اعمال تیمار حرارتی افزایش یافت و بیشترین میزان سفتی پس از حرارت دهی در دمای ۱۲۱ درجه سانتی گراد مدت زمان ۱۵ دقیقه اتفاق افتاد. پارامتر چسبندگی پس از تیمار حرارتی به طور جزئی افزایش یافت اما بر روی میزان الاستیسیته صمغ دانه شاهی اثر معنی داری نداشت. در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه اثر معنی داری روی پارامتر پیوستگی مشاهده نشد اما در سایر سطوح حرارتی پیوستگی به طور معنی داری افزایش یافت که در مورد میزان صمغی بودن نیز به همین شکل بوده است. اما تمامی تیمار های حرارتی باعث شدند که قابلیت جویدن به میزان قابل ملاحظه ایی افزایش یابد.

کاراژیان و همکارانش در سال ۲۰۱۲ گزارش دادند که پلیمر صمغ دانه شاهی متشکل از کربوهیدرات هایی با گروه های عاملی کربوکسیل و هیدروکسیل می‌باشد. قند های اصلی تشکیل دهنده صمغ دانه شاهی عبارت اند از: مانوز، آرابیونوز، گلوکورونیک اسید، گالاکتوز، رامنوز و گلوکز میباشد. حضور دو اسید گالاکتورونیک و گلوکورونیک در مجموع ۱۵٪ نشانگر طبیعت پلی الکترولیت صمغ دانه شاهی می‌باشد. ویسکوزیته ذاتی این صمغ در آب دیونیزه ۱/۳۳ ml/mg به دست آمده است. همچنین در سال ۲۰۰۹ گزارش دادند که جز ماکرومولکولی موسیلاژ دانه شاهی دارای وزن مولکولی ۵۴۰ کیلو دالتون میباشد و همچنین رفتار جریان این صمغ با مدل قانون توان قابل توصیف است. شاخص رفتار جریان نشان دهنده رفتار سودوپلاستیک (رقیق شونده با برش) بوده است و میزان رقیق شوندگی با برش در این صمغ خیلی بیشتر از میزان مشاهده شده در صمغ

گزانتان میباشد. همچنین دریافتند که با افزایش غلظت و یا دما رفتار سودوپلاستیکی افزایش میابد. صمغ دانه شاهی در غلظت های بالا از خود رفتار تیکسوتروپیک نشان میدهد. نتایج کلی به دست آمده نشان دادند که خصوصیات رئولوژیکی صمغ دانه شاهی پتانسیل بالایی برای کاربرد به عنوان قوام دهنده دارد.

ناجی و همکارانش در سال ۲۰۱۲ با بررسی کیفیت امولسیون های تهیه شده از موسیلاژ دانه شاهی به این نتیجه رسیدند که این صمغ دارای خصوصیات سطحی بسیار مطلوبی بوده و به راحتی در سطح مشترک بین قطرات روغن و آب قرار میگیرد و کشش سطحی را به راحتی کاهش می دهد. همچنین میتواند در غلظت های بسیار کم (۰/۳٪) حجم زیادی از فاز معلق را (۳۰٪) امولسیفیه کرده و یک امولسیون پایدار با اندازه ذرات کمتر از یک میکرومتر تهیه کند. همه این امولسیون ها دارای رنگ سفید کاملاً شفاف بوده و قوامشان با افزایش درصد صمغ افزایش میابد. با توجه به حضور پروتئین در صمغ دانه شاهی میتوان خصوصیات امولسیفایری آن را به پروتئین همراه پلی ساکراید نسبت داد.

ناجی و همکاران در سال ۲۰۱۳ به بررسی اثر فرایند انجماد در ۱۸- درجه سانتی گراد برای ۲۴ ساعت و نیز ۳۰- درجه سانتی گراد برای ۱۵ ساعت بر روی خصوصیات بافتی و عملکردی صمغ شاهی و گزانتان پرداختند. نتایج بر این بود که طی فرایند انجماد و با تبدیل آب به یخ غلظت موثر پلیمر ها امکان تشکیل اتصالات عرضی بین پلی مر ها سبب افزایش ویسکوزیته و رفتار تیکسوتروپی صمغ دانه شاهی و گزانتان میشود. میزان تنش تسلیم بعد از اعمال تیمار حرارتی انجماد و نیز خروج از انجماد افزایش یافت. اما شرایط مختلف دما و زمانی فرایند انجماد تاثیر معنی داری بر رفتار رئولوژیکی صمغ دانه شاهی و گزانتان نداشتند. ظرفیت امولسیون کنندگی صمغ گزانتان پس از فرایند انجماد ثابت باقی ماند اما در مورد صمغ دانه شاهی کاهش ناچیزی مشاهده شد. همچنین پس از فرایند انجماد و خروج از انجماد ظرفیت تولید کف و پایداری کف حاصل از موسیلاژ دانه شاهی به دلیل تشکیل پیوند های بیشتر و افزایش ویسکوزیته پس از انجماد به طور جزئی افزایش یافت اما پس از منجمد شدن گزانتان قابلیت تولید کف خود را از دست داد اما پایداری کف آن بهبود یافت.

تاثیر صمغ گوار، شاهی و مخلوط این ها روی خصوصیات رئولوژیکی خمیر نان و مدت زمان نگهداری نان گندم و برنج توسط صحرائیان و همکارانش در سال ۲۰۱۳ بررسی شد. نتایج حاکی از این بود که صمغ دانه شاهی خاصیت جذب آب، زمان گسترش خمیر، پایداری خمیر و ویسکوزیسته خمیر را هم به تنهایی و هم به صورت مخلوط با صمغ گوار افزایش می‌دهد. صمغ شاهی بر روی شاخص تحمل مخلوط شدن خمیر و دمای ژلاتیناسیون اثر بیشتری نسبت به صمغ گوار داشته است اما این دو پارامتر با مخلوط صمغ گوار و دانه شاهی کاهش یافتند. میزان کشش پذیری با افزایش دو هیدروکلوئید گوار و دانه شاهی از ۰/۳ به ۰/۶ درصد افزایش یافت اما با رسیدن به ۱٪ کاهش یافت با افزایش غلظت هیدروکلوئید ها سفتی نان کاهش و مدت زمان نگهداری نان افزایش یافت که تاثیر بر روی کاهش سفتی نان در مورد صمغ دانه شاخی بیشتر از صمغ گوار بوده است.

جوکی و همکاران در سال ۲۰۱۳ از صمغ دانه شاهی و گلیسرول تولید فیلم خوراکی کردند و غلظت گلیسرول را بر روی خصوصیات فیلم مورد ارزیابی قرار دادند. طبق نتایج این مطالعه نشان داده شد که موسیلاژ دانه شاهی میتواند به عنوان یک ماده اولیه بسیار مناسب در تولید و بهبود خصوصیات فیلم های خوراکی به کار رود.

بهنیا و همکاران در سال ۲۰۱۳ صمغ دانه شاهی را در غلظت های ۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۱ و ۰/۱۵ به فرمولاسیون ماست اضافه کرده و خصوصیات رئولوژیکی آن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادند که نمونه های صمغ دارای ویسکوزیته بالاتری بودند و افزایش ویسکوزیته در غلظت های بالای ۰/۱٪ مشاهده شد. با افزایش غلظت صمغ رفتار نمونه ها از حالت سیال نیوتونی فاصله گرفته و رفتار رقیق شونده با برش از خود نشان می‌دهند که این به دلیل است که کنفورماسیون سخت زنجیر ها درگیری های ماکرومولکولی را در محلول افزایش داده است. مدل هرشل بالکی^۱ به عنوان بهترین مدل برای توصیف رفتار رئولوژیکی نمونه ها انتخاب گردید.

ناجی و همکارانش در سال ۲۰۱۴ به تاثیر تیمار حرارتی و انجماد بر روی صمغ دانه شاهی و زانتان پرداختند. نتایج نشان دادند که با اعمال حرارت یک افزایش غیرقابل بازگشت در ویسکوزیته صمغ دانه شاهی به وجود

¹ HerschleBulkley's model

می‌آید در حالیکه صمغ زانتان قابلیت مقاومت در برابر دماهای بالا را نداشته است. فرایند انجماد سبب بهبود خواص رئولوژیکی هر دو صمغ دانه شاهی و زانتان می‌شود. همچنین در سال ۲۰۱۲ ناجی و همکارانش ویژگی های بافتی صمغ دانه شاهی را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که ویژگی های بافتی از جمله سفتی، مدول ظاهری الاستیسیته، قوام، چسبندگی، پیوستگی، صمغی بودن و قابلیت جویدن صمغ دانه شاهی در برابر سرما پایدار بوده و در مواردی حتی باعث بهبود این پارامتر ها می‌شود.

بهروزیان و همکاران در سال ۲۰۱۴ اثر قند های ساکارز و لاکتوز و همچنین نمک های کلرید کلسیم و کلرید سدیم در غلظت های مختلف را بر ویسکوزیته ذاتی صمغ دانه شاهی مورد مطالعه قرار دادند. طبق اندازه گیری های انجام شده به این نتیجه رسیدند که با افزودن نمک ها باعث کاهش در ویسکوزیته ذاتی محلول شده است. افزودن دو قند ساکارز و لاکتوز به ترتیب تا غلظت های ۲۰٪ و ۵٪ ویسکوزیته ذاتی را کاهش داده است اما در غلظت های بالاتر باعث افزایش در ویسکوزیته شد.

رزمخواه و همکارانش در سال ۲۰۱۷ و ۲۰۱۶ با بررسی خصوصیات ویسکوالاستیک صمغ دانه شاهی نشان دادند که ژل تهیه شده از موسیلاژ خام دانه شاهی رفتار ژل مانند ضعیفی را به نمایش گذاشت، اما نمونه ژل ها با موسیلاژ خالص سازی شده به دلیل از بین رفتن ناخالصی ها و مقداری پروتئین دارای شبکه قوی تر و الاستیک تری می‌باشد. همچنین بیشتر بودن ویسکوزیته ذاتی برخی نمونه ها را نسبت به برخی دیگر به بیشتر بودن وزن مولکولی و انعطاف پذیری آن ها نسبت دادند. ایشان اشاره به رفتار رقیق شوندگی برشی تمامی نمونه ها داشتند و نیز به این نتیجه دست یافتند که صمغ خالص سازی شده به دلیل سیستم ساختاری خود خاصیت تیکسوتروپیک قوی تری از خود نشان می‌دهد. بنابراین پیشنهاد دادند که از صمغ دانه شاهی خالص سازی شده و خام بسته به خاصیت رئولوژیکی آن ها میتواند به عنوان عامل ژل کننده، تثبیت کننده و غلیظ کننده استفاده کرد.

خولود و همکارانش در سال ۲۰۱۹ خواص شیمیایی و عملکردی صمغ دانه شاهی را مورد مطالعه قرار دادند. طبق گزارشات موسیلاژ دانه شاهی دارای ۸۶/۹۰٪ پروتئین و ظرفیت جذب روغن ۳/۵ میلی لیتر بود. همچنین نشان دادند که این صمغ دارای ظرفیت نگهداری آب خوبی بوده که می‌تواند آن را به عنوان یک ماده مناسب در صنایع گوشت، نان و کیک تبدیل کند. صمغ دانه شاهی دارای محتوای قابل توجهی فنولیک ها و فلاونوئیدها به همراه ویژگی های عملکردی عالی است که می تواند به عنوان مکمل غذایی و عامل عملکردی مناسب در سیستم های غذایی مورد استفاده قرار گیرد.

در تحقیقات انجام شده توسط نجفی و فاضلی در سال ۱۳۹۶ درمورد خواص امولسیون کنندگی دانه شاهی نشان داده شد که در مقادیر حدود ۰/۵٪ امولسیون ها در برابر بهم پیوستگی، در هم آمیختگی و جدا شدن گرانشی پایدار بوده و پس از ۲۸ روز پایداری خود را حفظ می کند، همچنین نتیجه گرفتند که صمغ دانه شاهی از طریق بر هم کنش های کلوئیدی و اثرات تغلیظ کنندگی می تواند باعث پایداری امولسیون های روغن در آب شود.

فصل ۳: مواد و روش ها

۱,۳: استخراج موسیلاژ از دانه ها

دانه های شاهی و ریحان از یک عطاری محلی در شهر شاهرود خریداری شد. سپس دانه ها از الک مناسب برای حذف ناخالصی ها عبور داده شد و بعد به صورت دستی تا حذف کامل سنگ ریزه ها، آشغال و سایر ناخالصی ها تمیز شدند. استخراج صمغ از دانه های ریحان و شاهی بر طبق روش رضوی و همکاران در سال ۲۰۰۹ و همچنین روش کاراژیان و همکاران در سال ۲۰۱۱ با اندکی تغییر انجام شد. به این ترتیب که ابتدا دانه ها را با آب مقطر در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد و pH تقریباً خنثی به نسبت ۱ به ۳۰ مخلوط شد و در مدت زمان مشخصی (حدود ۲۰ دقیقه) نگهداری شد تا اینکه دانه ها به خوبی در آب متورم شوند. سپس دانه های متورم شده توسط همزن در مدت یک دقیقه مخلوط شدند. برای جدا کردن پوسته دانه ها از موسیلاژ به دست آمده از یک صافی با اندازه منافذ مناسب استفاده شد سپس موسیلاژ جدا شده در آون با دمای ۵۰ درجه خشک گردید. در آخر موسیلاژ خشک شده توسط آسیاب به طور کامل پودر شد. پودر به دست آمده از صمغ دانه شاهی و ریحان در ظروف در بسته مناسب تا زمان آزمایش در یخچال نگهداری شد.

*در این پروژه برای مقایسه خواص رئولوژیکی، امولسیون کنندگی و بافتی صمغ دانه های ریحان و شاهی از نمونه شاهد صمغ پکتین (پکتین سیب، شرکت سیلوا^۱، محصول ایتالیا) استفاده گردید.

۲,۳: تهیه محلول های هیدروکلوئیدی

محلول های هیدروکلوئیدی در غلظت های ۱٪ و ۲٪ وزنی-وزنی از صمغ دانه شاهی و ریحان در آب دیونیزه برای بررسی خواص رئولوژیکی و تهیه شد. سپس محلول ها با همزن مکانیکی با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳ دقیقه همگن شدند سپس محلول هموزن به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط جهت هیدراتاسیون کامل باقی ماند.

¹ Silva

برای تهیه محلول های ۱٪ و ۲٪ از صمغ پکتین pH اسیدی (حدود ۴-۳/۵) و کلرید کلسیم نیاز است زیرا پکتین در محیط اسیدی در حضور کرید کلسیم ساختار ژلی تشکیل می دهد. به همین منظور از اسید سیتریک برای تنظیم pH محلول پکتین استفاده شد. سپس محلول به مدت ۲ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد حرارت دید، به محلول پیش گرم به میزان ۰/۱۵٪ وزنی $CaCl_2$ اضافه شد و روی هیتر تا زمانیکه به نقطه جوش برسد حرارت دید (ناجی و همکاران، ۲۰۱۲).

خواص رئولوژیکی محلول های ۱ و ۲ درصد توسط دستگاه رئومتر مورد بررسی قرار گرفت.

شرایط آزمون و مشخصات دستگاه رئومتر به شرح زیر بود:

- دستگاه رئومتر MCR-302 (Modular Compact Rheometer) ساخت کشور اتریش، آزمون در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد انجام گرفت.
- خواص ویسکوالاستیک محلول ها با رئومتر مخروط و صفحه اندازه گیری شد. ۶۰۰ ثانیه ز مان استراحت برای تمام آزمون های رئولوژیک انتخاب شد. برای بررسی رفتار جریان نمونه های مختلف، ویسکوزیته نمونه های مختلف در سرعت های برشی مختلف اندازه گیری شد. همچنین اثر دما نیز بر رفتار جریان محلول های ۱ درصد صمغ های مختلف بررسی شد. به منظور بررسی رفتار ویسکوالاستیک نمونه ها، ابتدا آزمون روبش کرنش (کرنش ۱/۰ تا ۱۰۰ درصد و فرکانس ۱ رادیان بر ثانیه) به منظور تعیین محدوده ویسکوالاستیک خطی استفاده شد. آزمون های دینامیکی در ناحیه خطی ویسکوالاستیک انجام گرفت و مدول های ذخیره (G') و افت (G'') در برابر فرکانس رسم شد. آزمون روبش فرکانس در فرکانس ۰/۰۱ تا ۶۲۵ رادیان بر ثانیه در ناحیه کرنش خطی و دمای ۲۵ درجه سانتی گراد انجام گرفت.

۳،۳: بررسی خواص امولسیون کنندگی

برای تهیه امولسیون های روغن در آب ۲۰٪، ۱۶ سی سی از محلول های صمغ ۱٪ و ۲٪ دانه ریحان، شاهی و پکتین و ۴ سی سی روغن آفتابگردان استفاده شد. نمونه ها با همزن به سرعت ۲۰۰۰۰ دور در دقیقه به میزان ۵ دقیقه همگن شدند. سپس نمونه ها در ظرف های مناسب ریخته شد و پس از درزبندی به مدت ۸ هفته در دمای محیط نگهداری شدند. به منظور بررسی پایداری امولسیون ها در شرایط تسریع شده، امولسیون های تهیه شده ۲ بار در مدت زمان ۵ دقیقه با سرعت ۱۳۰۰ g سانتریفیوژ شدند.

به منظور مقایسه کمی پایداری امولسیون ها دو فاکتور زیر برای امولسیون های مختلف پس از ۸ هفته نگهداری در محیط محاسبه شد.

الف- ظرفیت امولسیون کنندگی طبق فرمول زیر:

$$\text{Emulsion capacity\%} = \frac{e_v}{t_v} \times 100 \quad \text{فرمول ۱،۳}$$

e_v : حجم امولسیون t_v : حجم کل

ب- همچنین میزان خامه ایی شدن نیز به دلیل اینکه یکی از رایج ترین مکانیسم های فیزیکی است که باعث ناپایداری امولسیون های غذایی می شود، طبق روش ونگ و همکاران در سال ۲۰۱۵ محاسبه شد:

فرمول ۲،۳: H_s : ارتفاع لایه سرم H_t : ارتفاع کلی امولسیون

$$\text{(CI\%)} = \frac{H_s}{H_t} \times 100 = \text{میزان خامه ایی شدن}$$

علاوه بر این اندازه قطرات امولسیون ها در روز اول به روش جائو و همکاران در سال ۲۰۱۶ مورد بررسی قرار گرفت. به این صورت که توسط میکروسکوپ نوری (مدل GX، ساخت کشور استرالیا) و دوربین دیجیتال

۲ مگاپیکسل از امولسیونهای مختلف عکس تهیه شد و در ادامه به کمک نرم افزار Image J و Liss View اندازه قطرات امولسیون محاسبه گردید.

۴,۳: ظرفیت کف کنندگی

محللول های ۱٪ وزنی-وزنی از موسیلاژ دانه ریحان و شاهی و همچنین پکتین تهیه شد و محللول ها به مدت ۲ دقیقه با سرعت ۲۰۰۰۰ دور در دقیقه هموژن شدند. ظرفیت فوم تشکیل شده طبق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\text{Foam capacity \%} = \frac{i_{fv}}{t_{sv}} \times 100 \quad \text{فرمول ۳,۳:}$$

i_{fv} : حجم کف t_{sv} : حجم کل سوسپانسیون

همچنین میتوان پایداری کف تولید شده بعد از گذشت ۳۰ دقیقه طبق فرمول زیر محاسبه کرد:

$$\text{Foam stability \%} = \frac{f_{fv}}{t_{sv}} \times 100 \quad \text{فرمول ۴,۳:}$$

f_{fv} : حجم کف بعد از ۳۰ دقیقه t_{sv} : حجم کل سوسپانسیون

۵,۳: بررسی خواص بافتی ژل های حاصل از صمغ ریحان، شاهی و پکتین

برای تهیه ژل از موسیلاژ های شاهی و ریحان و همچنین پکتین محللول های ۹٪ وزنی-وزنی تهیه شد. سپس ۴۸ ساعت برای هیدراتاسیون کامل در دمای محیط قرار گرفت. برای بررسی از خواص فیزیکی، ژل کنندگی و تجزیه و تحلیل های پروفایل بافت از دستگاه آزمون مواد ساخت ایران، شرکت سنتام استفاده شد.

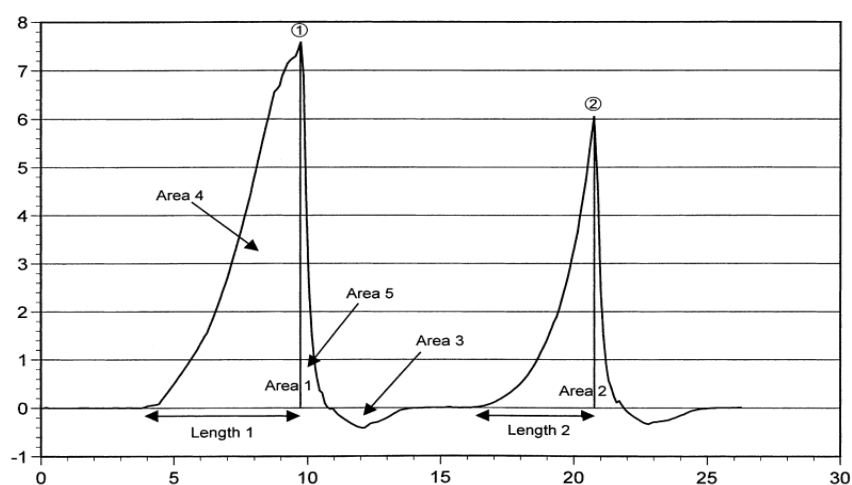
*برای بررسی آزمون پروفایل بافت از پروپ صفحه ایی و تست دوره ایی استفاده شد. نمونه ژل های موسیلاژ دانه ریحان و شاهی به شکل استوانه ایی تهیه شد. قطر نمونه ها ۱۷ میلیمتر و ارتفاع ۱۵ میلیمتر بود. هر یک از نمونه ها در دو سیکل رفت و برگشتی (دو رفت و دو برگشت)، توسط پروپ سیلندری به قطر ۶۰ میلیمتر و

سرعت حرکت ۶۰ میلیمتر در دقیقه تا ۸۰٪ از قطر اولیه فشرده شد، سپس فشار برداشته شد. باتوجه با داده های مربوط به نمودار نیرو- تغییر شکل داده شده توسط دستگاه، نمودار نیرو برحسب زمان ترسیم شد و با کمک این نمودار ها ویژگی های بافتی مشخص شدند.

ویژگی های بافتی اندازه گیری شده شامل: سختی، انسجام، انعطاف پذیری، چسبندگی و قابلیت جویدن بود. که هر کدام مطابق با شکل (۳،۱) و فرمول ها (جدول ۳،۱) زیر محاسبه گردید (کینه و همکاران، ۲۰۰۳).

جدول ۱،۳: نحوه محاسبه خصوصیات بافتی از طریق نمودار های به دست آمده توسط دستگاه اینستران A: مساحت زیر نمودار و L: طول نمودار مطابق با شکل (۱،۳)

سختی	انسجام	انعطاف پذیری	حالت ارتجاعی	چسبندگی	قابلیت جویدن
قله پیک اول	$\frac{A2}{A1}$	$\frac{A5}{A4}$	$\frac{L2}{L1}$	A3	حالت ارتجاعی×انسجام×سختی



شکل ۱،۳: نمودار نیرو به زمان برای تعیین پارامتر های آزمون پروفایل بافت

با توجه به اینکه پکتین در غلظت ۹٪ ژل قابل آزمون توسط دستگاه آزمون مواد تشکیل نداد. نمونه های ژل پکتین برای آزمون پروفایل بافت حذف شدند.

۶,۳: تجزیه و تحلیل های آماری

میانگین و انحراف استاندارد با نرم افزار ماکروسافت اکسل انجام شد. آنالیز واریانس یک طرفه و نیز آزمون چند دامنه دانکن برای مقایسه اختلاف ها در سطح ۵٪ توسط نرم افزار SPSS 25 انجام گرفت.

فصل ۴: بحث و نتایج

۱,۴: بازده صمغ دهی دانه های ریحان و شاهی:

در شکل ۱,۴ پودر به دست آمده از موسیلاژ دانه ریحان و شاهی مشاهده می شود. به طور متوسط بازده صمغ دهی دانه ریحان حدود ۱۳٪ و دانه شاهی حدود ۱۴٪ به دست آمد.



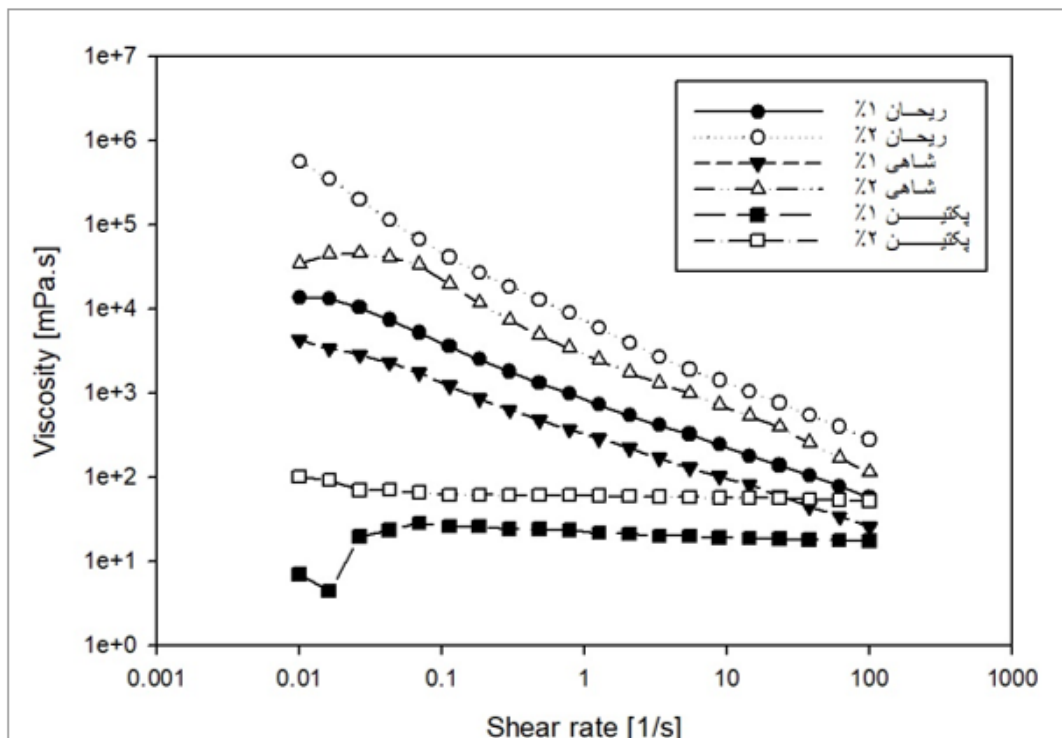
شکل ۱,۴: نمونه پودر موسیلاژ به دست آمده از دانه ریحان (الف) و شاهی (ب)

۲,۴: بررسی خواص رئولوژیکی:

الف: بررسی اثر سرعت برشی و دما بر ویسکوزیته

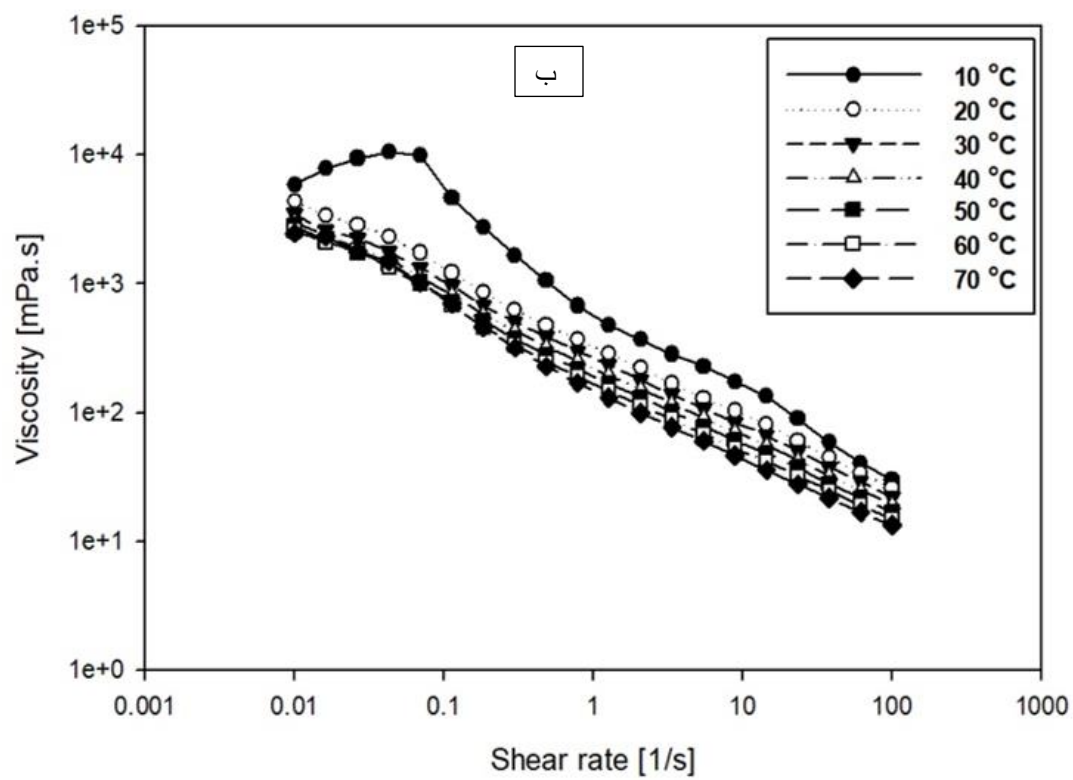
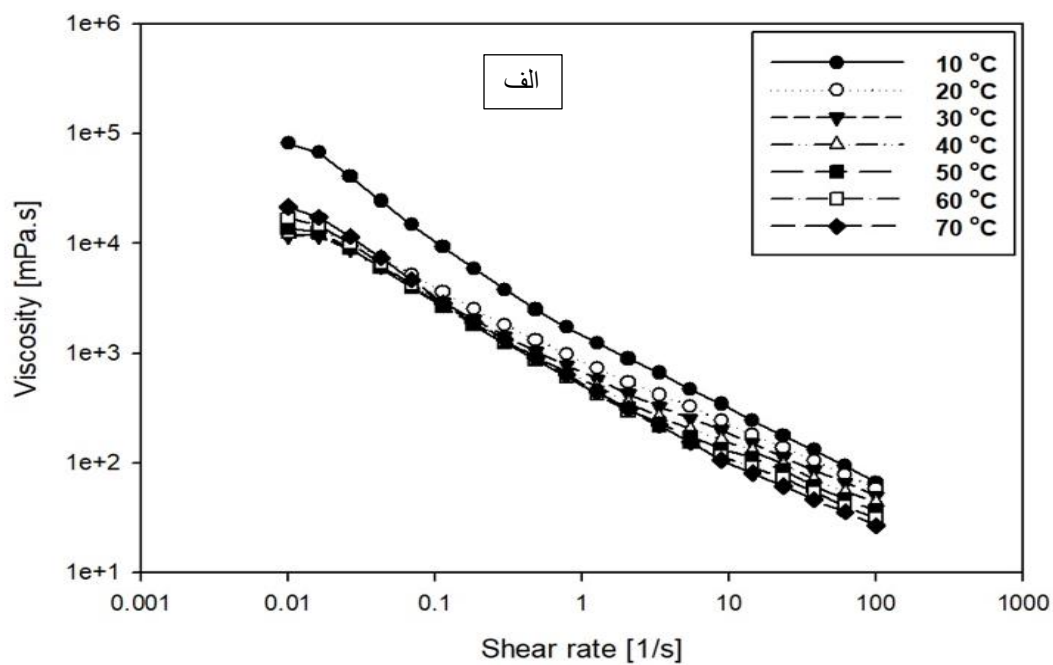
با توجه به شکل ۴,۲، ویسکوزیته محلول های صمغ دانه ریحان و شاهی در تمام غلظت های ۱ و ۲ درصد با افزایش سرعت برشی کاهش یافت که نشان از رفتار رقیق شوندگی برشی غیر نیوتونی این محلول ها بود و در واقع سیال ها از نوع سودوپلاستیک بودند. اما در مورد پکتین کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی چشمگیر نبود و در اصل ویسکوزیته محلول های ۱ و ۲ درصد پکتین مستقل از سرعت برشی بودند و نشان از رفتار تقریباً نیوتونی این محلول بود. علاوه براین در مورد هرسه صمغ مورد آزمایش مشاهده شد که با افزایش غلظت محلول ها، ویسکوزیته محلول ها نیز افزایش یافت (شکل ۴,۲). مقدار مواد جامد بالاتر به طور کلی باعث افزایش ویسکوزیته ناشی از افزایش محدودیت حرکت مولکولی به دلیل درگیری بین زنجیره های پلیمری می شود. همچنین کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی عمدتاً مربوط به جدا شدن زنجیره های ماکرومولکولی

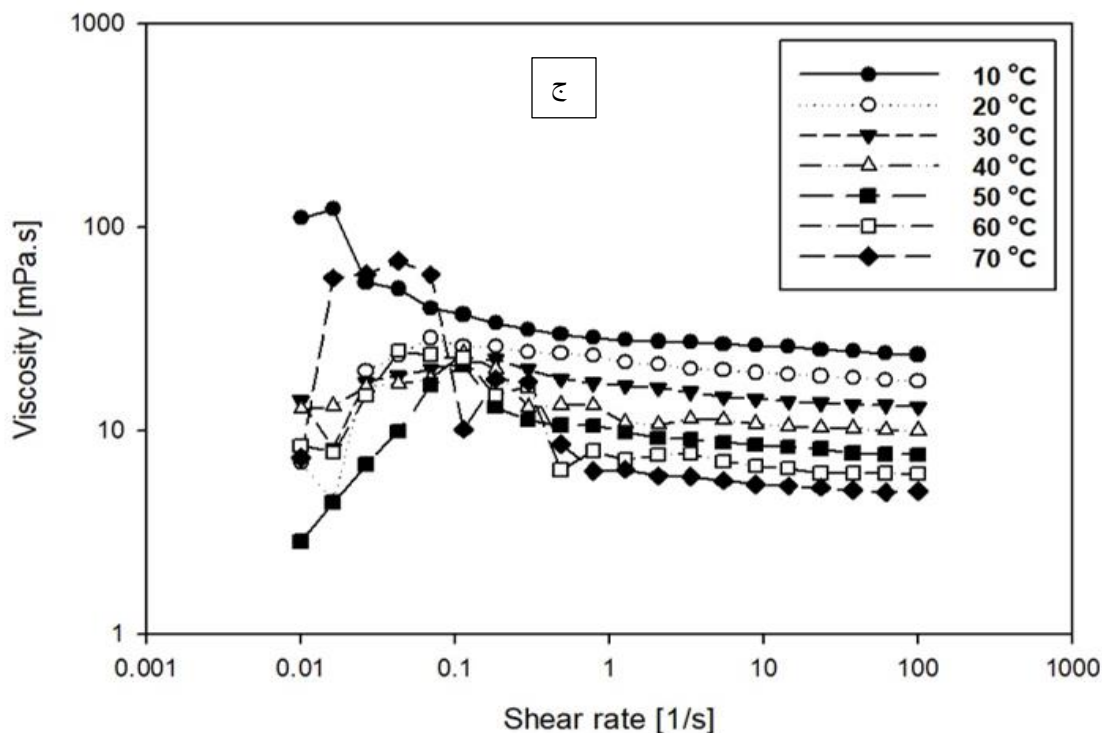
در میدان برشی و شکستن ساختار احتمالی در محلول است (ماسکن و گوگز، ۲۰۰۰). همچنین با توجه به نتایج شکل ۴،۲، محلول ۲٪ از صمغ دانه ریحان بیشترین ویسکوزیته و محلول ۱٪ پکتین دارای کمترین میزان ویسکوزیته را داشت. این نتایج نشان که خاصیت غلیظ کنندگی صمغ ریحان بیشتر از صمغ دانه شاهی و پکتین بود.



شکل ۲،۴: ویسکوزیته محلول های ۱ و ۲ درصد صمغ های ریحان، شاهی و پکتین در سرعت های برشی مختلف.

همچنین اثر دما روی ویسکوزیته محلول های ۱٪ از صمغ دانه ریحان، شاهی و پکتین با استفاده از دستگاه رئومتر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (شکل ۳،۴). داده های به دست آمده حاکی از این بود که تیمار حرارتی باعث کاهش بیشتر ویسکوزیته محلول ها شد. به این صورت که هرچه دما از ۱۰ تا ۷۰ درجه سانتی گراد افزایش یافت ویسکوزیته محلول ها بیشتر کاهش یافت. درمورد صمغ دانه شاهی و ریحان کاهش ویسکوزیته نسبت به محلول پکتین بسیار چشم گیر تر بود.





شکل ۳،۴: ویسکوزیته محلول های ۱ درصد صمغ الف) ریحان، ب) شاهی و ج) پکتین در دماهای مختلف

کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی احتمالاً به دلیل باز شدن اتصالات میان ماکرومولکول ها بوده که افزایش دما نیز این فرایند را تشدید میکند. نتایج به دست آمده در ارتباط با رفتار رقیق شوندگی برشی صمغ دانه های ریحان و شاهی با گزارشات صالحی و کاشانی نژاد در سال ۲۰۱۵، ناجی و همکاران در سال ۲۰۱۲ کاراژیان و همکاران در سال ۲۰۰۹ مطابقت داشت. صالحی و کاشانی نژاد در سال ۲۰۱۵ گزارش دادند که محلول های قندی به همراه صمغ دانه ریحان رفتار رقیق شونده برشی جالبی را نشان میدهند، که با افزایش سرعت برشی کاهش ویسکوزیته مشاهده شد (سرعت برشی تا $50 S^{-1}$). اما در محدوده سرعت های برشی بالاتر (50 تا $245 S^{-1}$) کاهش ویسکوزیته با سرعت کمتری در تمام غلظت های قند دیده شد. رفتار رقیق شونده پلی ساکارید ها باعث می شود غذا های مایع به راحتی در طی فرآیند مواد غذایی پمپ شوند و همچنین بلع راحتی را ایجاد می کند. وجود رفتار رقیق شونده برشی بالا از محلول صمغ دانه ریحان می تواند آن را به

عنوان یک تثبیت کننده خوب در برخی فرمولاسیون های غذایی مانند سس مایونز و سس سالاد واجد شرایط کند.

همچنین کاراژیان و همکاران در سال ۲۰۰۹ تاثیر سرعت برشی را بر غلظت های مختلف صمغ دانه ریحان مورد بررسی قرار دادند. طبق مشاهدات ایشان یک رفتار رقیق شونده برشی برای تمام غلظت های صمغ مشاهده شد. مشابه این نتیجه برای درجه حرارت های مختلف نیز به دست آمد. محلول ها در تمام غلظت ها و دما ها خواص سودوپلاستیک از خود نشان دادند. شاخص رفتار جریان با کاهش دما روند کاهشی نشان داد که این نتیجه نشان داد که محلول های هیدروکلوئیدی در دمای بالا رفتار رقیق شونده برشی بیشتری دارند. کاهش ضریب قوام با افزایش دما مشاهده شد که نشان دهنده کاهش ویسکوزیته در دماهای بالاتر است. همچنین گزارش دادند که وابستگی ویسکوزیته به غلظت در دما های بالا قوی تر می شود. همچنین نشان دادند که با افزایش دما، کاهش ویسکوزیته مشاهده شد. این رفتار ممکن است به دلیل افزایش تحرک ماکرومولکول ها در عصاره باشد. تغییر ویسکوزیته ظاهری با دما معمولاً از مدل آرنیوس تبعیت می کند. مقدار اثر دما با غلظت متفاوت است به طور کلی هرچه انرژی فعال سازی بیشتر باشد، اثر دما بر ویسکوزیته بیشتر خواهد بود. نتایج نشان داد که تأثیر دما بر ویسکوزیته در غلظتهای کم عصاره برجسته تر است. همچنین در این پژوهش نشان داده شد که در چرخه افزایش سرعت برشی یک حلقه هیستریزس از غلظت ۶٪ (وزنی / وزنی) عصاره ظاهر می شود. وجود یک حلقه هیستریزس حاکی از رفتار جریان وابسته به زمان است و اندازه گیری مساحت آن میزان تیکسوتروپی را نشان می دهد.

طبق گزارش حسینی پرور و همکارانش در سال ۲۰۱۰ همه محلول های صمغ دانه ریحان از غلظت ۰/۱٪ تا ۲٪ وزنی-وزنی از خود رفتار جریان سودوپلاستیک نشان دادند. همچنین گزارش دادند که با افزایش غلظت صمغ دانه ریحان ویسکوزیته افزایش یافت. رقیق شدن برشی نتیجه تغییر مجدد مولکولی زنجیره های پلیمری، به سمت جهت جریان است، زیرا برش افزایش یافته، در نتیجه منجر به تعامل کمتری بین مولکول های مجاور می

شود. شایان ذکر است که حتی در نرخ برشی بالا (حدود $10^3 s^{-1}$)، محلول صمغ دانه ریحان منطقه نیوتنی (یا هم ترازوی کامل با جریان) را در غلظت بالای صمغ نشان نداد.

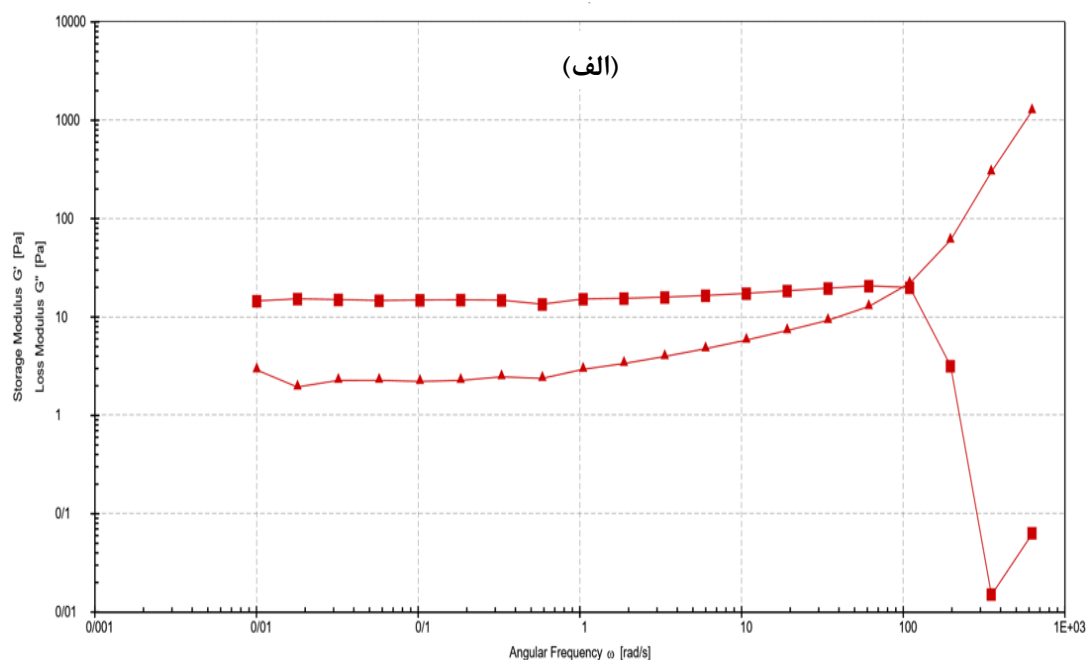
ناجی و همکارانش در سال ۲۰۱۲ گزارش دادند که ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه شاهی با افزایش سرعت برشی در کلیه شرایط حرارتی کاهش یافته است، که نشان دهنده رفتار رقیق شونده برشی غیر نیوتنی است. در تمام تیمارهای حرارتی نمونه‌ها رفتار رقیق شونده با برش نشان دادند. محلول‌های صمغ زانتان رفتار رقیق شونده برشی قوی‌تر از محلول‌های صمغ دانه شاهی نشان داد این رفتار محلول زانتان را می‌توان بر اساس وزن بالای مولکولی آن و تعامل بین مولکولی آن که توالی‌های پیچیده از طریق پیوندهای هیدروژن و درگیری پلیمرها ایجاد می‌کند تشریح کرد. همچنین نتایج این تحقیق گواه از رفتار رئولوژیکی وابسته به زمان محلول‌های صمغ دانه شاهی و زانتان بود. به این معنی که ویسکوزیته یا قوام ظاهری با گذشت زمان کاهش یافت. علاوه بر این، مقادیر ویسکوزیته در سرعت برشی $50 s^{-1}$ محلولهای صمغ دانه شاهی و زانتان به سرعت با گذشت ۴۰۰ و ۲۰۰ ثانیه اول برش کاهش یافت اما پس از تقریباً ۱۰۰۰ و ۶۰۰ ثانیه به یک مقدار ثابت نزدیک شد. افزایش دما باعث کاهش ویسکوزیته محلول‌ها شد اما نتایج نشان داد که با افزایش بیشتر درجه حرارت حتی در زمان گرمایش کوتاه‌تر باعث ایجاد پیوندهای قوی‌تر بین زنجیره‌های پلیمری محلول‌های صمغ دانه شاهی و ایجاد زنجیره نیمه سفت و در نتیجه منجر به افزایش ویسکوزیته شد. حلقه هیستریزیس بین منحنیهای رو به بالا و رو به پایین که حاکی از رفتار تیکسوتروپیک است، برای محلولهای صمغ شاهی و زانتان در کلیه شرایط حرارتی مشاهده شد. ناحیه هیستریزیس شاخصی از انرژی در واحد زمان و هر واحد از حجم مورد نیاز برای از بین بردن تأثیر زمان در رفتار جریان است. سطح هیستریزیس محاسبه شده برای صمغ شاهی با افزایش دما افزایش یافت. با این حال، نتایج نشان داد که این افزایش در سطح هیستریزیس در همه تیمارهای حرارتی برای صمغ شاهی معنی‌دار نبود. محلول‌های صمغ زانتان نیز رفتار تیکسوتروپیک را به نمایش گذاشت. اما عملیات حرارتی تأثیر معنی‌داری بر روی مناطق هیستریزیس محلول‌های زانتان نداشت.

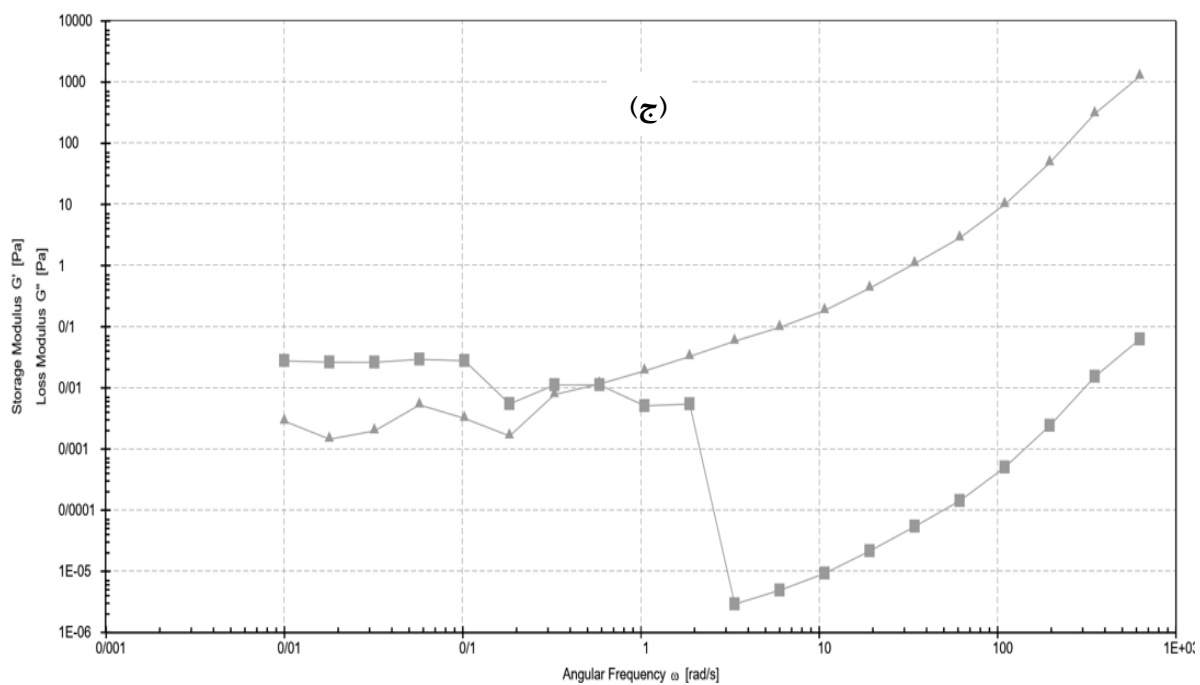
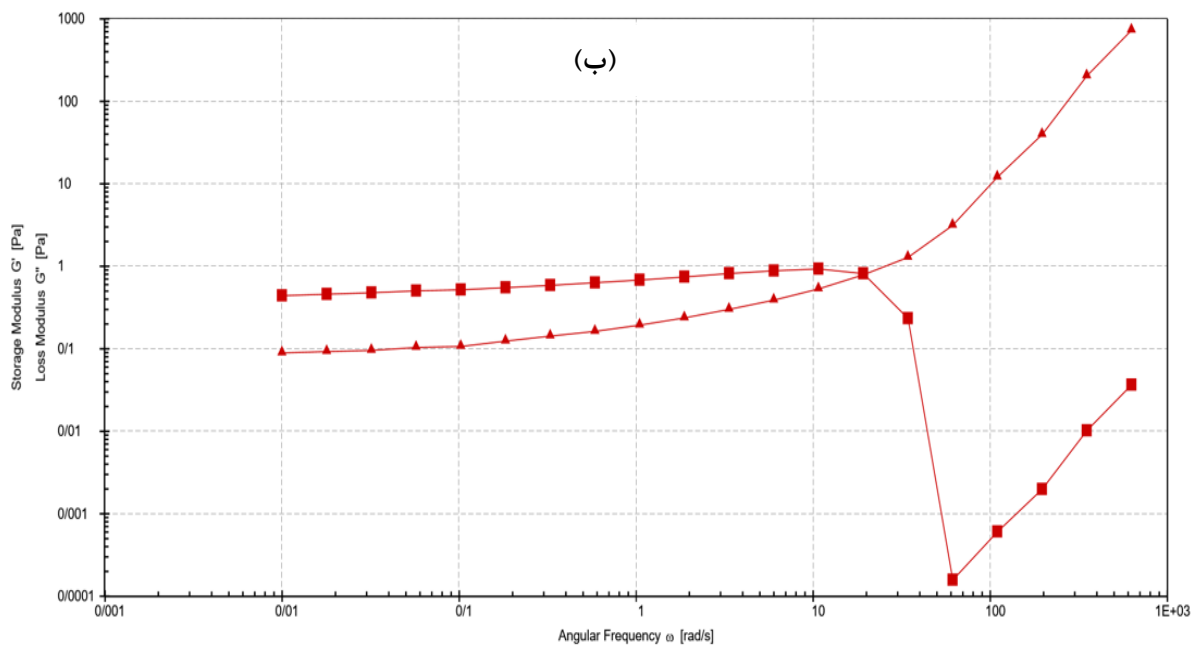
ناجی و رضوی در سال ۲۰۱۴ گزارش دادند که با توجه به استفاده گسترده از دمای پایین در صنایع غذایی، پایداری صمغ دانه شاهی در طی فرآیند سرما و ذخیره سازی از اهمیت بالایی برخوردار است و نتیجه این مطالعه نشان داد که صمغ دانه شاهی مانند صمغ زانتان می تواند هنگام قرار گرفتن در معرض تبرید، پایداری خود را حفظ کند. ویسکوزیته محلول صمغ شاهی در مقایسه با زانتان پایین تر بود. شرایط دمای پایین تر از ۴ درجه سانتیگراد و مدت زمان طولانی تر (۹۶ ساعت) بیشترین تأثیر را در افزایش ویسکوزیته نشان داد. در هنگام سرمایش، شبکه پلیمری ایجاد می شود که مارپیچ های دابل نقاط اتصال زنجیره های پلیمری را تشکیل می دهند که این نقاط اتصالی، چینش و کشش زنجیره پلیمری را محدود می کند و به تبع آن منجر به افزایش ویسکوزیته محلول ها می شود. با این وجود، این افزایش ویسکوزیته را در محلول صمغ دانه شاهی به نسبت بالای مانان به گالاکتومانان ارتباط داده می شود.

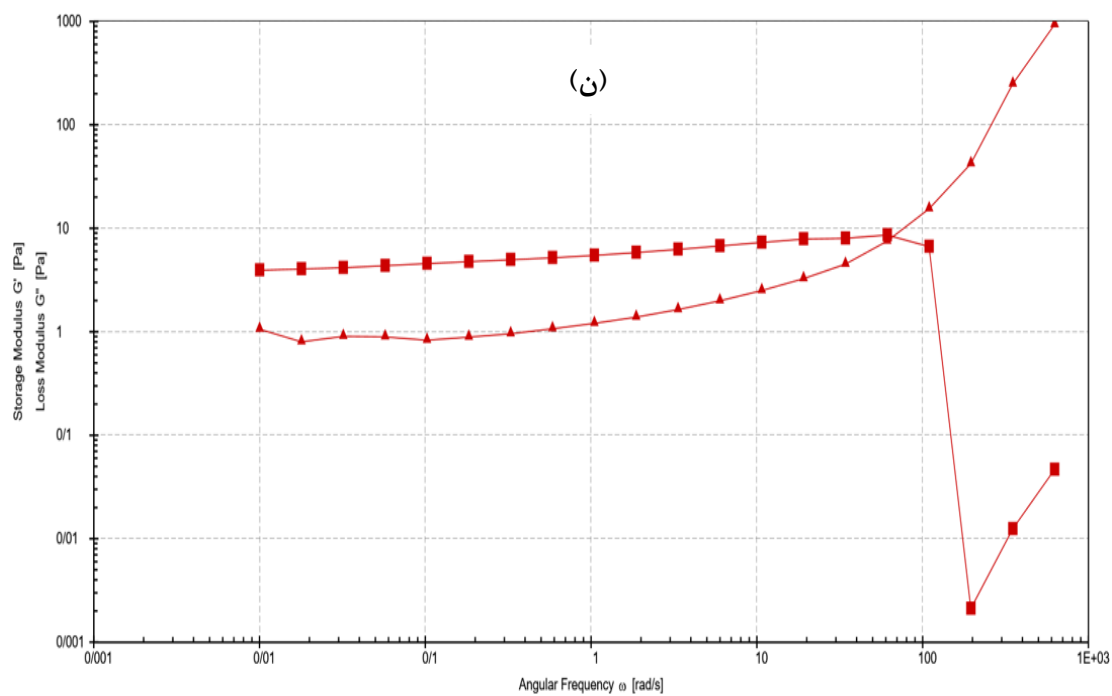
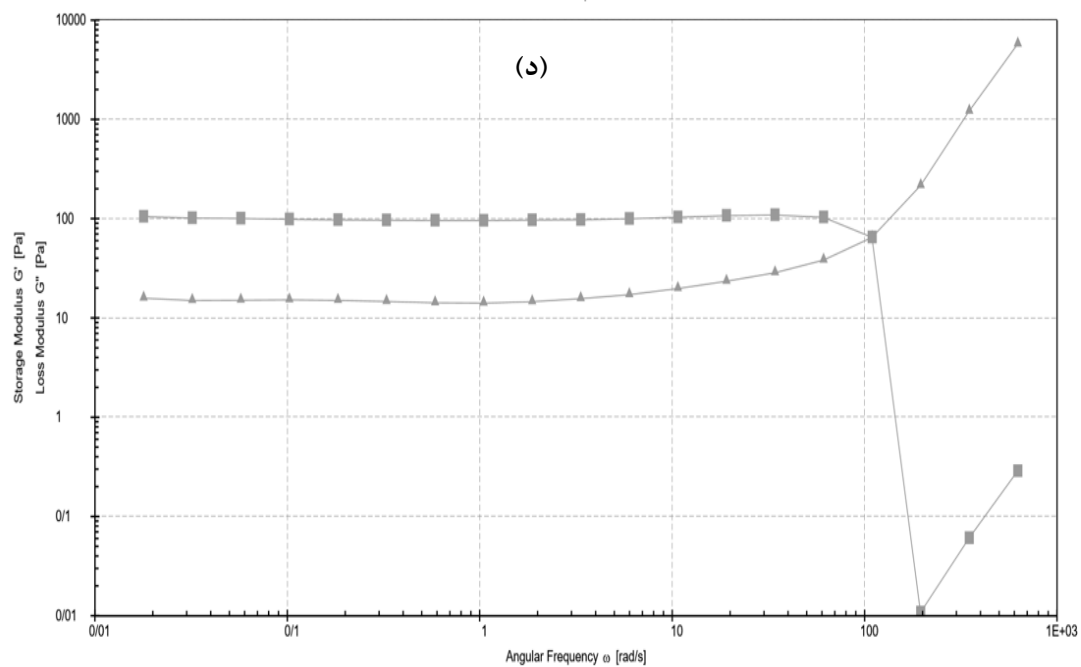
ب: بررسی خواص ویسکوالاستیک

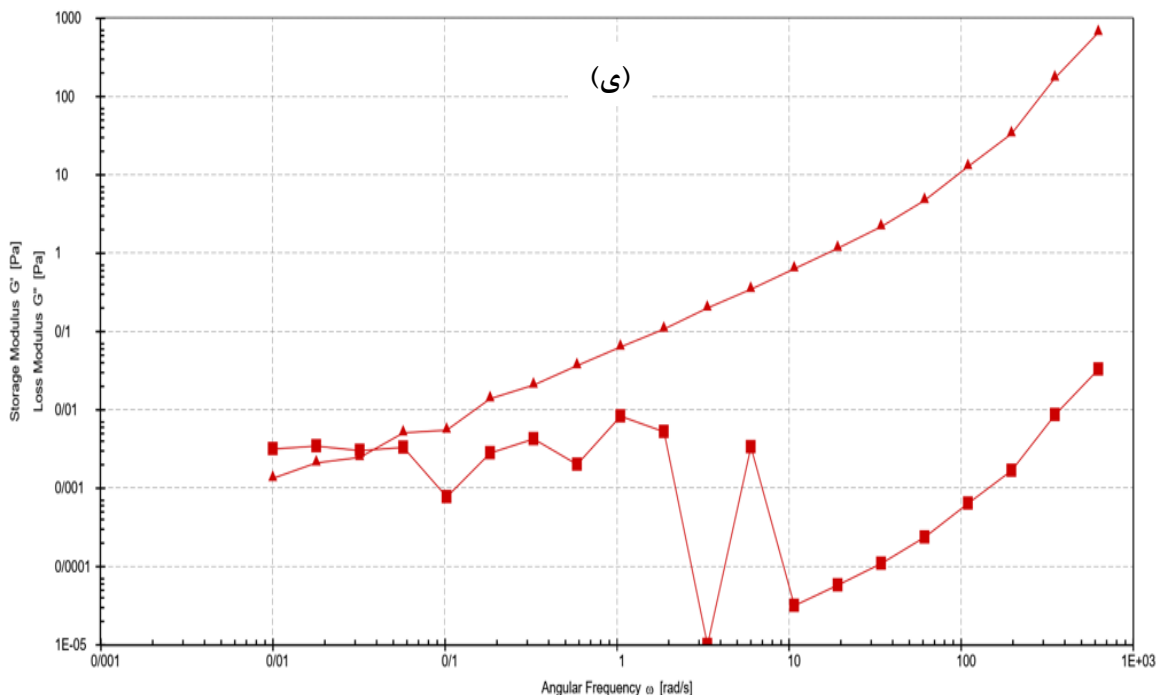
همان طور که در شکل های ۴,۴ نشان داده شده است در تمامی نمونه ها در دامنه فرکانس مورد آزمایش مدول ذخیره از مدول افت بیشتر بوده و هنگام تلاقی این دو نمودار باهم مدول افت از مدول ذخیره پیشی گرفته است. درواقع می توان مشاهده کرد که در فرکانس های پایین در تمام نمونه ها ضریب ذخیره بیشتر از ضریب افت بوده که نشان از غالب بودن رفتار الاستیک نمونه ها نسبت به رفتار ویسکوز می باشد. این غالب بودن رفتار الاستیک مشخص می کند که نمونه ها ساختاری ژل گونه داشته اند. اما در فرکانس های بالا ضریب افت بیشتر از ضریب ذخیره بوده که در واقع رفتار ویسکوز بر رفتار الاستیک غلبه کرده است. این نتایج نشان می دهد که نیرو های بین مولکولی که ساختار ژل مانند این نمونه ها را تشکیل می دهد ضعیف بوده و در فرکانس های بالا این نیرو ها شکسته شده و نمونه ها از حالت ژل مانند خارج می شوند. اما در مورد پکتین نسبت به ریحان و شاهی نقطه تلاقی نمودار مدول ذخیره و افت پایین تر بوده و نشان از ساختار ژل ضعیف تر پکتین نسبت به ریحان و شاهی می باشد و نمونه زودتر از حالت الاستیک خارج شده و رفتار ویسکوز از خود نشان داد. با مقایسه نتایج دو صمغ

ریحان و شاهی می توان مشاهده کرد که نقطه تلاقی در نمونه های صمغ ریحان در فرکانس های بالاتری نسبت به صمغ شاهی اتفاق افتاده است. علاوه براین مقادیر ضرایب افت و ذخیره در فرکانس های مختلف مقادیر بالاتری را در مورد نمونه های صمغ ریحان در مقایسه با صمغ شاهی داشتند. همچنین نتایج نشان داد که افزایش غلظت محلول ها برای هر دو صمغ ریحان و شاهی منجر به افزایش ضرایب افت و ذخیره شد. این نتایج نشان می دهد که صمغ ریحان در غلظت های ۱ و ۲ درصد توانسته است ساختار ژلی محکمتری را در مقایسه با صمغ شاهی در غلظت های ذکر شده ایجاد کند. این نتایج در تطابق با نتایج حاصل از بررسی رفتار جریان (شکل ۴،۲) نمونه ها می باشد. این نتایج نشان می دهد که صمغ ریحان در غلظت های ۱ و ۲ درصد بهتر از صمغ شاهی می تواند باعث قوام محلول ها شود. این نتیجه احتمالاً به تفاوت ساختار پلی ساکاریدها و پروتئین های موجود در دو صمغ ریحان و شاهی می باشد.









شکل ۴،۴: نمودار G' (■)، G'' (▲) محلول های، الف) ریحان ۱٪، ب) شاهی ۱٪، ج) پکتین ۱٪، د) ریحان ۲٪، ن) شاهی ۲٪، ی)

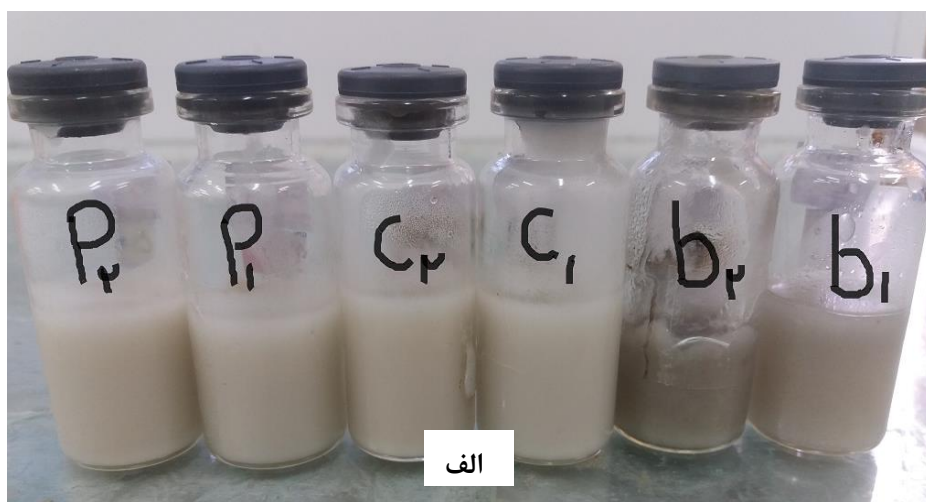
پکتین ۲٪

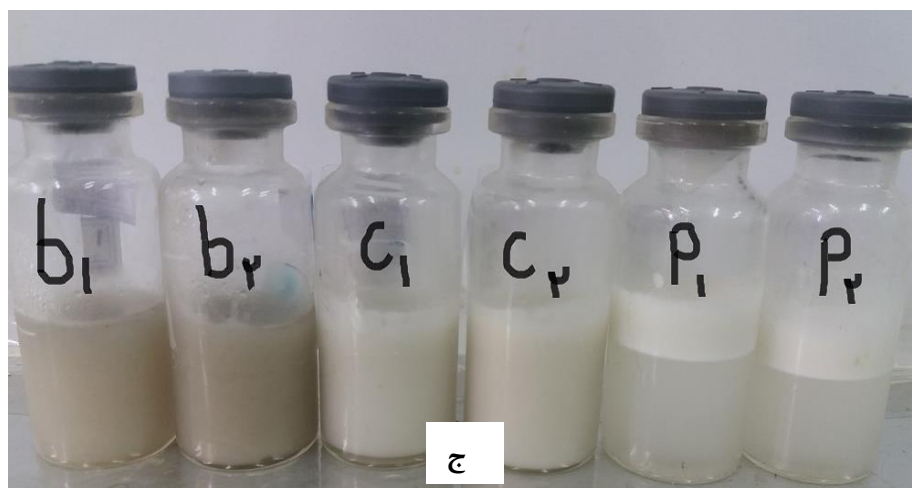
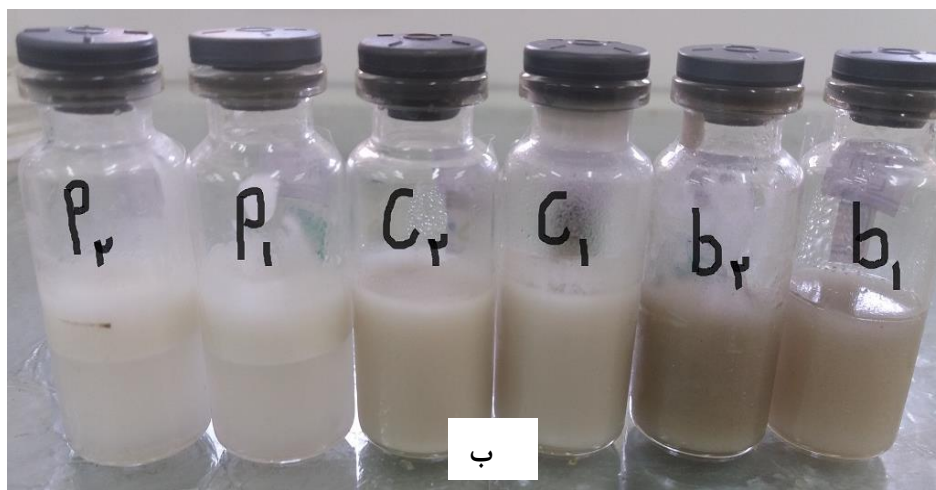
نتایج این تحقیق با گزارشات رزمخواه و همکارانش در سال ۲۰۱۷ تطابق دارد. ایشان گزارش کردند که تمام نمونه های محلول صمغ دانه شاهی موجود در منطقه ویسکوالاستیک خطی رفتاری شبیه به جامد نشان دادند، درواقع G' از G'' بالاتر بود اما بعد از نقطه تلاقی G'' از G' بالاتر رفته و نمونه ها رفتار شبیه تر به مایع را نشان دادند. به طور کلی نمونه ها یک رفتار ژل ضعیف را به نمایش گذاشتند. همچنین ناجی و رضوی در سال ۲۰۱۵ نیز نشان دادند که مدول ذخیره نمونه های محلول صمغ دانه ریحان از مدول افت قبل از نقطه تلاقی بالاتر بوده و این نشان از رفتار شبیه جامد یا ژل مانند این محلول است. با توجه به گزارش ناجی و رضوی در سال ۲۰۱۵ سه نوع سیستم را می توان با اندازه گیری رفت و برگشت فرکانس تشخیص داد: محلول های رقیق، محلول های غلیظ و ژل ها. برای ژل ها G' همیشه از G'' در محدوده فرکانس های اعمالی بالاتر است. در محلول ها پلی ساکاریدی رقیق G'' بالاتر از G' بوده که در محدوده فرکانس های بالاتر به هم نزدیک می شوند،

در محلول های پلی ساکاریدی غلیظ نیز G' کوچکتر از G'' بوده که در محدوده فرکانس های بالاتر همدیگر را قطع می کنند. همچنین گزارش دادند که مدول G' محلول صمغ دانه ریحان در دامنه فرکانس اعمال شده از مدول G'' بالاتر بوده و هیچ تقابلی باهم نداشتند. آنها محلول ۱٪ صمغ دانه ریحان را به عنوان یک ماده ویسکوالاستیک در نظر گرفتند. هرچه تعامل مولکولی بین محلول های صمغ دانه ریحان بیشتر باشد خاصیت ویسکوالاستیک تقویت می شود. با توجه به گزارش ایشان با حذف کسری از پروتئین به میزان قابل توجه ایی مدول ذخیره افزایش یافت که نشان دهنده بهبود خاصیت ویسکوالاستیک در غیاب پروتئین می باشد.

۳،۴: بررسی خواص امولسیون کنندگی:

میزان دوفاز شدن امولسیون های ۱٪ و ۲٪ صمغ دانه ریحان، شاهی و پکتین طی ۸ هفته مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که در شکل ها (۴،۵) مشاهده می شود مقدار دو فاز شدن در امولسیون های ۱٪ و ۲٪ پکتین از سایر امولسیون ها بیشتر بوده است، که نشان دهنده پایداری بیشتر امولسیون های ریحان و شاهی نسبت به پکتین می باشد.

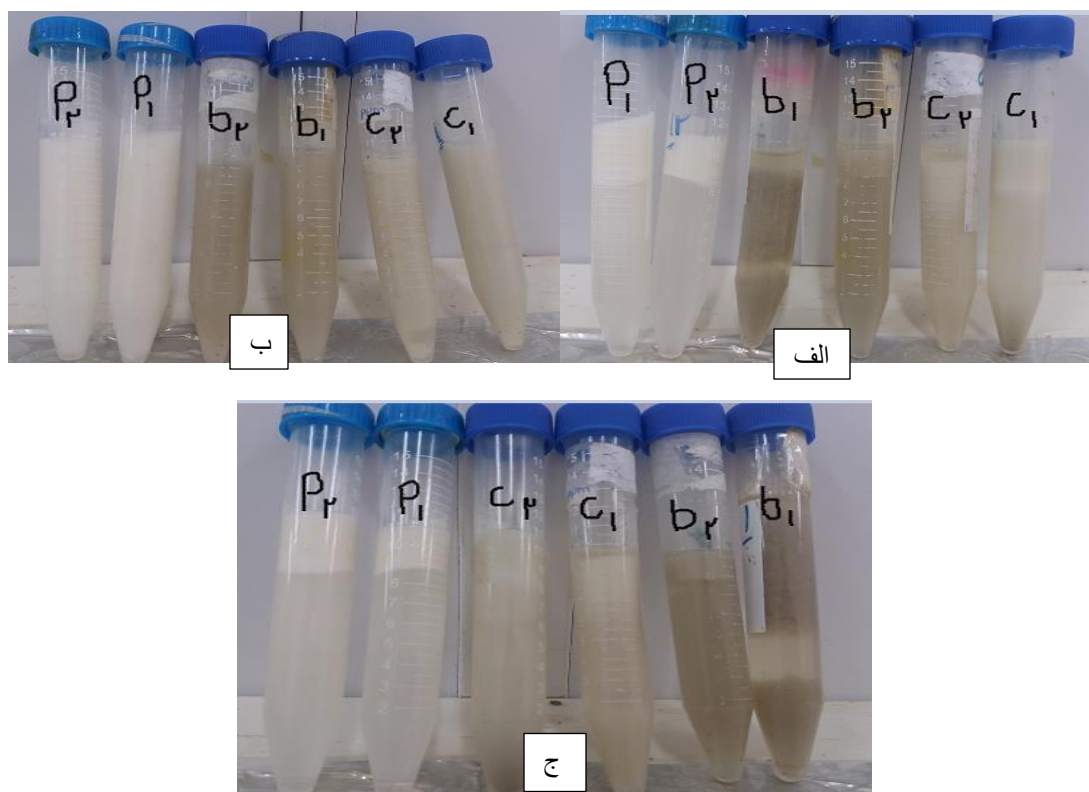




شکل ۵،۴: تغییرات امولسیون های ریحان ۱٪ (b۱)، ریحان ۲٪ (b۲)، شاه‌ی ۱٪ (C۱)، شاه‌ی ۲٪ (C۲)، پکتین ۱٪ (P۱) و

پکتین ۲٪ (P۲) از هفته اول (الف)، هفته دوم (ب)، هفته سوم (ج) تا ... هفته هشتم (د)

همچنین امولسیون های تهیه شده همان طور که در فصل پیش اشاره شد به منظور تخمین سریع تر میزان خامه ایی شدن دو بار سانتیفریوژ شدند که بیشترین میزان دو فاز شدن و در واقع بیشترین میزان خامه ایی شدن برای هر دو امولسیون های ۱٪ و ۲٪ پکتین مشاهده شد (شکل ۴،۶)، اما میزان خامه ایی شدن صمغ های ۱ و ۲ درصد دانه ریحان و شاهی بسیار کم بود (در غلظت ۲٪ ضریب خامه ایی شدن صفر بود) و میزان دو فاز شدن چشمگیر نبود، در واقع نتایج آزمون سانتیفریوژ با نتایج نگهداری طولانی مدت امولسیون ها طی ۸ هفته همخوانی داشت. برای مقایسه کمی میزان ناپایداری امولسیون ها ضریب خامه ایی شدن مطابق با فرمول (۲،۳) برای امولسیون های مختلف پس از ۸ هفته پس از نگهداری در محیط محاسبه شد. طبق محاسبات بیشترین درصد خامه ایی شدن متعلق به پکتین ۱٪ و ۲٪ بود در حالیکه امولسیون های ۲٪ ریحان و شاهی بعد از گذشت ۸ هفته اصلا دو فاز نشده بود (مطابق شکل های ۶،۴ و جدول ۱،۴).



شکل ۶،۴: الف) امولسیون های ۲۰٪ تهیه شده از موسیلاژ دانه ریحان (b) و شاهی (c) و پکتین (p)، ب) بعد از سانتیفریوژ اول ج)

بعد از سانتیفریوژ دوم

جدول ۱،۴: ضریب خامه ایی شدن امولسیون های صمغ ریحان، شاهی و پکتین در غلظت های ۱ و ۲٪

	پکتین ۱٪	پکتین ۲٪	صمغ شاهی ۱٪	صمغ شاهی ۲٪	صمغ ریحان ۱٪	صمغ ریحان ۲٪
ضریب خامه ایی شدن	0.69 ± 0.05	0.64 ± 0.03	0.14 ± 0.03	0.0 ± 0.0	0.7 ± 0.05	0.0 ± 0.0

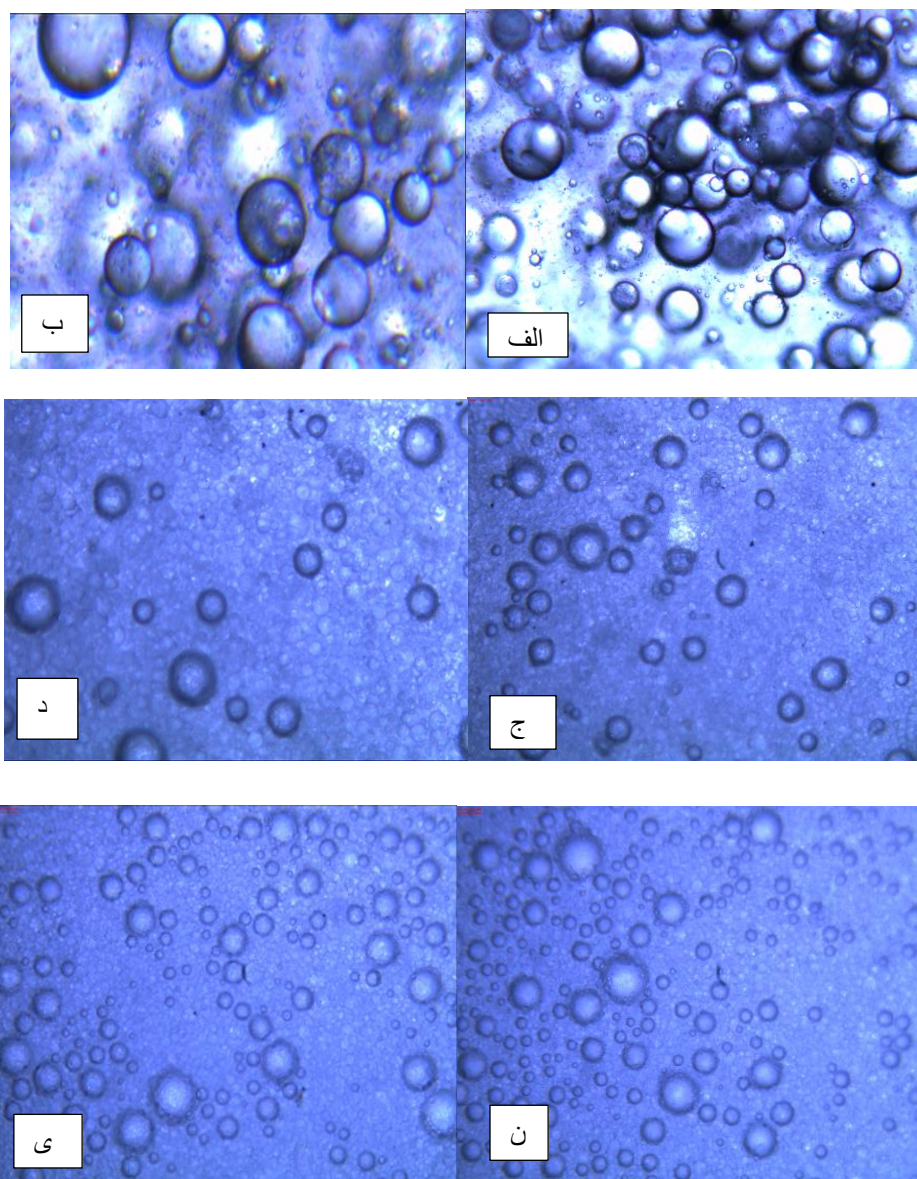
همچنین بعد از گذشت ۸ هفته مطابق با فرمول (۱،۳) ظرفیت امولسیون کنندگی نیز برای امولسیون های ۱٪ و ۲٪ صمغ دانه ریحان، شاهی و پکتین محاسبه شد. طبق نتایج امولسیون های پکتین دارای کمترین ظرفیت امولسیون کنندگی و امولسیون صمغ دانه های ریحان و شاهی دارای ظرفیت امولسیون کنندگی بسیار بالایی بودند و حتی امولسیون های با غلظت ۲٪ صمغ دانه ریحان و شاهی دارای ظرفیت امولسیون کنندگی ۱۰۰٪ بودند (جدول ۲،۴). به طور کلی با توجه به محاسبات انجام شده با پایین بودن ضریب خامه ایی شدن برای امولسیون های صمغ دانه ریحان و شاهی و بالا بودن درصد ظرفیت امولسیون کنندگی امولسیون این صمغ ها و همچنین پایداری بیشتر این امولسیون ها نسبت به امولسیون پکتین، می توان نتیجه گرفت که موسیلاژ دانه ریحان و شاهی نسبت به پکتین در همان غلظت (۱ و ۲ درصد) دارای خاصیت امولسیون کنندگی بسیار بالایی بودند و می توان از آن ها به عنوان امولسیفایر مناسب در امولسیون های ۲۰٪ روغن در آب به کار برد. ظرفیت امولسیون کنندگی بالای به دست آمده برای صمغ دانه شاهی در کار حاضر با نتایج گرتی و همکاران در سال ۱۹۹۹ مطابقت دارد. با مقایسه نتایج ضریب خامه ای شدن و ظرفیت امولسیون کنندگی مربوط به صمغ های شاهی و ریحان (جدول های ۴،۱ و ۴،۲) می توان مشاهده کرد که ظرفیت امولسیون کنندگی صمغ دانه ریحان اندکی بیشتر از صمغ دانه شاهی بوده است. این نتیجه با توجه به یافته های بخش ۴،۲ (خواص رئولوژی) احتمالاً

مربوط به ویسکوزیته بالاتر محلول صمغ ریحان در مقایسه با محلول صمغ شاهی است که ویسکوزیته بالاتر بهتر توانسته است از دو فاز شدن و به هم پیوستگی قطرات روغن به یکدیگر جلوگیری کند.

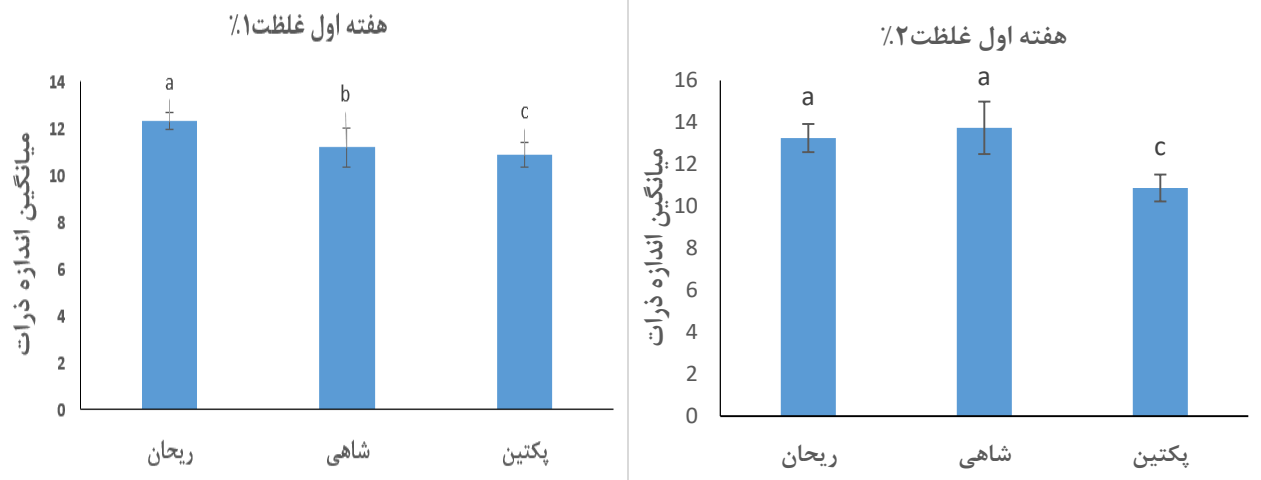
جدول ۲،۴: ظرفیت امولسیون کنندگی موسیلاژ دانه های ریحان و شاهی و همچنین صمغ پکتین

صمغ ریحان ۲٪	صمغ ریحان ۱٪	صمغ شاهی ۲٪	صمغ شاهی ۱٪	پکتین ۲٪	پکتین ۱٪	
۰ ± ۱۰۰٪	۰/۰۵ ± ۹۱٪	۰ ± ۱۰۰٪	۰/۰۴ ± ۸۵٪	۰/۰۴ ± ۳۵٪	۰/۰۵ ± ۳۰٪	ظرفیت امولسیون کنندگی

با توجه به اینکه یکی از عوامل مهم در پایداری امولسیون ها اندازه قطرات روغن در امولسیون می باشد، به همین دلیل اندازه قطرات روغن در امولسیون ها در روز اول اندازه گیری شد. بعد از محاسبه میانگین اندازه قطرات امولسیون ها (۴،۷ و ۴،۸) با توجه به تجزیه و تحلیل های آماری میان اندازه ذرات امولسیون های صمغ دانه ریحان، شاهی و پکتین در غلظت ۱٪ و ۲٪ در روز اول اختلاف معنی دار مشاهده شد ($p < 0/05$) به طوریکه در روزه اول در غلظت ۱٪، اندازه ذرات امولسیون های صمغ دانه ریحان از سایرین بزرگتر بود اما در همان روز در غلظت ۲٪ اندازه ذرات امولسیون صمغ دانه شاهی از سایرین بزرگتر بود اگرچه اختلاف معنی داری با صمغ دانه ریحان در سطح ۵ درصد نداشت. همچنین میانگین اندازه ذرات امولسیون های پکتین در هر دو غلظت ۱ و ۲ درصد از همه کوچکتر بود. اندازه بزرگتر قطرات در امولسیون های صمغ ریحان و شاهی را به ویسکوزیته فاز آبی می توان مربوط دانست. با توجه به اینکه هرچه قدر ویسکوزیته فاز آبی بیشتر باشد خرد شدن قطرات روغن سخت تر خواهد بود بنابراین در مورد امولسیون های صمغ ریحان و شاهی قطرات بزرگتر مشاهده شد.



شکل ۷،۴: شمای میکروسکوپی ذرات امولسیون های صمغ دانه ریحان ۱٪ (الف) و ۲٪ (ب)، شاهی ۱٪ (ج) و ۲٪ (د) و پکتین ۱٪ (ن) و ۲٪ (ی) در روزه اول



شکل ۴، ۸: میانگین اندازه ذرات امولسیون های ۰.۱٪ و ۰.۲٪ صمغ دانه ريحان، شاهی و پکتین در روزه اول

طبق مطالعات انجام شده توسط اوسانو و همکارانش در سال ۲۰۱۴ قطر متوسط اندازه ذرات امولسیون های تثبیت شده با صمغ دانه ريحان با افزایش غلظت صمغ کاهش یافت. صمغ دانه ريحان در غلظت های کم وزنی (۰/۳٪) میتواند امولسیون هایی با توزیع قطرات یکنواخت و با متوسط اندازه قطرات زیر ۱ میلی متر تشکیل دهد. به احتمال زیاد این به مقدار کافی صمغ دانه ريحان برای تامین پوشش کامل قطرات روغن در طی همگن شدن مربوط می شود. در حالیکه امولسیفایر ماکرومولکولی در زیر غلظت بحرانی برای امولسیون استفاده شود مولکول های پلی ساکاریدی بر روی یک قطره از طریق جذب جذبی با سطح بدون پوشش قطرات دیگر مشترک می شود. اما در غلظت های بسیار کم صمغ قطرات بزرگ روغن تشکیل می شود که توسط توزیع اندازه قطرات گسترده آشکار می شود که این ممکن است به دلیل لخته شدن قطرات در اثر ایجاد پل های ماکرومولکولی باشد. در غلظت صمغ ۰/۳٪ صمغ دانه ريحان پوشش کافی قطرات را فراهم کرد و منجر به تشکیل قطرات کوچک با اندازه یکنواخت شد، که حداقل در مدت یک ماه در برابر لخته شدن و خامه ای شدن بعدی پایدار بود. بالاتر از غلظت ۰/۳٪، توزیع اندازه قطرات تغییر کرد و مساحت قطرات بزرگتر شدند. این احتمالاً می تواند به دلیل افزایش پلی ساکارید غیر جاذب باشد که باعث افزایش ویسکوزیته فاز آبی و در نتیجه کاهش کارایی خرد شدن قطرات در طی همگن شدن شده است. با افزایش غلظت صمغ دانه ريحان در امولسیون

افزایش منظم در ویسکوزیته مشاهده میشود. به نظر می رسد که اثر ویسکوزیته صمغ در تثبیت امولسیون می باشد، همانطور که عدم وجود خامه ایی شدن، در امولسیون های بالاتر از ۰/۳٪ غلظت مشاهده شد. مشخص شده است که بیشتر پلی ساکارید های غیر جاذب با افزایش ویسکوزیته فاز آبی، باعث ثبات طولانی مدت امولسیون ها می شوند، در نتیجه محدود کردن حرکت قطرات در سیستم باعث جلوگیری از لخته شدن، انعقاد و خامه ایی شدن می شود. ثبات طولانی مدت امولسیون های تثبیت شده صمغ دانه ریحان احتمالاً به دلیل یکی از موارد زیر میباشد: ۱. ثبات فضایی قوی قطرات روغن که مربوط به مقدار کافی از صمغ دانه ریحان است. ۲. افزایش ویسکوزیته فاز آبی به دلیل افزایش مقدار زیاد صمغ غیر قابل جاذب که مانع از لخته شدن می شود. در مقادیر کمتر صمغ دانه ریحان، جداسازی فاز مشاهده شد و اندازه قطرات روغن به سرعت پس از ذخیره به ویژه در غلظت کمتر از ۰/۰۹٪ افزایش یافت. در امولسیون های حاوی بیش از ۰/۳٪ غلظت صمغ دانه ریحان جدا سازی فاز و همچنین تغییر معنی داری در میانگین اندازه قطرات ذرات امولسیون در طی یک ماه مشاهده نشد. اوسانو و همکارانش در سال ۲۰۱۴ همچنین گزارش دادند که خواص امولسیون کنندگی صمغ دانه ریحان نه تنها میتواند به بخشی از پروتئین مرتبط با پلی ساکارید نسبت داده شود بلکه میتواند به ویژگی های ساختاری صمغ استخراج شده نیز بستگی داشته باشد. با توجه به مطالب ذکر شده می توان گفت که نتایج اوسانو و همکارانش در سال ۲۰۱۴ در تطابق با یافته های کار حاضر بود.

کاراژیان و همکاران در سال ۲۰۰۹ گزارش کردند که صمغ دانه شاهی دارای ظرفیت امولسیون کنندگی بالا (۹۲٪) در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد بود که با ارزش ظرفیت امولسیون کننده زانتان (۱۰۰٪) قابل مقایسه بود. عمل تثبیت کننده اصلی پلی ساکاریدها به ویژه زانتان از طریق اصلاح رئولوژی فاز پیوسته با افزایش ویسکوزیته فاز آبی و به تاخیر انداختن حرکت قطرات است. زانتان همچنین شبکه ایی ایجاد میکند که از انعقاد قطرات روغن محافظت کرده و همچنین خامه ایی شدن را به تاخیر می اندازد. پس از گرم شدن محلول صمغ زانتان در شرایط حرارتی مختلف، هیچ تغییری در ظرفیت آن برای آماده سازی امولسیون رخ نداد. با این حال، ظرفیت

محلول صمغ دانه شاهی برای تشکیل امولسیون با گرم شدن در هر شرایطی افزایش یافت، بنابراین فرآیند حرارتی اثر مفیدی روی ظرفیت امولسیون کنندگی صمغ شاهی داشته است. به نظر می‌رسد که گرما باعث شکوفایی قسمتی از پروتئین شده است، به طوری که تمام اسیدهای آمینه غیر قطبی به سمت فاز روغن هدایت می‌شوند و گروه های آبگریز را در معرض تمایل بیشتر برای ارتباط با گروه های آب دوست قرار می‌دهند. این هم ظرفیت امولسیون کنندگی و هم ثبات بلند مدت امولسیون را بهبود می بخشد. این نتیجه به دنبال همان الگویی است که ویسکوزیته در هنگام قرار گرفتن در معرض حرارت افزایش یافته است. پایداری امولسیون تهیه شده از صمغ دانه شاهی قبل از عملیات حرارتی نسبت به زانتان کمتر بود اما بعد از عملیات حرارتی هر دو صمغ کاملاً پایدار بودند و این ثبات را در طول زمان و دمای مختلف حفظ کرده و تغییر قابل توجهی پیدا نکردند.

همچنین با توجه به تحقیقات ناجی و رضوی در سال ۲۰۱۴ موسیلاژ دانه شاهی ظرفیت امولسیون کنندگی کمتری را نسبت به صمغ زانتان نشان داد. خواص امولسیون کنندگی صمغ دانه شاهی و زانتان پس از سرمایش ثابت ماند و تغییر قابل توجهی در آن مشاهده نشد. از آنجا که ساز و کار اصلی تثبیت امولسیون ها توسط هیدروکلوئید ها، افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته است و سرد کردن هیچ تاثیری منفی بر ویسکوزیته صمغ دانه شاهی و زانتان نداشت، در نتیجه توانایی بالا برای تشکیل امولسیون محللول های صمغ حفظ شد. از طرف دیگر پایداری امولسیون های تهیه شده پس از سرمایش را نیز مورد بررسی قرار دادند، نتایج بررسی نشان از پایداری بالای امولسیون صمغ ها بود. این پایداری بالا ممکن است به دلیل جذب هیدروکلوئید ها به روغن در ارتباط با آب با مانع استریک مرتبط باشد. علاوه بر این این هیدروکلوئید ها حاوی اسید گالاکتورونیک بودند که باعث دفع الکترونیکی و بهبود پایداری امولسیون شد.

لروکس و همکاران در سال ۲۰۰۳ گزارش دادند که پکتین می‌تواند به روش صمغ عربی امولسیون تشکیل دهد. همچنین به این نتیجه دست یافتند که پکتین با وزن مولکولی بیشتر بهترین نتیجه را از لحاظ قطر اندازه ذرات و نیز پایداری از جهت ایجاد خامه ایی شدن می‌دهد. طبق گزارشات این مقاله پکتین چغندر برای تولید یک

امولسیون ریز در ۲ درصد وزنی بسیار کارآمد است، در حالی که پکتین مرکبات به غلظت های بالاتر (۴ درصد وزنی) نیاز داشت.

۴,۴: بررسی خواص کف کنندگی:

کف ها سیستم های پیچیده ای هستند که می توانند به عنوان محصولات با فاز گازی تثبیت شده در یک ماتریس پیوسته به منظور اعطای ساختار هوادهی به یک ماده غذایی تعریف شوند. اگرچه می توان کف را در نساجی، تجارت ساختمان و صنعت نفت یافت، اما آنها در صنعت مواد غذایی نقش اساسی دارند (بالرین و همکاران، ۲۰۰۷). حضور یک عامل کف هم بر ویسکوزیته و هم بر نفوذ پذیری فیلم بین فاز ها تاثیر می گذارد. مهم ترین پلی ساکارید های مورد استفاده در محصولات کف، صمغ گوار، صمغ زانتان و کارگینان می باشد (میکولیم و همکاران، ۲۰۱۰؛ اسکیارینی و همکاران، ۲۰۰۹).

پس از هموژن کردن محلول های ۱٪ صمغ دانه ریحان، شاهی و پکتین توسط همزن و محاسبه ظرفیت کف کنندگی محلول ها مطابق با فرمول، مشاهده شد که ظرفیت کف کنندگی محلول پکتین نسبت به صمغ دانه ریحان و شاهی بیشتر بود، و همچنین میزان کف ایجاد شده در محلول صمغ دانه ریحان و شاهی زیاد نبوده و ماندگاری بالایی نیز نداشت و پس از گذشت مدت زمان کوتاهی تقریبا به میزان ۹۰٪ کاهش داشت. اما پایداری کف محلول پکتین پس از ۳۰ دقیقه زیاد بوده و تنها ۲۰٪ کاهش حجم فوم داشته است. طبق فرمول، با سه بار تکرار آزمون برای همه نمونه ها پایداری کف ۵۰٪ برای محلول پکتین محاسبه شد. ظرفیت کف کنندگی صمغ های دانه های شاهی و ریحان یکسان بود و اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۴,۳).

جدول ۳،۴: محاسبه ظرفیت کف کنندگی صمغ دانه ریحان، شاهی و پکتین

صمغ ریحان ۱٪	صمغ شاهی ۱٪	پکتین ۱٪	
0.13 ± 0.04	0.13 ± 0.03	0.50 ± 0.08	ظرفیت کف کنندگی

در محصولات غذایی وجود ترکیب گاز به صورت پراکنده از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا اثر قابل توجهی در پارامترهای شکل ظاهری، بافت، قوام، قابلیت هضم، اندازه و قابل قبول بودن از لحاظ ارگانولپتیک دارد. برخی از هیدروکلوئید ها این پتانسیل را دارند که خواص کف را به سیستم های غذایی منتقل کنند. طبق یافته های ناجی و رضوی در سال ۲۰۱۴ محلول های صمغ دانه شاهی نسبت به صمغ زانتان ظرفیت کف کنندگی بالاتری را نشان دادند. ماهیت فعالیت سطحی صمغ دانه شاهی را به پروتئین کوچکی نسبت دادند که به محلول این اجازه را میدهد که به راحتی هوا را در خود گرفتار کند، به همین دلیل صمغ دانه شاهی ظرفیت کف کنندگی بیشتری نشان داد. سرمایش نیز هیچ تاثیری بر ظرفیت کف کنندگی صمغ دانه شاهی نداشت اما ظرفیت کف کنندگی صمغ زانتان را به میزان قابل توجهی کاهش داد. اما پایداری کف صمغ زانتان در ۲۵ درجه سانتی گراد بیش تر از صمغ دانه شاهی بود. حجم کف صمغ شاهی نیز پس از ۳۰ دقیقه به ۱۵٪ کاهش یافت اما حجم کف زانتان پس از ۳۰ دقیقه حدود ۹۰٪ از حجم اولیه کف را حفظ کرد. این رفتار صمغ زانتان را به ویسکوزیته بالای آن نسبت دادند که میتواند با استفاده از یک لایه ضخیم حباب را حفظ کند. هیچ تغییر قابل توجهی در ثبات کف هر دو صمغ پس از خنک شدن رخ نداد. محلول های هیدروکلوئیدی باعث ایجاد تثبیت فیلم بین سطحی شده و در نتیجه از نشت هوا و فروپاشی ساختار جلوگیری می کنند.

طبق مشاهدات ناجی و همکارانش در سال ۲۰۱۲ ظرفیت کف صمغ دانه شاهی نسبت به زانتان بیشتر بوده و این ظرفیت پس از تیمارهای حرارتی در محلول های صمغ شاهی افزایش یافت. اما ظرفیت کف کنندگی صمغ زانتان کم بوده و پس از تیمار حرارتی تغییر معنی داری نداشته است. دلیل افزایش ظرفیت کف محلول های

صمغ شاهی ممکن است مربوط به افزایش ویسکوزیته محلول ها و همچنین آشکار شدن بخشی از پروتئین پس از تیمار باشد. نتایج ناجی و رضوی (۲۰۱۴) و ناجی و همکاران (۲۰۱۲) بیانگر ظرفیت کف کنندگی بالاتر صمغ شاهی نسبت به صمغ زانتان بود که این نتایج در تضاد با یافته های کار حاضر بود. این تناقض احتمالاً به دو دلیل می باشد. دلیل اول به خاطر این است که در کار حاضر ظرفیت کف کنندگی پس از ۳۰ دقیقه محاسبه شد و در واقع پایداری کف نیز مد نظر بوده است که این نتیجه به وضوح در کار ناجی و رضوی (۲۰۱۴) نیز بیان شده که حجم کف شاهی پس از ۳۰ دقیقه به ۱۵ درصد ولی صمغ زانتان به ۹۰ درصد اولیه رسید. دلیل دوم می تواند مربوط به صمغ های مورد استفاده برای مقایسه باشد که در کار حاضر از صمغ پکتین و در کارهای ذکر شده از صمغ زانتان استفاده شد.

همچنین وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۰ و اسکیرینی و همکاران در سال ۲۰۰۹ گزارش دادند که صمغ دانه شاهی کف ضعیف تری نسبت به گوار و صمغ بذر کتان تشکیل می دهد که در تطابق با نتایج کار حاضر می باشد.

۵.۴: بررسی خواص بافتی (آزمون پروفایل بافت):

به کمک داده های به دست آمده توسط دستگاه سنتام نمودار نیرو بر حسب زمان برای تمامی تکرار های ژل صمغ دانه ریحان و شاهی به دست آمد و با توجه به این نمودار و فرمول های مربوطه و تجزیه و تحلیل آزمون پروفایل بافت پارامترهای سختی^۱، انسجام^۲، حالت ارتجاعی^۳، انعطاف پذیری^۴، قابلیت جویدن^۵ و چسبندگی^۶ ژل های حاصل از صمغ دانه ریحان و شاهی مورد بررسی قرار گرفتند. همان طور که قبلاً اشاره شد پکتین در غلظت ۹٪ ژل مناسبی برای آزمون با دستگاه سنتام تشکیل نداد. طبق تجزیه و تحلیل های آماری انجام شده با

^۱ hardness

^۲ cohesiveness

^۳ Springiness

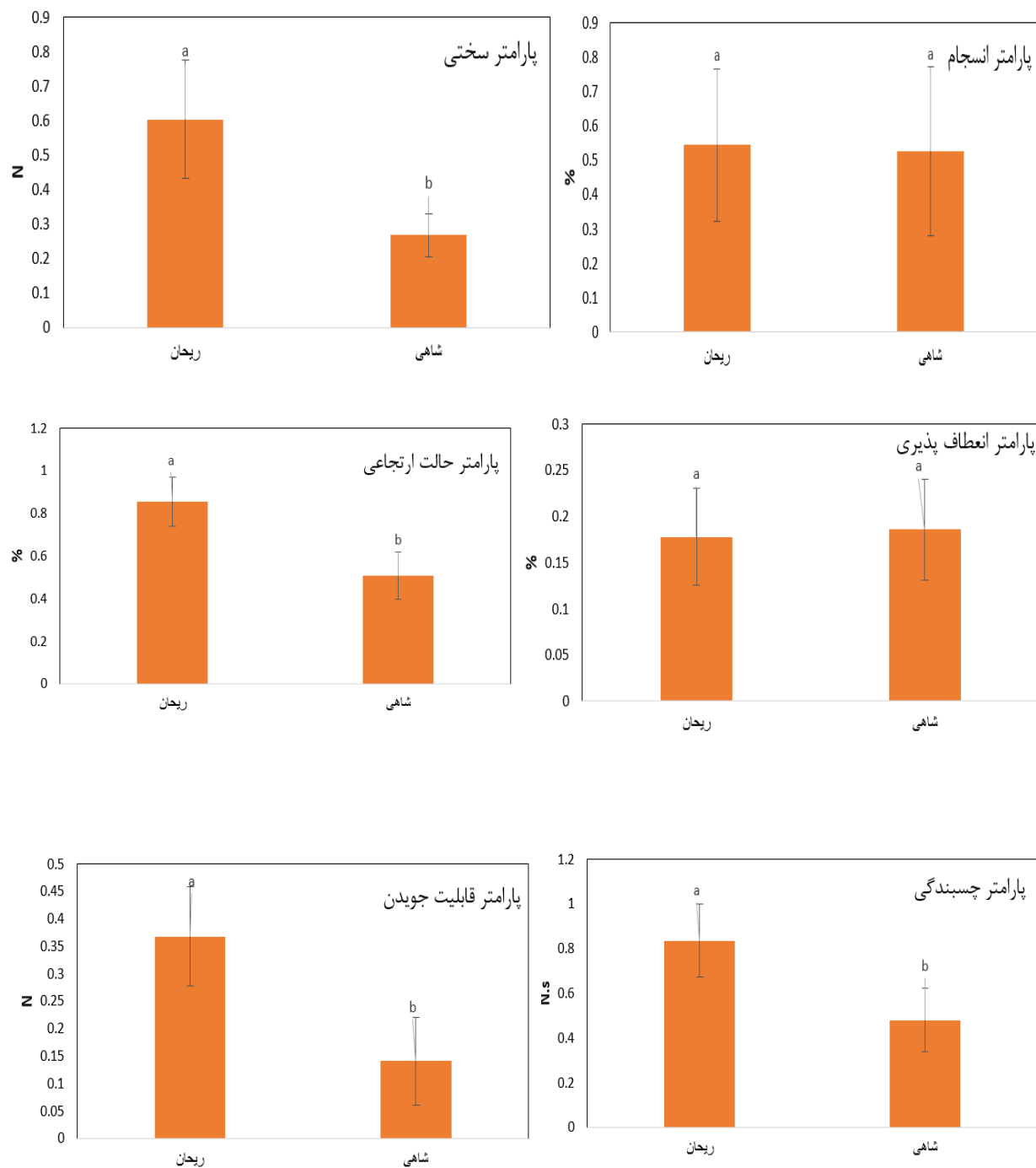
^۴ resilience

^۵ chewiness

^۶ adhesion

۷ بار تکرار آزمون پروفایل بافت بر ژل صمغ دانه ریحان و شاهی بین پارامتر های انسجام و انعطاف پذیری، اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($p > 0/05$) اما بین پارامتر های سختی، حالت ارتجاعی، قابلیت جویدن و چسبندگی اختلاف معنی دار مشاهده شد ($p < 0/05$). به این صورت که پارامتر های سختی، حالت ارتجاعی، قابلیت جویدن و چسبندگی در ژل ۹٪ صمغ دانه ریحان نسبت به شاهی بالاتر بود (شکل های ۱۱،۴).

سختی به عنوان نیروی مورد نیاز برای دست یابی به تغییر شکل تعریف شده است و قدرت ژل را نشان می‌دهد (انگیولونی و کلار، ۲۰۰۹). این نتایج نشان می‌دهد که نیروهای بین مولکولی در ژل صمغ دانه ریحان قویتر از ژل صمغ دانه شاهی بوده است که توانسته ساختار محکمتری را ایجاد کند. یافته های این قسمت در تطابق با یافته های بخش رئولوژی بود که در بخش مذکور نیز ویسکوزیته و همچنین خاصیت الاستیک محلول های حاصل از صمغ ریحان بیشتر از صمغ شاهی بود. در مورد خاصیت ارتجاعی نیز مشاهده می شود که این خاصیت در ژل صمغ ریحان بیشتر از صمغ شاهی است که در بخش رئولوژی نیز در مورد صمغ ریحان خاصیت الاستیک که به نحوی انعکاس دهنده میزان خاصیت ارتجاعی نمونه است مقادیر بالاتری نسبت به صمغ شاهی داشت. در مورد پارامتر قابلیت جویدن که به عنوان انرژی مورد نیاز برای تخریب ساختار یک نمونه جامد تا زمانیکه آماده بلع باشد تعریف می شود، این پارامتر از ضرب سه پارامتر سختی، انسجام و حالت ارتجاعی به دست می آید. با توجه به اینکه پارامتر سختی و حالت ارتجاعی ژل حاصل از صمغ دانه ریحان بیشتر از صمغ دانه شاهی بود این نتیجه نیز برای پارامتر صمغی بودن نیز قابل انتظار می باشد. در مورد پارامتر چسبندگی نیز این پارامتر در مورد ژل صمغ دانه ریحان بیشتر از صمغ شاهی بود که این احتمالاً به توانایی بیشتر مولکولهای موجود در صمغ ریحان به برقراری نیروهای بین مولکولی با مواد دیگر در مقایسه با صمغ شاهی مربوط است.



شکل ۹,۴: میانگین مقادیر خصوصیات فیزیکی به دست آمده از آزمون پروفایل بافت

ناجی و رضوی در سال ۲۰۱۴ خصوصیات فیزیکی ژل شاهی را پس از سرمایش مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. داده های به دست آمده از این بررسی نشان از روند افزایشی سختی ژل دانه شاهی پس از خنک شدن در تست های نفوذ و آزمون پروفایل بافت را داشت. افزایش سختی ژل میتواند به دلیل تشکیل خوشه های زنجیره های مرتب شده در امتداد مولکول پلی ساکارید هنگام خنک کننده باشد. سرمایش بیشتر منجر به جمع شدن این نقاط اتصال می شود که ساختار ژل سفت و سختی را ایجاد می کنند. رشد اتصالات موجود یا ایجاد اتصالات جدید مهم ترین عامل استحکام و مقاومت ژل ها است که در دمای پایین دیده میشود. طبق گزارش ناجی و رضوی سرمایش نیز باعث افزایش استحکام (قوام) ژل شاهی شد. نتیجه نشان داد که سرمایش باعث ایجاد پیوندهای قوی تر بین زنجیره های پلیمری ژل صمغ دانه شاهی می شود بنابراین استحکام باند ها به طرز چشمگیری افزایش می یابد. همچنین چسبندگی قابل توجهی برای صمغ دانه شاهی حل شده در آب مشاهده شد. بر اساس نتایج به دست آمده مقادیر چسبندگی نسبت به سرمایش پایدار بود. علاوه بر این سرمایش باعث افزایش خاصیت ارتجاعی ژل صمغ دانه شاهی شد. در طول ذخیره سازی هیچ تغییر قابل توجهی در مقادیر انسجام ژل دانه شاهی مشاهده نشد. این پایداری به مقاومت بالای پیوند های داخلی بستگی دارد که به نظر می رسد در بهبود بافت و ساختار ژل دانه شاهی نیز موثر است. طبق این گزارش انسجام ژل دانه شاهی پس از خنک شدن افزایش یافت. انسجام بالا باعث حفظ یکپارچگی محصول در حین عملیات برودتی، کاهش از بین رفتن رطوبت در کل ماندگاری محصول می شود و حداکثر طعم، بافت و رنگ محصول را حفظ می کند. خنک کردن باعث افزایش اندکی در میزان حالت صمغی بودن^۱ ژل صمغ شاهی شد. از آنجا که حالت صمغی بودن عملکرد سختی و انسجام است، بنابراین افزایش سختی و انسجام صمغ دانه شاهی دلیل افزایش صمغی بودن می باشد. پارامتر جویدن انرژی مورد نیاز تخریب محصول غذایی جامد در وضعیتی که آماده بلع باشد می باشد که نتایج این تحقیق نشان داد که پس از خنک شدن این پارامتر افزایش یافته است.

¹ gumminess

نتیجه گیری:

محلول های صمغ دانه ریحان و شاهی برخلاف صمغ پکتین که دارای رفتار نیوتونی بود و ویسکوزیته آن مستقل از سرعت برشی بود، دارای رفتار رقیق شونده برشی غیر نیوتونی بودند و ویسکوزیته محلول های صمغ دانه ریحان و شاهی با افزایش سرعت برشی کاهش یافت. همچنین محلول های حاصل از صمغ دانه ریحان و دانه شاهی در دامنه فرکانس های پایین به دلیل بالاتر بودن مدول ذخیره از مدول افت رفتار الاستیک از خود نشان دادند. اما در فرکانس های بالا رفتار ویسکوز غالب بود و مدول افت از مدول ذخیره پیشی گرفت. امولسیون های تهیه شده از صمغ دانه ریحان و شاهی نیز طبق بررسی ها از امولسیون پکتین پایدار تر بوده و ضریب خامه ای کمتری داشتند. نتایج ظرفیت کف کنندگی نشان داد که ظرفیت کف کنندگی صمغ دانه ریحان و شاهی مشابه هم بود و هر دو صمغ ظرفیت کف کنندگی کمتری نسبت به صمغ پکتین داشتند. بررسی آزمون پروفایل بافت ژل صمغ دانه ریحان و شاهی نیز نشان داد که پارامتر های سختی، حالت ارتجاعی، قابلیت جویدن و چسبندگی ژل ریحان از ژل شاهی بیشتر بود و میان پارامتر های انعطاف پذیری و انسجام تفاوت معنی داری وجود نداشت.

پیشنهادهات:

۱- غلظت های پایین تر و بالاتر از غلظت های صمغ دانه ریحان و شاهی مورد مطالعه در این پروژه به منظور مقایسه با صمغ پکتین بررسی شود.

۲- صمغ های دانه ریحان و شاهی در برخی محصولات مثل: سس مایونز، فرآورده های لبنی، مربا و ... استفاده شود و عملکرد آن ها مورد بررسی قرار گیرد.

۳- خصوصیات فیزیکی شیمیایی، رئولوژیکی و عملکردی صمغ های دانه ریحان و شاهی با سایر صمغ ها به غیر از پکتین مقایسه شوند.

منابع:

- ابراهیم زاده، م. ۱۳۸۵. استخراج پکتین و مقایسه بازدهی درجه اسستریفیکاسیون و درصد گالاکتورونیک اسیددر پوست برخی مرکبات، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره شانزدهم، شماره ۵۴.
- آزادبخت، م. طباطبائی، م. جهرمی، ا. ۱۳۸۲. مقایسه روشهای مختلف استخراج و جداسازی پکتین از میوه گیاه دارایی، علوم دارویی، مجله دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی تبریز، شماره ۱، ص ۲۱-۲۸.
- امیری عقدایی، س. س.، اعلمی، م.، رضایی، ر.، دادپور، م. و خمیری، م. ۱۳۹۱. تاثیر موسیلاژ دانه های ریحان و اسفرزه ر ویژگی های فیزیکی شیمیایی، رئولوژیکی و حسی بستنی نرم. نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ۱:۱، ص ۳۶-۲۳.
- امیری عقدایی، س. س.، اعلمی، م. ۱۳۹۰. تاثیر موسیلاژ دانه ریحان بر ویژگی های رئولوژیکی و پایداری دوغ. مجله علمی پژوهشی علوم و فناوری غذایی، سال ۳، شماره ۳.
- بهرام پرور، م. ۱۳۹۱. رساله دکتری: بهینه سازی فرمولاسیون مخلوط پایدار کننده های بستنی با استفاده از صمغ دانه ریحان و بررسی خصوصیات کیفی فرمول بهینه در ترکیب با k-کارجینان طی زمان نگهداری.
- حسینی پرور، س. ه.، مرتضوی، س. ع.، رضوی، س. م. ع.، مرینو، ل. و معتمدزادگان، ع. ۱۳۸۸. رفتار رئولوژیکی جریان مخلوط صمغ دانه ریحان با صمغ گوار و لوبیای لوکاست. مجله الکترونیک فرآوری و نگهداری مواد غذایی، ۲:۱، ص ۸۴-۶۹.
- خرمی، م.، حسینی پور، ه: معتمد زادگان، ع. ۱۳۹۲. بررسی اثر صمغ دانه ریحان بر روی پایداری ذفتار رئولوژیکی و اندازه ذرات امولسیون های ایزوله آب پنیری، نشریه فراوری و نگهداری مواد غذایی جلد پنجم، شماره ۱.
- رزمخواه شریبانی، س.، رضوی، س. م. ع.، بهزاد، خ. و مظاهری تهرانی، م. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر استفاده از پکتین، صمغ دانه مرو و ریحان بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی و حسی ماست چکیده بدون چربی. نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ۶:۱، ص ۳۶-۲۷.
- رضوی، س. م. ع.، اکبری، ر. ۱۳۸۸. خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی (برای دانشجویان رشته های مهندسی)، (تالیف). ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد.

رضوی، س. م. ع.، مرتضوی، حسینی پرور، س. ه.، خانی پورا ؛ ۱۳۷۸. بهینه سازی استخراج صمغ از دانه ریحان. طرح پژوهشی خاتمه یافته دانشگاه فردوسی مشهد.

زرگری، ع؛ ۱۳۷۶. گیاهان دارویی- جلد چهارم صفحه ۱۳؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ تهران

شمسایی، س. رضوی، س. م. ع.، عطال صالحی، الف.، عماد زاده، ب. ۱۳۹۰. کاربرد صمغ های دانه ریحان و گزانتان در سس مایونز کم چرب به عنوان جایگزین چربی. همایش ملی صنایع غذایی، ۹ تا ۱۰ اسفند، قوچان.

کاراژیان، ح. ۱۳۸۸. رساله دکتری: بهینه سازی شرایط استخراج صمغ از دانه شاهی و بررسی خواص عملکردی آن. دانشگاه فردوسی مشهد

نجف نجفی، م.، فاضلی، ا. بررسی اثر صمغ دانه شاهی بر پایداری فیزیکی و خصوصیات رفتار جریان امولسیون روغن در آب تهیه شده توسط همگن ساز سرعت بالا، علوم و صنایع غذایی شماره ۶۴، دوره ۱۴.

Abas, F., Lajis, N.H., Israf, D.A., Khozirah, S. & Umi Kalsom, Y. 2006. Antioxidant and nitric oxide inhibition activities of selected Malay traditional vegetables. *Food Chemistry*, 95, 566–573.

Abdelrahim, K. A., Ramaswamy, H. S., Doyon, G., and Toupin, C. J. 1994. Rheology of carboxymethyl cellulose as influenced by concentration and temperature. *International Journal of Food Science and Technology*, 29: 243–253.

Anjaneyalu, Y. V. and Tharanathan, R.N. 1971. Composition and preliminary fractionation of the seed mucilage of *Ocimum canum*. *Australian Chemistry*, 24: 1501–1507.

Anonymous. 1953. Gum type stabilizers perform new vital functions. *Food Eng.* 25 (6), 105.

Angioloni, A., and Collar, C. 2009. Small and large deformation viscoelastic behavior of selected fiber blends with gelling properties. *Food Hydrocolloid*, 23:742-748.

Altan, A., Kus, S., & Kaya, A. 2005. Rheological behaviour and time dependent characterization of Gilaboru juice (*Viburnum opulus* L.). *Food Science & Technology International*, 11(2), 129–137

Arsalan, N. Togru, H. 1996. *Filtration of pectin extract from grapefruit peel and viscosity of pectin solutions* ., *Journal of Food Engineering*, 27; 191–201.

Azoma, J. & Sakamoto, M. 2003. Cellulosic hydrocolloid system present in seed of plants. *Trends in glycoscience and glycotechnology*, 15, 213-234.

Abu-Jdayil, B., and Mohameed, H. A. 2004. Time-dependent flow properties of starch–milk–sugar pastes. *European Food Research and Technology*, 218: 123–127.

- Balerin, C., Aymard, P., Ducept, F., Vaslin, S., & Cuvelier, G. 2007. Effect of formulation and processing factors on the properties of liquid food foams. *Journal of Food Engineering*, 78, 802e809.
- Balke, D.T., and Diosady, L.L. 2000. Rapid aqueous extraction of mucilage from whole white mustard seed. *Food Research International*, 33: 347-356.
- Bostan, A., Razavi, S.M.A., Farhoosh, R. 2010. Optimization of hydrocolloid extraction from wild sage seed (*Salvia macrosiphon*) using response surface methodology. *International Journal Of Food Properties*, 13:1380–1392.
- Banerjee, S., & Bhattacharya, S. 2012. Food Gels: Gelling Process and New Applications, Critical Reviews . *Food Science and Nutrition*, 52:4, 334-346.
- Barnes H.A., Hutton J.F. and Walters K. 1989. An Introduction to Rheology. New York: *Elsevier Applied Science*, pp. 11_35.
- Behrouzian, F., Razavi, S.M.A., and Phillips, G.O. 2014. Cress seed (*Lepidium sativum*) mucilage, An overview. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fiber*, 3:17-28.
- Behrouzian, F., Razavi, S.M.A., and Karazhiyan, H. 2014. Intrinsic viscosity of cress (*Lepidium sativum*) seed gum: Effect of salts and sugars. *Food Hydrocolloids*, 25:100-105.
- Behnia, A., Karazhiyan, H., Niazmand, R., and Mohammadi Nafchi, A. R. 2013. Rheological properties of low fat yogurt containing cress seed gum. *Agricultural Sciences*, 4: 29-32.
- Breuil, P., Meullenet, J. 2001. A comparison of three instrumental tests for predicting sensory texture profiles of cheese. *Journal of Texture Studies*, 32: 41–55.
- Burey, P., Bhandari, B. R., Howes, T. & Gidley, M. J. 2008. Hydrocolloid Gel Particles: Formation, Characterization, and Application. Critical Reviews . *Food Science and Nutrition*, vol. 48, No. 5, pp. 361–377
- Cai, W., Gu, X., and Tang, J. 2008. Extraction, purification, and characterization of the polysaccharides from *Opuntia milpa alta*. *Carbohydrate Polymers*, 71: 403–410.
- Caine, W. R., Aalhus, J. L., Best, D. R., Dugan, M. E. R., & Jeremiah, L. E. 2003. Relationship of texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks. *Meat science*, 64(4), 333-339.
- Chaubey, M., and Kapoor, V. P. 2001. Structure of a galactomannan from the seeds of *Cassia angustifolia Vahl*. *Carbohydrate research*, 332: 439-444.
- Connolly, S., Fenyo, J.C. & Vandeveld, M.C. 1988. Effect of proteinase on the macromolecular distribution of Acacia Senegal gum. *Carbohydrate Polymers*, Vol. 8, No. 1 pp. 23-32

- Cui, W., Mazza, G., Oomah, B. D., and Biliaderis, C.G. 1994. Optimization of an aqueous extraction process for flaxseed gum by response surface methodology. *LWT- Food Science and Technology*, 27: 363-369.
- Delfaniana, M., Razavia, S. M.A, Haddad Khodaparasta, M., H., Esmaeilzadeh Kenarib, R., Golmohammadzadehc, S.H., 2018. Influence of main emulsion components on the physicochemical and functional properties of W/O/W nano-emulsion: Effect of polyphenols, HiCap, basil seed gum, soy and whey protein isolates. *Food Research International*, 108:136-143.
- Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17: 25-39.
- Dickinson, E. 2009. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17: 23-39.
- De Man, J. M. 1999. Texture. In PRINCIPLES OF FOOD CHEMISTRY, chapter 8 3rd ed., pp. 340-345.
- Dimonte, G., Nelson, D., Weaver, S., Schneider, M., Flower-Maudlin, E., Gore, R., Baumgardner, J. R., and Sahota, M. S. 1998. Comparative study of viscoelastic properties using virgin yogurt. *Journal of Rheology*, 42: 727–743.
- Djabourov, M. 1991. Gelation—A Review. *Polymer International*, vol. 25, No. 3, pp. 135–143
- Domínguez-Sobeiunes, J., García-Garibay, M., Casas-Alencáster, N. B., and Martínez-Padilla, L. P. 2001. Instrumental texture of set and stirred Fermented milk. Effect of a ropy strain of *Lactobacillus Delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* And an enriched substrate. *J Text Stud Journal of Texture Studies*, 32:205-217.
- Fekri, N., Khayami, M., Heidari, R., and Jamee, R. 2008. Chemical analysis of Flaxseed, Sweet Basil, Dragon Head and Quince Seed Mucilages. *Research journal of Biological Sciences*, 3(2): 166-170.
- Flutto, L. 2003. Pectin: Properties and Determination. Danisco, New Century, KS, USA.
- Giese, J. 1996. Fat and fat replacers: balancing the health benefits. *Food Technology*. 50:76-79.
- Ghante, M. H., Badole, S. L., and Bodhankar, S. L. 2011. Health Benefits of Garden Cress (*Lepidium sativum* Linn), in Preedy, V. R., Watson, R. R., and Patel, V. B. (Eds.). Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention (first ed). *Elsevier, London*, (pp. 521-527).
- Glicksman, M. 1963. UTILIZATION OF NATURAL POLYSACCHARIDE GUMS IN THE FOOD INDUSTRY. Research Center. General Foods Corporation. Tarrytotun. New York.

Glicksman, M. 1979. Gelling hydrocolloids in food product applications. In J. M.V. Blanchard, & J. R. Mitchell (Eds.), *Polysaccharides in food* (pp. 185–204). London and Boston: Butterworths.

Glicksman, M. 1982. *Food hydrocolloids*. Vol.1-3, CRC Press, Florida.

Goh, K. K. T., Sarkar, A., & Singh, H. 2009. Milk protein polysaccharide interactions. In A. Thompson, M. Boland & H. Singh (Eds.), *Milk Proteins From Expression to Food*, (pp. 347-376). New Zealand, Amsterdam: MasseyUniversity.

Gokavi, S. S., Malleshi, N. G., and Guo, M. 2004. Chemical Composition of Garden Cress (*Lepidium sativum*) Seeds and Its Fractions and use of Bran as a Functional Ingredient. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59: 105-111.

Joudaki, H., Mousavi M., Safari, M., Razavi, S.H., Emam-Djomeh, Z. and Gharibzahedi, S.M.T. 2013a. A practical optimization on salt/high-methoxyl pectin interaction to design a stable formulation for Doogh. *Carbohydrate polymers*, 97, 376-383.

Joudaki, H., Mousavi, M., Safari, M., Razavi, S.H., Emam-Djomeh, Z. and Gharibzahedi, S.M.T. 2013b. Scrutinizing the different pectin types on stability of an Iranian traditional drink “Doogh”. *International Journal of Biological Macromolecules*, 60, 375-382.

Hollingworth, C. S. (ed.). 2010.: Characteristics, Properties and Structures. Nova Science Publishers, *Food Hydrocolloids*. ISBN 978-1-60876-222-4, New York

Hosseini-Parvar, S. H., Mortazavi, S. A., Razavi, S. M. A., Matia-Merino, L., & Motamedzadegan, A. 2009. Flow behavior of gum solutions extracted from *Ocimum basilicum* seeds mixed with Locust bean gum and Guar gum. *Electronic Journal of Food Preservation & Processing (EJFPP)*, 1(2), 69-84.

Hosseini-Parvar, S. H., Matia-Merino, L., Goh, K. K. T., Razavi, S. M. A., and Mortazavi, S. A. 2010. Steady shear flow behavior of gum extracted from *Ocimum basilicum* L. seed: Effect of concentration and temperature. *Journal of Food Engineering*, 102: 236-243.

Imeson, A. 2010. *Food stabilizers, Thickeners and gelling agents*. Willey-Blackwell.

Jezequal, V. 1998. Curdlan: A New Functional Beta-Glucan. *Cereal FoodsWorld*, 43(5): 361-364.

Javanmardi, J., Stushnoff, C., Locke, E. & Vivanco, J.M. 2003. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. *Food chemistry*, 83, 547-550.

Joenalyn P., Osano , Seyed H., Hosseini-Parvar , Lara Matia-Merino , Matt Golding. 2014.

Jouki, M., Khazaei, N., Ghasemlou, M., and Hadi Nezhad, M. 2013. Effect of glycerol concentration on edible film production from cress seed carbohydrate gum. *Carbohydrate Polymers*, 96:39–46.

- Kayacier, A., and Dogan, M. 2006. Rheological properties of some gumssalep mixed solutions. *Journal of Food Engineering*, 72: 261-265.
- Karazhiyan, H., Razavi, S. M. A., Phillips, G. O., Fang, Y., Al-Assaf, S., Nishinari, K., et al. 2009. Rheological properties of *Lepidium sativum* seed extract as a function of concentration, temperature and time. *Food Hydrocolloids*, 23: 2062-2068.
- Karazhiyan, H., Razavi, S. M. A., Phillips, G. O., Fang, Y., Al-Assaf, S., and Nishinari, K. 2011. Physicochemical aspects of hydrocolloid extract from the seeds of *Lepidium sativum*. *International Journal of Food Science and Technology*, 46: 1066-1072.
- Karazhiyan, H., Razavi, S. M. A., and Phillips, G. O. 2011. Extraction optimization of a hydrocolloid extract from cress seed (*Lepidium sativum*) using response surface methodology. *Food Hydrocolloids*, 25: 915-920.
- Karazhiyanb, H., Najia, S., Razavia, S M.A., and Koochekia., A. 2012. Influence of thermal treatments on textural characteristics of cress seed (*Lepidium sativum*) gum gel. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 1579-4377.
- Karimi, N., Esmaeilzade Kenari., 2016. Functionality of Coatings with Salep and Basil Seed Gum for Deep Fried Potato Strips. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, volume 93, pages 243–250
- Kalapathy u, proctor A. 2001. *Effect of acid extaction and alcohol precipitation condition on the yield and purity of soy hull pectin*, *Food chemistry*. 73:393-6.
- Koocheki A. Mortazavi S. A., Shahidi F., Razavi S. M. A., Kadkhodae R., and Milani. 2008. Optimization of mucilage extraction from Qodume Shirazi seed (*Alyssum homolocarpum*) using response surface methodology. *Journal of Food Process Engineering*, Article in press.
- Kholoud, H. Abd El-Salam, A.O. Toliba, Gehan A. El-Shourbagy and Sh.E. El-Nemr. 2019. CHEMICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF GARDEN CRESS (*Lepidium sativum* L.) SEEDS POWDER. *Zagazig J. Agric. Res.*, Vol. 46 No. (5).
- Kosar, M., Dorman, H.J.D., & Hiltunen , R. 2005. Effect of an acid treatment on the phytochemical and antioxidant characteristics of extracts from selected *lamiaceae* species. *Food chemistry*, 91, 525-536.
- Lai, L. S., Tung, J. & Lin, P. S. 2000. Solution properties of hsian-tsao (*Mesona procumbens* Hemsl) leaf gum. *Food Hydrocolloids*, 14, 287-294.
- Lawrence A.A. 1976. Pectins, *In natural Gums foe Edible Purpose*, pp 58.
- Launay, B., Doublier, J.L., and Cuvelier, G., 1986. Flow properties of aqueous solutions of polysaccharides, *In Functional Properties of Food Macromolecules*, Mitchell, J.R. and Ledward, D.A., Eds., Elsevier, London, chap. 1.
- Lee, H. C., & Brant, D. A. 2002. Rheology of concentrated isotropic and anisotropic xanthan solutions. 1. A rod like low molecular weight sample. *Macromolecules*, 35, 2212e2222.

- Lee, S. J., Umano, K., Shibamoto, T., & Lee, K. J. 2005. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*thymus vulgaris* L.), and their antioxidant properties. *Food chemistry*, 91, 131-137.
- Lepine, A., Mezdour, S., Erazo-Majewicz, P., Michon, C. 2008. Hydroxypropyl cellulose as a stabilizing agent of emulsions. In G. O. Phillips, & P. A. Williams (Eds.), *Gums and stabilisers for the food industry* 14 (pp. 245–256). Cambridge: RSC.
- Li, J., Ould Eleya, M.M. & Gunasekaran, S. 2006. Gelation of whey protein and xanthan mixture: effect of heating rate on rheological properties. *Food Hydrocolloids*, 20, 678–686.
- Leroux^a J., Langendorff^a V., Schick^b G., Vaishnav^c V & Mazoyer^a J. 2003. Emulsion stabilizing properties of pectin. *Food Hydrocolloids*, 17, 455-462.
- Mandala, I. G., Palogou, E. D., & Kostaropoulos, S. E. 2002. Influence of preparation and storage conditions on texture of xanthan-starch mixtures. *Journal of Food Engineering*, 53, 27–38.
- Marcotte, M., Taherian Hoshahili, A. R., and Ramaswamy, H. S. 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Hydrocolloids*, 15, 695-703.
- Maskan, M., & Gogus, F. 2000. Effect of sugar on the rheological properties of sunflower oil–water emulsions. *Journal of Food Engineering*, 43, 173–177.
- Mat Amin, A., Ahmad, A.S., Yin, Y.Y., Yahya, N., and Ibrahim, N. 2007. Extraction, Purification and characterization of durian (*Durio zibethinus*) seed gum. *Food Hydrocolloids*, 21: 273-279.
- Meyer L.H. 1973. Carbohydrates. In *Food Chemistry*, Academic Press New York, p(87).
- Miquelim, J. N., Lannes, S. C. S., & Mezzenga, R. 2010. pH influence on the stability of foams with protein-polysaccharide complexes at their interfaces. *Food Hydrocolloids*, 24, 398-405.
- Naji, S., Razavi, S. M. A., and Karazhiyan, H. 2012. Effect of thermal treatments on functional properties of cress seed (*Lepidium sativum*) and xanthan gums: A comparative study. *Food Hydrocolloids*, 28: 75-81.
- Naji, S., Razavi, S.M.A., and Karazhiyan, H. 2013. Effect of freezing on functional and textural attributes of cress seed gum and xanthan gum. *Food and Bioprocess Technology*, 6(5):1302-1311.
- Naji, S., and Razavi, S.M.A. 2014. Functional and textural characteristics of cress seed (*Lepidium sativum*) gum and xanthan gum: Effect of refrigeration condition. *Food Bioscience*, 5:1-8.
- Naji, S., and Razavi, S.M.A. 2015. New studies on basil (*Ocimum basilicum* L.) seed gum: Part III – Steady and dynamic shear rheology. *Food Hydrocolloid Research Centre*.

- Naghibi, F., Mosaddegh, M., Motamed, S. M., & Ghorbani, A. 2005. Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 2, 63-79.
- Osano, J. P., Martia-Merino, L., Hosseini-Parvar, S., Golding, M., & Goh, Kelvin 2010. Adsorption properties of basil (*Ocimum basilicum* L.) seed gum. *R&D Journal of University of Southern Mindano*, 18, 113–117.
- Osano, J., Hosseini-Parvar, S., Merino, L., Golding, M. 2014. Emulsifying properties of a novel polysaccharide extracted from basil seed (*Ocimum basilicum* L.): Effect of polysaccharide and protein content. *Food Hydrocolloids*, 37, 40-48.
- Oxenham, S.K., Svoboda, K. P. & Walters, D. R. 2005. Antifungal Activity of the Essential Oil of Basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Phytopathology*, 153, 174–180.
- Picone, C. S. F., & Cunha, R. L. d. 2010. Interactions between milk proteins and gellan gum in acidified gels. *Food Hydrocolloids*, 24, 502-511
- Razmkhah, S., Razavi, S.M.A., Mohammadifar, M., A. 2016. Purification of cress seed (*Lepidium sativum*) gum: A comprehensive rheological study. *Food Hydrocolloids*, 61:358-368.
- Razmkhah, S., Razavi, S.M.A., Mohammadifar, M., A. 2017. Dilute solution, flow behavior, thixotropy and viscoelastic characterization of cress seed (*Lepidium sativum*) gum fractions. *Food Hydrocolloids*, 64:404-413.
- Razavi, S. M. A., Karazhiyan, H. 2009. Flow properties and thixotropy of selected hydrocolloids: Experimental and modeling studies. *Food Hydrocolloids*, 23: 908-912.
- Razavi, S. M. A., Farhoosh, R., and Bostan, A. 2007. Functional properties of hydrocolloid extract of some domestic Iranian seeds, Research project No. 1475, Unpublished report, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- Razavi, S.M.A., Habibi Najafi, M.B., and Alaei, Z. 2007. The time independent rheological properties of low fat sesame paste / date syrup blends as a function of fat substitutes and temperature. *Food Hydrocolloids*, 21 : 198–202.
- Razavi, S. M. A., Mortazavi, S. A., Matia-Merino, L., Hosseini-Parvar, S. H., Motamedzadegan, A., & Khanipour, E. 2009. Optimization study of gum extraction from Basil seeds (*Ocimum basilicum* L.). *International Journal of Food Science & Technology*, 44, 1755-1762.
- Rao, M. A. and Keney, J. F. 1975. Flow properties of selected food gums. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 8:142-148.
- Rao, M. A., and Anantheswaran, R. C. 1982. Rheology of fluid in food processing. *Food Technology*, 36(2): 116–126.

- Rao, M.A., 1999. Aspen Publishers. Gaithersburg, MD. . *Rheology of Fluids and Semisolid Foods Principles and Applications*. USA, pp. 1-24.
- Ramaswamy, H. S., and Basak, S. 1991. Rheology of stirred yoghurt. *Journal of Texture Studies*, 22: 231–241.
- Ramaswamy, H. S., and Basak, S. 1992. Time dependent stress decay rheology of stirred yogurt. *International Dairy Journal*, 1: 17–31.
- Roopa, B. S. and Bhattacharya, S. 2010. Alginate gels: II. Stability at different Processing conditions. *Food Processing and Engineering*, 33:466-480.
- Paton, A., Harley, M., & Harley, M. 1999. Ocimum: an overview of classification and relationships. In H. Raimo, & H. Yvonne (Eds.), Basil: The genus Ocimum (pp.1e38). Amsterdam: Harwood Academic Publishers.
- Philips, G.O., Wedlock, D.J. & Williams, P.A. (eds). 1984. Gums and stabilizers for the food industry, vol. 2, Pergamon Press, Oxford, UK
- Philips, G.O., Williams, P.A. & Wedlock, D.J. (eds). 1986. Gums and stabilizers for the food industry, vol. 3, IRL Press, Oxford, UK
- Philips, G.O., Wedlock, D.J. & Williams, P.A. (eds.). 1990. Application of microcrystalline cellulose. *Gums and stabilizers for the food industry*, Vol. 5, IRL Press, Oxford, UK
- Phillips, G.O. & Williams, P.A. (eds.). 2000. Handbook of Hydrocolloids, CRC Press, ISBN-978 1 84569 414 2, Boca Raton, Florida.
- Salehi.F, Kashaninejad.M. & Behshad.,V. 2014. Effect of sugars and salts on rheological properties of Balangu seed (*Lallemantia royleana*) gum. *International Journal of Biological Macromolecules*, Vol 67, June 2014:16-21
- Salehi.F. & Kashaninejad,M. 2015. Static Rheological Study of *Ocimum basilicum* Seed Gum. *Int. J. Food Eng.* 11(1): 97–103.
- Salehi.F, Kashaninejad.M. 2018. The Effect of Thermal Treatments on the Rheological Behavior of Basil Seed (*Ocimum basilicum*) and Balangu Seed (*Lallemantia royleana*) Gums. *Journal of Food Biosciences and Technology*, Vol. 8, No. 1, 35-46.
- Saha, D. and Bhattachaya S. 2010. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Food Science and Technology*, 47(6):587-597.
- Sahraiyani, B., Naghipour, F., Karimi, M., and Davoodi, M. G. 2013. Evaluation of *Lepidium sativum* seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 30: 698–703.
- Sciarini, L. S., Maldonado, F., Ribotta, P. D., Perez, G. T., & Leon, A. E. 2009. Chemical composition and functional properties of *Gleditsia triacanthos* gum. *Food Hydrocolloids*, 23, 306e313.

- Schmitt, C., Sanchez, C., Desobry-Banon, S., & Hardy, J. 1998. Structure and technofunctional properties of protein-polysaccharide complexes: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 38(8), 689-753.
- Simon, J. E., Morales, M. R., Phippen, W. B., Vieira, R. F. & Hao, Z. 1999. Basil: A source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb. In: Janick, J., *perspectives on new crops and new uses*, pp. 499-505, Alexandria, VA: ASHS Press.
- Sahin, H. & Ozdemir, F. 2004. Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups. *Food Hydrocolloids*, vol. 18, No. 6, pp. 1015-1022
- Song, K., Kim, Y., 2019. Effect of mucilage extracted from Basil (*Ocimum basilicum* L.) seeds on physicochemical and rheological properties in low-fat milk protein gel. *Food Processing and Preservation*.00: e14191.
- Speers, R. A., and Tung, M. A. 1986. Concentration and temperature dependence of flow behaviour of xanthan gum dispersions. *Journal of Food Science*, 51: 96–98.
- Steffe, J. F. 1996. Rheological methods in food process engineering (2nd ed.). Michigan: Freeman Press.
- Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K., & Bigger, S.W. 2003. Antimicrobial properties of Basil and its possible application in food packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3197-3207.
- Steffe, J. 1996. Rheological methods in food process engineering. East Lansing, USA: Freeman Press.
- Sworn, G. 2000. Xanthan gum. In G. O. Phillips, & P. A. Williams (Eds.), *Handbook of hydrocolloids* (pp. 103-115). Cambridge: Woodhead Publishing.
- Szczesniak, A. S. 1963. Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*, 28, 385–389.
- Taeb, M. 1996. Country Report to the Fao International Technical Conference on Plant Genetic Resource, *ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN* country report, Teheran.
- Tharanathan, R.N. & Anjaneyalu, Y.V. 1974. Polysaccharides from the seed mucilage of *Ocimum basilicum* Linn. *Indian Journal of Chemistry*, 12, 1164–1165.
- Tárrega, A., Durán, L., & Costell, E. 2004. Flow behaviour of semi-solid dairy desserts. Effect of temperature. *International Dairy Journal*. 14, 345-353
- Totosaus, A., Montejano, J. G., Salazar, J. A., & Guerrero, I. 2002. A review of physical and chemical protein-gel induction. *International Journal of Food Science and Technology*. 37, 589-601.
- Totosaus, A., Guerrero, I., and Montejano, J. G. 2005. Effect of added salt on textural properties of heat-induced gels made from gum–protein mixtures. *Journal of Texture Studies*. 36: 78–92.

- Tiu, C., and Boger, D. V. 1974. Complete rheological characterization of time dependent food products. *Journal of Texture Studies*. 5: 329–338.
- Williams, P. A., and Phillips, G. O. 2000. Introduction to food hydrocolloids. In: Phillips, G. O., and Williams, P. A. (Eds.), *Handbook of hydrocolloids*. CRC Press, New York, (pp. 1-19).
- Williams, P.A., Sayers, C., Viebke, C., Senan, C., Maoyer, J. & Boulenguer, P. 2005. Elucidation of the emulsification properties of sugar beet pectin. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. Vol. 53, No. 9, pp. 3592-3597
- Walstra, P. 1996. Dispersed systems: Basic considerations, in *Food Chemistry*. 3rd ed., Fennema, O.R., Ed., Marcel Dekker, New York, NY, Chap 3.
- Waldt, L. M. 1961. Technology of natural gums and stabilizers. *Food Process*. 22 (4), 122.
- Weltmann, R. N. 1943. Breakdown of thixotropic structure as function of time. *Journal of Applied Physics*, 14: 343–350.
- Wang, Q., and Cui, S.V. 2005. Understanding the physical properties of food polysaccharides. In: *Food Carbohydrates: Chemistry, physical properties, and applications*. Cui S.W. (Eds.), Taylor & Francis, New York, Chapter 4.
- Wang, Y., Li, D., Wang, L. J., Li, S. J., & Adhikari, B. 2010. Effects of drying methods on the functional properties of flaxseed gum powders. *Carbohydrate Polymers*. 81, 128e133.
- Williams, P. A., & Phillips, G. O. 2000. Introduction to food hydrocolloids. In G. O. Phillips, & P. A. Williams (Eds.), *Handbook of hydrocolloids* (pp. 1–19).Cambridge: Woodhead.
- Wong, R. J., Aguilar, M., Cheung, R., Perumpail, R. B., Harrison, S. A., Younossi, Z. M., & Ahmed, A. 2015. Nonalcoholic steatohepatitis is the second leading etiology of liver disease among adults awaiting liver transplantation in the United States. *Gastroenterology*, 148(3), 547-555.
- Wu, Y., Cui, S.W., Tang, J., and Gu, X. 2007. Optimization of extraction process of crude polysaccharides from boat-fruited sterculia seeds by response surface methodology. *Food Chemistry*, 105: 1599-1605.
- Xiao, J., Wang, X. A., Gonzalez, A. J. P., & Huang, Q. 2016. Kafirin nanoparticles-stabilized Pickering emulsions: Microstructure and rheological behavior. *Food Hydrocolloids*, 54:30-39
- Zeynalnia, M., Naji-Tabasib, S., Farahmandfar, R. 2019. Investigation of basil (*Ocimum bacilicum* L.) seed gum properties as Cryoprotectant for Frozen Foods. *Food Hydrocolloids*, 90: 305-312.

Abstract:

The aim of this study was to investigate the physicochemical and rheological properties of basil and cress gum and compare these properties with pectin gum. The results of flow behavior showed that the viscosity of basil and cress gum solutions decreased in all concentrations of 1 and 2% with increasing shear rate, which was indicative of pseudoplastic behavior. However, in the case of pectin, the viscosity of the solution did not decrease significantly with increasing shear rate. In principle, the viscosity of the pectin solution was independent of the shear rate and the behavior was almost Newtonian. The highest viscosity was observed in the 2% solution of basil gum. Also, the results of the oscillation test showed that at low frequencies, the storage modulus of basil and cress gum was higher than the loss modulus. But at higher frequencies, because the intermolecular forces of the gels were weak, these forces were broken and the viscous behavior prevailed over the elastic behavior. The results also showed that the loss and storage modulus of basil solutions were higher than cress gum solutions. The stability of emulsions prepared from basil and cress gum and pectin for 8 weeks was investigated. According to the results, the emulsifying properties of basil and cress gum were higher in both concentrations of 1 and 2% than pectin gum. Emulsion droplet measurements also showed that the lowest emulsion droplet size was related to pectin-stabilized emulsion. The results of foaming properties also showed that pectin gum had higher foaming properties than basil and cress gums. Texture profile analysis was performed for 9% gels of basil and cress gum. It should be noted that this test was not performed for pectin gum due to lack of gel formation. The results showed that the parameters of hardness, elasticity, chewiness and adhesion of basil seed gel were higher than cress and the parameters of cohesiveness and adhesion of basil and cress gel were not significantly different from each other.

Keywords: Basil, Cress, Pectin, Gum, Rheological properties, Emulsion, Gel



Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Food Industry

**Investigating the possibility of replacing pectin gum
with basil and cress seed gums in the food industries**

By: Atefe Hozhabr

Supervisor:

Dr. Ahmad Rajaei

Dr. Kambiz Jahanbin

September 2020