دانشگاه فردوسی مشهد
دانشکده کشاورزی
گروه علوم و صنایع غذایی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی خواص ویسکوالاستیک صمغ دانه های قدومه شیرازی و قدومه شهری

محمد علی حصاری نژاد

آذر ۱۳۹۱

دانشکده کشاورزی
گروه علوم و صنایع غذایی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی خواص ویسکوالاستیک صمغ دانه های قدومه شیرازی و قدومه شهری

محمد علی حصاری نژاد

استادان راهنما
دکتر آرش کوچکی
دکتر سید محمد علی رضوی

آذر ۱۳۹۱

دانشگاه فردوسی مشهد

دانشکده کشاورزی - گروه علوم و صنایع غذایی

از این پایان نامه کارشناسی ارشد توسط محمدعلی حصاری نژاد دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع غذایی در تاریخ ۱۳۹۱/۹/۲۹ در حضور هیات داوران دفاع گردید. پس از بررسی های لازم، هیات داوران این پایان نامه را با نمره عدد حروف و با درجه مورد تایید قرار داد.

عنوان پایان نامه: بررسی خواص ویسکوالاستیک صمغ دانه های قدومه شیرازی و قدومه شهری

سمت در هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	گروه	موسسه / دانشگاه	امضاء
داور	دکتر محبت محبی	دانشیار	علوم وصنایع غذایی	دانشکده کشاورزی/فردوسی مشهد	
داور	دکتر مسعود تقی زاده	استادیار	علوم وصنایع غذایی	دانشکده کشاورزی/فردوسی مشهد	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر فریده طباطبایی یزدی	دانشیار	علوم وصنایع غذایی	دانشکده کشاورزی/فردوسی مشهد	
استاد راهنما	دکتر آرش کوچکی	استادیار	علوم وصنایع غذایی	دانشکده کشاورزی/فردوسی مشهد	
استاد راهنما	دکتر سیدمحمدعلی رضوی	استاد	علوم وصنایع غذایی	دانشکده کشاورزی/فردوسی مشهد	

تعهدنامه

عنوان پایان نامه: بررسی خواص ویسکوالاستیک صمغ دانه های قدومه شیرازی و قدومه شهری

اینجانب محمدعلی حصاری نژاد دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی جناب آقای دکتر آرش کوچکی و جناب آقای دکتر سید محمد علی رضوی متعهد می شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد یگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

محمدعلی حصاری نژاد
۱۳۹۱/۹/۲۹

مالکیت نتایج و حق نشر

- **کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.**
- **استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.**

چکیده

خصوصیات رئولوژیکی دینامیک، ساختاری و حرارتی صمغ دانه های قدومه شیرازی و قدومه شهری در نسبت های مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین ساختار شیمیایی صمغ ها با آزمون FT-IR مشخص شد. در آزمون های رئولوژیکی دینامیک، ناحیه خطی ویسکوالاستیک هر دو صمغ در غلظت های بالا در ناحیه کرنش بیش از ۱٪ بدست آمد. در آزمون کرنش متغیر، با افزایش غلظت هر دو صمغ، مقدار هر دو مدول الاستیک و ویسکوز افزایش می یابد و فاصله بین دو مدول نیز بیشتر می شود، که نشان دهنده افزایش قدرت صمغ ها می باشد. در آزمون های فرکانس متغیر، کرنش ۰/۰۲ درصد و در آزمون های دما متغیر نیز مقدار کرنش ۰/۲ درصد استفاده گردید. در تمامی غلظت های هر دو صمغ، مدول G' همواره بزرگتر از G'' بود و در سرتاسر دامنه فرکانسی، وابستگی فرکانس کمی نشان دادند. همچنین محلول های صمغ دانه قدومه شهری و صمغ دانه قدومه شیرازی رفتاری مشابه ژل های ضعیف داشته و ویسکوزیته کمپلکس رابطه خطی با فرکانس دارد. با افزایش دما، مدول الاستیک افزایش و مدول ویسکوز مقداری کاهش می یابد. ولی در تمام دماهای مورد آزمون، همواره G' بالاتر از G'' بوده و وابستگی به فرکانس کمی نشان می دهند. این بدین معنی است که دیسپرسیون ها می توانند رفتار ژل ضعیف را حتی در دماهای بالا نشان دهند و ساختار آن ها نسبت به تغییرات دما حساسیت زیادی ندارد و می توانند ساختمان خود را حفظ نمایند؛ اما با افزایش دما اختلاف دو مدول بیشتر شده و قدرت ژل کمی افزایش می یابد. همچنین در آزمون حرارتی DSC نیز نقطه تشکیل ژل برای این دو صمغ یافت نشد. بررسی های آزمون دما متغیر نشان داد که با گرم کردن هر دو صمغ به صورت جداگانه، از ۵°C تا ۸۵°C سبب تشدید بر هم کنش های هیدروفوبی در محلول های صمغی شده و در نتیجه باعث افزایش مدول های الاستیک و ویسکوز و ویسکوزیته کمپلکس می شود. در مرحله سرد کردن نیز هر دو مدول الاستیک و ویسکوز با کاهش دما به طور ملایمی افزایش یافتند که نشان می دهد که استحکام محلول های صمغ هر دو دانه با سرد کردن بهبود می یابد. در طی مرحله نگه داشتن در دمای ثابت ۵°C به مقدار تقریبا ثابتی رسیدند و بنابراین نگه داشتن صمغ در دمای ۵°C تأثیری در افزایش مقاومت صمغ ندارد. سرعت های مختلف گرمایش – سرمایش نیز نشان داد که دمای نقطه عطف منحنی مدول های ویسکوالاستیک با کاهش سرعت گرمایش-سرمایش و افزایش غلظت صمغ ها، کاهش می یابد. به طور کلی نتایج این پایان نامه نشان داد که این دو صمغ پتانسیل گسترده ای برای کاربرد در فرمولاسیون های غذایی را دارد. طیف FT-IR نیز برای درک گروه های عاملی موجود در این دو صمغ انجام گرفت.

کلیدواژه ها: خواص حرارتی، خواص ویسکوالاستیک، فرکانس زاویه ای، قدومه شهری، قدومه شیرازی.

من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق

حمد و سپاس خدای را، او که نعمت آموختن به من عطا فرمود و مرا آموخت تا پاس بدارم و سپاس بگویم هر آنگه مرا می آموزد.

سپاسی به عدد تمام اشیاء که دانش تو بر آن احاطه دارد، سپاسی که حدش را پایانی و شماره آن را حسابی و پایان آن را نهایتی و مدت آن را انقطاعی نیست.

تقدیم به آستان ملکوتی ثامن الحجج علی ابن موسی الرضا(ع)؛ یاری دهنده دل های خستگان و پناه تنهایان

تقدیم به پدر و مادر عزیزم، که همچون خورشیدی به زندگی ام گرما بخشیدند و روح و جسمم را نوازش نمودند

و به سپاس تمام عشقی که نثارم کردند و تک تک ثانیه هایی که در این سفر پر فراز و نشیب تنهایم نگذاشتند.

تقدیم به خواهران مهربانم، که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بود و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات، و وجودشان مایه دلگرمی ام و شادی بخش و مایه آرامش من است.

با تشکر از معلمان عزیزی که نه تنها با آموختن علم، بلکه با آموزش روش درست آزاد اندیشیدن و پای بندی به اصول اخلاق حرفه ای، همواره انسانها را از آسیب کج فهمی، تعصب و گمراهی دور نگه داشته و راه زندگی درست و آزادگی را می آموزند. من همواره خود را به چنین معلمان ارزشمندی مدیون دانسته و با استفاده از این فرصت به ساحت آنان ادای احترام می کنم.

با تشکر و سپاس فراوان از **الگو و استادم جناب آقای دکتر آرش کوچکی (استاد محترم راهنما)**

که با راهنمایی های هوشمندانه خود، مرا به فراز قله های تحقیق رسانیده و همچون شمعی دلسوز، ذات نورانی محبت و علم و کمال خویش را فانوس راهم ساختند و مرا از فرود به فراز رسانیدند به پاس تمام لحظاتی که برای من وقت گذاشتند و بی تجربه گی های مرا با دلسوزی و مهربانی تحمل کردند.

استاد محترم و گرانمایه جناب آقای دکتر سید محمد علی رضوی (استاد محترم راهنما)

که همچون شمعی دلسوز تجلی بخش راه من تا رسیدن به قله حکمت بودند. او که رهنمودهایشان ذهن مرا برای مبارزه با تنبلی و سستی آماده ساخت. استادی حکیم که بذر علم را در ذهن من کاشت و آن را پرورانند. اخلاق و گذشت ایشان نسبت به شاگردانشان تحسین برانگیز و الهام بخش است و شاگردی در مکتب ایشان باعث افتخار من برای همیشه خواهد بود.

از اساتید بزرگوار **سرکار خانم دکتر محبت محبی و جناب آقای دکتر مسعود تقی زاده** به جهت زحمت داوری این پایان نامه کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از **سرکار خانم دکتر فریده طباطبایی یزدی** که نماینده تحصیلات تکمیلی در این دفاع بودند، صمیمانه سپاسگزارم. از آقای **مهندس اسعد محمدامین** که در تمام مراحل پژوهش، یار من بودند و از هیچ لطفی به من دریغ نکردند، کمال تشکر را دارم. مراتب تشکر و قدردانی خالصانه خود را از **جناب آقای مهندس قزوینی**، مسئول محترم آزمایشگاه فناوری های نوین در صنایع غذایی، **سرکار خانم آجری** و کلیه بزرگواران محترم گروه علوم و صنایع غذایی که در طول دوران تحصیل همواره از وجودشان بهره بردم، ابراز می دارم. در خاتمه از تمامی آنهاکه به من کلمه ای آموختند و بار علم را بی منت، بر دوشم نهادند، ممنون و سپاسگزارم.

محمد علی حصاری نژاد- آذر ماه هزار و سیصد و نود و یک هجری خورشیدی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه **۱**

۱- مقدمه ۱

فصل دوم: بررسی منابع **۸**

۲-۱- خواص رئولوژیکی دینامیک (اندازه گیری های نوسانی) ۸

۲-۲- آزمون های دینامیک در مواد ویسکوالاستیک ۱۰

۲-۳- دستگاه ها و ابزار های اندازه گیری در آزمون های دینامیک نوسانی ۱۹

۲-۴- انواع آزمون های اندازه گیری برشی نوسانی (دینامیک) ۲۱

۲-۴-۱- آزمون تنش / کرنش متغیر ۲۱

۲-۴-۲- آزمون فرکانس متغیر ۲۴

۲-۴-۳- آنالیز حرارتی- مکانیکی رئومتری ۲۹

۲-۵- آزمون کالریمتری روش افتراقی ۳۱

۲-۶- گیاه شناسی قدومه ۳۲

۲-۶-۱- قدومه شیرازی ۳۲

۲-۶-۲- قدومه شهری ۳۳

۲-۷- منشأ و روش استخراج (تولید) هیدروکلوئیدهای دانه گیاهان ۳۳

۲-۷-۱- شرایط استخراج ۳۴

۲-۷-۱-۱- قدومه شیرازی ۳۵

۲-۷-۱-۲- قدومه شهری ۳۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل سوم: مواد و روش ها **۳۹**

۳-۱- تهیه صمغ دانه های قدومه شیرازی و قدومه شهری ۳۹

۳-۲- آماده سازی محلول های صمغ دانه های قدومه شیرازی و قدومه شهری ۴۰

۳-۳- آزمون های رئولوژی دینامیکی صمغ دانه های قدومه شیرازی و قدومه شهری ۴۱

۳-۳-۱- آزمون های تنش متغیر و کرنش متغیر ۴۱

۳-۳-۲- آزمون های فرکانس متغیر ۴۲

۳-۳-۳- آزمون های دما متغیر ۴۳

۳-۴- اسپکتروسکوپی FT-IR ۴۳

۳-۵- آزمون گرما سنجی به روش افتراقی (DSC) ۴۴

فصل چهارم: نتایج و بحث **۴۵**

۴-۱- خواص ویسکوالاستیک صمغ دانه های قدومه شهری و قدومه شیرازی ۴۵

۴-۱-۱- تعیین ناحیه خطی ویسکوالاستیک ۴۵

۴-۱-۱-۱- آزمون های کرنش متغیر صمغ دانه قدومه شهری ۴۵

۴-۱-۱-۲- آزمون های کرنش متغیر صمغ دانه قدومه شیرازی ۵۰

۴-۱-۱-۳- آزمون های تنش متغیر صمغ دانه قدومه شهری ۵۴

۴-۱-۱-۴- آزمون های تنش متغیر صمغ دانه قدومه شیرازی ۵۶

۴-۱-۲- آزمون های فرکانس متغیر ۵۸

۴-۱-۲-۱- آزمون های فرکانس متغیر صمغ دانه قدومه شهری ۵۸

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۴-۱-۲-۲- آزمون های فرکانس متغیر صمغ دانه قدومه شیرازی ۶۴

۴-۱-۳- آزمون های دما متغیر صمغ دانه قدومه شهری ۷۰

۴-۲- اسپکتروسکوپی FT-IR ۸۳

۴-۲-۱- اسپکتروسکوپی FT-IR صمغ دانه قدومه شهری ۸۳

۴-۲-۲- اسپکتروسکوپی FT-IR صمغ دانه قدومه شیرازی ۸۵

۴-۳- آزمون گرما سنجی به روش افتراقی (DSC) ۸۷

فصل پنجم: نتیجه گیری کلی و پیشنهادها **۸۹**

۵-۱- نتیجه گیری کلی ۸۹

۵-۲- پیشنهادات ۹۱

منابع ۹۲

فهرست اسامی لاتین ۱۰۰

فهرست شکل ها

عنوان شکل	صفحه
شکل ۱-۱- مقایسه اثرات هیدراسیونی پلیمرهای خطی و شاخه دار با وزن ملکولی یکسان	۴
شکل۱-۲- ارزش تجارت جهانی هیدروکلوئیدها (الف) ؛ حجم تجارت جهانی هیدروکلوئیدها (ب).	۶
شکل۲-۱- نمایش کرنش و تنش برشی نوسانی سینوسی بر روی محور مکان (x یا kX) و محور زمان (t یا ωt)	۱۴
شکل۲-۲- برش نوسانی سینوسی و اختلاف فاز (زاویه) ورودی و پاسخ آن برای یک ماده الاستیک ایده آل، ویسکوز ایده آل و ویسکوالاستیک	۱۵
شکل ۴-۱- آزمون دامنه نوسانی (CSD) صمغ دانه قدومه شهری در غلظت ۳٪، دمای ۵°C و فرکانس ۱ هرتز (■:G'، □:G'' و Δ:tanδ)	۴۸
شکل ۴-۲- آزمون دامنه نوسانی (CSD) صمغ دانه قدومه شهری در غلظت ۳٪، دمای ۸۵°C و فرکانس ۱ هرتز (■:G'، □:G'' و Δ:tanδ)	۴۸
شکل ۴-۳- نمودار مدول ذخیره ای (G′) در برابر کرنش صمغ قدومه شهری (در غلظت های ۱/۵ و ۳٪، فرکانس ۱ هرتز و در دو دمای ۵°C و ۸۵°C)	۴۹
شکل ۴-۴- نمودار مدول اتلاف (G'') در برابر کرنش صمغ قدومه شهری (در غلظت های ۱/۵ و ۳٪، فرکانس ۱ هرتز و در دو دمای ۵°C و ۸۵°C)	۴۹
شکل ۴-۵- آزمون دامنه نوسانی (CSD) صمغ دانه قدومه شیرازی در غلظت ۳٪، دمای ۵°C و فرکانس ۱ هرتز (■:G'، □:G'' و Δ:tanδ)	۵۲
شکل ۴-۶- آزمون دامنه نوسانی (CSD) صمغ دانه قدومه شیرازی در غلظت ۳٪، دمای ۸۵°C و فرکانس ۱ هرتز (■:G'، □:G'' و Δ:tanδ)	۵۲
شکل ۴-۷- نمودار مدول ذخیره ای (G′) و مدول اتلاف (G'') در برابر کرنش صمغ قدومه شیرازی (در غلظت های ۱/۵ تا ۳٪، فرکانس ۱ هرتز و در دمای ۵°C)	۵۳

فهرست شکل ها

عنوان شکل	صفحه
شکل ۴-۸- تغییرات مدول الاستیک (توپر) و ویسکوز (توخالی) در آزمون تنش متغیر (CSS) صمغ دانه قدومه شهری در دمای ۵°C در دو غلظت ۱/۵ و ۳٪	۵۵
شکل ۴-۹- تغییرات مدول الاستیک (توپر) و ویسکوز (توخالی) در آزمون تنش متغیر (CSS) صمغ دانه قدومه شهری در دمای ۸۵°C در دو غلظت ۱/۵ و ۳٪	۵۶
شکل ۴-۱۰- تغییرات مدول الاستیک (تو پر) و ویسکوز (تو خالی) در آزمون تنش متغیر (CSS) صمغ دانه قدومه شیرازی در غلظت های ۲/۵ و ۳٪ در دمای ۵ درجه سانتیگراد	۵۷
شکل ۴-۱۱- تغییرات مدول الاستیک (تو پر) و ویسکوز (تو خالی) در آزمون تنش متغیر (CSS) صمغ دانه قدومه شیرازی در غلظت های ۱/۵ و ۲٪ در دمای ۵ درجه سانتیگراد	۵۷
شکل ۴-۱۲- نمودار ویسکوزیته کمپلکس (η*) در برابر فرکانس صمغ قدومه شهری (در غلظت های ۱/۵، ۲، ۲/۵ و ۳٪ در کرنش ۰/۰۲ درصد و در دو دمای ۵°C و ۸۵°C)	۵۹
شکل ۴-۱۳- نمودار مدول ذخیره ای (G′) و مدول اتلاف (G″) در برابر فرکانس صمغ قدومه شهری (در غلظت های ۱/۵، ۲، ۲/۵ و ۳٪ در کرنش ۰/۰۲ درصد و در دمای ۵°C)	۶۰
شکل ۴-۱۴- نمودار مدول ذخیره ای (G′) و مدول اتلاف (G″) در برابر فرکانس صمغ قدومه شهری (در غلظت های ۱/۵، ۲، ۲/۵ و ۳٪ در کرنش ۰/۰۲ درصد و در دمای ۸۵°C)	۶۰
شکل ۴-۱۵- نمودار مدول ذخیره ای (G′) و مدول اتلاف (G″) در برابر فرکانس صمغ قدومه شیرازی (در غلظت های ۱/۵، ۲، ۲/۵ و ۳٪ در کرنش ۰/۰۲ درصد و در دمای ۵°C)	۶۵
شکل ۴-۱۶- نمودار مدول ذخیره ای (G′) و مدول اتلاف (G″) در برابر فرکانس صمغ قدومه شیرازی (در غلظت های ۱/۵، ۲، ۲/۵ و ۳٪ در کرنش ۰/۰۲ درصد و در دمای ۸۵°C)	۶۶

فهرست شکل ها

عنوان شکل	صفحه
شکل ۴-۱۷- نمودار ویسکوزیته کمپلکس (η*) در برابر فرکانس صمغ قدومه شیرازی (در غلظت های ۱/۵، ۲، ۲/۵ و ۳٪ در کرنش ۰/۰۲ درصد و در دو دمای ۵°C و ۸۵°C)	۶۷
شکل ۴-۱۸- تغییرات مدول الاستیک در غلظت های مختلف صمغ دانه قدومه شهری طی مراحل مختلف گرم کردن و سرکردن و نگه داشتن در دماهای ثابت ۵ و ۸۵°C (کرنش ثابت ۰/۲٪، فرکانس ۱هرتز با سرعت افزایش و کاهش دمای ۱°C/min)	۷۱
شکل ۴-۱۹- تغییرات مدول ویسکوز در غلظت های مختلف صمغ دانه قدومه شهری طی مراحل مختلف گرم کردن و سرکردن و نگه داشتن در دماهای ثابت ۵ و ۸۵°C (کرنش ثابت ۰/۲٪، فرکانس ۱هرتز با سرعت افزایش و کاهش دمای ۱°C/min)	۷۱
شکل ۴-۲۰- تغییرات مدول الاستیک و ویسکوز به عنوان تابعی از زمان در غلظت ۱/۵٪ محلول صمغ دانه قدومه شهری طی مرحله گرم کردن و نگه داشتن در دمای ۸۵°C به مدت ۲۰ دقیقه (کرنش ثابت ۰/۲٪، فرکانس ۱هرتز با سرعت افزایش و کاهش دمای ۱°C/min)	۷۳
شکل ۴-۲۱- تغییرات مدول الاستیک و ویسکوز به عنوان تابعی از زمان در غلظت ۱/۵٪ محلول صمغ دانه قدومه شهری طی مرحله سرد کردن و نگه داشتن در دمای ۵°C به مدت ۲۰ دقیقه (کرنش ثابت ۰/۲٪، فرکانس ۱هرتز با سرعت افزایش و کاهش دمای ۱°C/min)	۷۳
شکل ۴-۲۲- تغییرات مدول الاستیک در آزمون دما متغیر برای محلول ۳٪ صمغ دانه قدومه شهری در سرعت های افزایش و کاهش دمای متفاوت (توپر: سرد کردن، تو خالی: گرم کردن)	۷۴
شکل ۴-۲۳- تغییرات مدول الاستیک محلول ۱/۵٪ صمغ دانه قدومه شیرازی در آزمون دما متغیر در سرعت های مختلف تغییر دما	۷۸

فهرست شکل ها

عنوان شکل	صفحه
شکل ۴-۲۴– تغییرات مدول الاستیک محلول ۲٪ صمغ دانه قدومه شیرازی در آزمون دما متغیر در سرعت های مختلف تغییر دما	۷۸
شکل ۴-۲۵– تغییرات مدول الاستیک محلول ۲/۵٪ صمغ دانه قدومه شیرازی در آزمون دما متغیر در سرعت های مختلف تغییر دما	۸۰
شکل ۴-۲۶– تغییرات مدول الاستیک محلول ۳٪ صمغ دانه قدومه شیرازی در آزمون دما متغیر در سرعت های مختلف تغییر دما	۸۱
شکل ۴-۲۷- نمودار طیف جذب اسپکتروسکوپی FT-IR صمغ دانه قدومه شهری	۸۳
شکل ۴-۲۸- نمودار طیف جذب اسپکتروسکوپی FT-IR صمغ دانه قدومه شیرازی	۸۴
شکل ۴-۲۹- نمایش طیف حرارتی آزمون گرما سنجی به روش افتراقی (DSC) صمغ دانه قدومه شیرازی در سه سیکل گرم کردن – سرد کردن – گرم کردن	۸۵
شکل ۴-۳۰- نمایش طیف حرارتی آزمون گرما سنجی به روش افتراقی (DSC) صمغ دانه قدومه شهری در سه سیکل گرم کردن – سرد کردن – گرم کردن	۸۶

فهرست جدول ها

عنوان جدول	صفحه
جدول۱-۱- تقسیم بندی هیدروکلوئیدهای خوراکی بر اساس منشأ آن ها	۲
جدول۲-۱- انواع آزمون های اندازه گیری برشی نوسانی	۲۰
جدول ۴-۱- تأثیر غلظت صمغ بر ناحیه خطی ویسکوالاستیک (LVE) صمغ دانه های قدومه شهری و قدومه شیرازی	۵۴
جدول ۴-۲- مدول ذخیره (G')، مدول اتلاف (G'') و ویسکوزیته مرکب (η^*) صمغ قدومه شهری به عنوان تابعی از غلظت و دما (فرکانس ۱/۵۸ هرتز)	۶۳
جدول ۴-۳- مدول ذخیره (G')، مدول اتلاف (G'') و ویسکوزیته مرکب (η*) صمغ قدومه شیرازی به عنوان تابعی از غلظت و دما (فرکانس ۱ هرتز)	۶۸
جدول ۴-۴– مقادیر n'، n''، k' و k'' برای صمغ دانه قدومه شهری به عنوان تابعی از دما و غلظت	۶۹
جدول ۴-۵– مقادیر n'، n''، k' و k'' برای صمغ دانه قدومه شیرازی به عنوان تابعی از دما و غلظت	۷۰
جدول ۴-۶- نمایش گروه های عاملی متناظر با طول موج های جذب اسپکتروسکوپی FT-IR صمغ دانه قدمه شهری	۸۴
جدول ۴-۷- نمایش گروه های عاملی متناظر با طول موج های جذب اسپکتروسکوپی FT-IR صمغ دانه قدمه شیرازی	۸۶

فهرست علائم و اختصارها

معادل فارسی	معادل انگلیسی	علامت
ویسکوزیته مرکب	Complex viscosity	η^*
فرکانس	Frequency	f
ضریب قوام	Consistency coefficient	k
شاخص رفتار جریان	Flow behavior index	n
سرعت برشی	Shear rate	γ
تنش برشی	Shear stress	τ
فرکانس زاویه ای	Angular Frequency	ω
صمغ دانه قدومه شیرازی	*Alyssum homolocarpum* seed gum	AHSG
فرکانس متغیر	Frequency Sweep	F-S
مدول ذخیره (الاستیک)	Storage modulus	G’
مدول افت (ویسکوز)	Loss modulus	G”
هرتز	Hertz	Hz
صمغ دانه قدومه شهری	*Lepidium perfoliatum* seed gum	LPSG
ناحیه خطی ویسکوالاستیک	Linear ViscoElastic Region	LVE
پی اچ	Potential of hydrogen	pH
کرنش متغیر	Strain Sweep	s-S
تنش متغیر	Stress Sweep	S-S
دمای مطلق	Absolute temperature	T
زمان	Time	T
تانژانت اتلاف	Loss tangent	$\tan\delta$
دما متغیر	Temperature Sweep	T-S
حجم	Volume	V
وزن	Weight	W

فصل اول: مقدمه

۱- مقدمه

هیدروکلوئیدها از هزاران سال پیش شناخته شده و به زندگی بشر راه یافتند، استفاده از صمغ ها به دوران زندگی بشر در غارها بر می گردد. غارنشینان برای چسباندن گل های نقاشی به دیوار از ترکیبات صمغی استفاده می کردند و مصری ها در سال های ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ قبل از میلاد در ترکیبات رنگی که برای تزئین خانه هایشان بکار می بردند، از صمغ ها استفاده می کردند. کاربرد صمغ های گیاهی مثل صمغ عربی در رنگ های نقاشی امروزه نیز متداول است، علاوه بر این در منابع تاریخی ذکر شده که مصریان باستان برای مومیایی کردن نیز از صمغ استفاده می کردند. گزارش هایی در تأیید استفاده از صمغ های دریایی در سال های ۶۰۰ تا ۸۰۰ قبل از میلاد در غذاهای بومی مردم کشورهای شرقی وجود دارد (گلیکزمن، ۱۹۸۲).

علاوه بر خاصیت چسبندگی و چسبناکی، صمغ ها به دلیل ویژگی های ژل کنندگی و غلیظ کنندگی نیز شناخته می شوند. امروزه صمغ ها به دلیل اهداف کاربردی به دو دسته محلول و غیرمحلول در آب تقسیم شده اند. ترشحات غیرمحلول در آب تحت عنوان رزین و مواد محلول در آب تحت عنوان صمغ شناخته می شدند، ولی به تدریج واژه علمی تری به نام کلوئیدهای هیدروفیلیک جایگزین شد و به طور کلی تحت عنوان هیدروکلوئیدها شناخته می شوند.

صمغ ها، کلوئیدهای آبدوست، هیدروکلوئیدها و موسیلاژها، پلیمرهای هیدروفیل با وزن مولکولی بالا هستند که در صنعت جهت بهبود بافت، طعم و زمان ماندگاری مواد غذایی به کار می روند. این مواد سالیان متمادی است که به شکل ترشحات درختان و بوته ها، عصاره گیاهان و جلبک‌های دریایی، آرد دانه ها یا بذرها، لعاب های چسبناک حاصل از فرآیند تخمیر و بسیاری از فرآورده‌های طبیعی دیگر یافت می شوند. در سال های اخیر، صمغ‌های جدید و اصلاح شده از طریق تغییرات شیمیایی و مشتق سازی صمغ‌های طبیعی به وجود آمده اند. علاوه بر این، برخی صمغ‌های جدید از طریق روش‌های کاملاً شیمیایی جهت ایجاد پلیمرهای جدید با قابلیت‌های هیدروفیلی کاملاً نوین ایجاد شده اند. طبقه بندی جدید صمغ‌های خوراکی یا هیدروکلوئیدها بر اساس منشأ و منبعی که از آن استخراج می شوند، در جدول ۱-۱ نشان داده شده است (گلیکزمن،۱۹۸۲).

جدول۱-۱- تقسیم بندی هیدروکلوئیدهای خوراکی بر اساس منشأ آن ها (گلیکزمن،۱۹۸۲)

ترشحات گیاهی	عصاره جلبک‌های دریایی	دانه‌های گیاهان	فرآورده‌های تخمیری	صمغ اصلاح شده با روش‌های شیمیایی	صمغ‌های سنتزی
عربی	آگار	گوار	دکستران	مشتقات سلولز	پلی وینیل پیرولیدن
کتیرا	آلژینات	لوبیای لوکاست	زانتان	کربوکسی متیل سلولز	پلیمرهای کربوکسی وینیل
کارایا	کاراجینان	نشاسته	کوردلان	هیدروکسی پروپیل سلولز	پلیمرهای پلی اتیلن اکسید
گاتی	فورسلاران	سلولز		هیدروکسی پروپیل متیل سلولز	

همانطور که ذکر شد، هیدروکلوئیدها بیوپلیمرهای آب دوستی هستند که ساختمان پلی ساکاریدی یا پروتئینی دارند و امروزه به دلیل ویژگی های عملکردی[1] مناسب درصنایع مختلف بسیار گسترش یافته اند. مهمترین ویژگی های عملکردی آن ها قوام دهندگی، ژل سازی، ایجاد دیسپرسیون و امولسیون، جلوگیری از

[1] Functional properties

تشکیل کریستال های یخ و شکر، کنترل آزاد شدن طعم، جایگزین چربی، پوشش دهندگی، کپسولاسیون، پایدار کنندگی و کمک به تشکیل وپایداری کف ها هستند (ویلیامز و فیلیپ، ۲۰۰۰؛ بوری و همکاران، ۲۰۰۸).

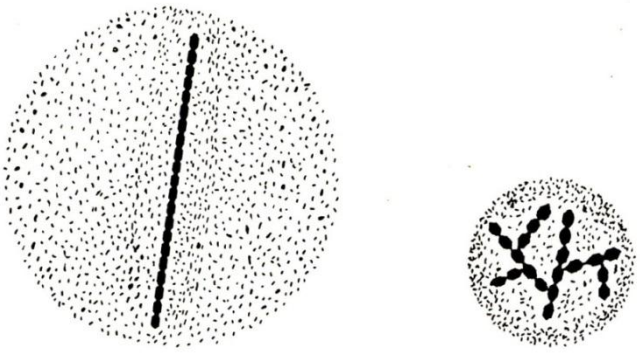
هیدروکلوئیدها در غذاهای رژیمی کاربرد گسترده ای دارند. این مواد اثر مستقیم بر طعم و عطر مواد غذایی ندارند ولی قادر به تشکیل ژل، نگهداری آب، تثبیت امولسیون و نگهداری طعم در این فراورده ها می باشند (بای و همکاران، ۱۹۷۸؛ کرومل و سارکار، ۱۹۷۵؛ اسپیر و تانگ، ۱۹۸۶). هیدروکلوئیدها به طور طبیعی دارای منشا گیاهی، حیوانی، میکروبی و جلبکی می باشند.

تفاوت عمده در خصوصیات کارکردی پلیمرهای مختلف به ساختار شیمیایی و حساسیت آن ها به شرایط محلول (pH، قدرت یونی، وجود یون های خاص) بستگی دارد. خواص عملکردی یک پلیمر خاص در مواد غذایی به واکنش های بین این ماده با سایر ترکیبات ماده غذایی (پروتئین‌ها، لیپیدها، پلی ساکاریدها، قندها و نمک ها) نیز وابسته است (دیکینسون، ۲۰۰۳).

در حالی که همه صمغ ها ویسکوزیته محلول های آبی را افزایش داده و آن را غلیظ می کنند، برخی از صمغ ها قادر به تشکیل ژل می باشند. ژله ای شدن پدیده ای است که مستلزم به هم پیوستگی یا ایجاد پیوندهای عرضی میان زنجیره های پلیمری برای تشکیل یک شبکه ی بهم پیوسته ی سه بعدی می باشد. این شبکه به منظور تشکیل یک ساختار سخت که مقاوم به جریان یافتن تحت تأثیر فشار است، آب را به تله انداخته یا تثبیت می کند. فقط تعداد محدودی از صمغ ها قادر به تشکیل ژل هستند و در این بین نوع ژل حاصل و بافت آن به طور بسیار گسترده ای متفاوت هستند (گلیکزمن، ۱۹۸۲).

پلی ساکاریدها ممکن است همو یا هتروپلیمرها شامل واحدهای قندی یکسان یا متفاوت باشند. این پلیمرها به صورت خطی یا شاخه دار و باردار و بدون بار می باشند. برخی صمغ ها تحت تأثیر شرایط محیطی ساختمانشان ایجاد تغییر می شود. برای مثال، برخی هیدروکلوئیدها در دماهای بالا ساختار مارپیچ تصادفی دارند، اما برخی دیگر در دماهای پایین مارپیچ های منظم ایجاد می کنند. این بررسی رابطه معماری مولکولی را با خواص عملکردی هیدروکلوئیدها نشان می دهد (ویلیامز و فیلیپس، ۲۰۰۷).

بعضی از پلی ساکاریدها به دلیل دارا بودن گروه های کربوکسیل، گروه های سولفات یا گروه های فسفات طبیعت آنیونی دارند و دارای خاصیت اسیدی اند. بعضی دیگر از پلی ساکاریدها ممکن است خواص کاتیونی نشان بدهند و حاوی گروه های آمینی باشند. یک پلی ساکارید خطی با وزن ملکولی یکسان نسبت به پلی ساکارید شاخه‌دار، ویسکوزیته بالاتری را نشان می دهد این امر به این دلیل است که جذب آب ملکول خطی در محلول در مقایسه با پلیمرهای شاخه‌دار و بوته‌ای با همان وزن ملکولی منطقه وسیعتر و حجم بیشتری را در بر می‌گیرد (شکل ۱-۱). بنابراین، ملکول های خطی راحت‌تر با یکدیگر اتصال و ارتباط برقرار می‌کنند و در غلظت های پایین تر ویسکوزیته محلول را نسبت به ملکولهای شاخه‌دار افزایش می دهند. پلی ساکاریدهای خطی یا غیرمحلولند یا تحت شرایط ویژه‌ای می توانند حل شوند. این قبیل ملکول ها معمولاً پلی ساکاریدهای هموگلیکان هستند که از یک نوع قند تشکیل شده‌اند. ساختارهای شاخه‌دار در مقایسه با پلی ساکاریدهای خطی تمایل به ایجاد محلول هایی با ویسکوزیته کم دارند. به هرحال این محلول ها تمایل به پایداری بیشتر دارند و از محلول خارج نمی‌شوند و رسوب نمی‌کنند. ملکول های پرشاخه نظیر صمغ عربی یا آمیلوپکتین به دلیل تمایل بالا به آب دارای ویژگیهای بسیار عالی و چسبندگی هستند.



شکل ۱-۱- مقایسه اثرات هیدراسیونی پلیمرهای خطی و شاخه دار با وزن ملکولی یکسان

هیدروکلوئیدها عموما به دلیل خواص عملکردی شان در فرآورده های غذایی مورد استفاده قرار می گیرند. در صورتی که هیدروکلوئیدها برای اصلاح خصوصیات بافتی مواد غذایی بکار روند خواص رئولوژیکی آن

ها اهمیت ویژه ای دارد. داده های رئولوژیکی برای محاسبات در هر فرایندی که شامل جریان مایع باشد (مثل پمپ کردن، استخراج، فیلتراسیون، اکستروژن و خالص سازی) مورد نیاز بوده و نقش مهمی در آنالیز شرایط جریان در فرایندهای غذایی نظیر پاستوریزاسیون، اواپراسیون و خشک کردن دارند (مارکوت و همکاران، ۲۰۰۱a).

به طور کلی در علم مطالعه رفتار هیدروکلوئیدها دو نوع رفتار رئولوژیکی جریان (ویسکوزیته) و ویسکوالاستیک مورد بررسی قرار می گیرد. خواص ویسکوالاستیک بر پارامترهایی از قبیل نیروی لازم جهت برداشت صمغ از مخازن، انتقال صمغ بین بخش های مختلف خط تولید، میزان صمغی که غلطک ها در خط تولید می توانند برداشت کنند، پخش شدن آن، شبه مایع یا شبه جامد بودن آن و نیز کیفیت محصول نهایی موثر است. از طرفی اندازه گیری خواص ویسکوالاستیک معیاری برای تعیین میزان بر هم کنش بین مولکولی و بین فازی ماده می باشد.

استفاده از هیدروکلوئیدها در صنایع غذایی در سال های اخیر به شدت گسترش یافته است. اگرچه از هیدروکلوئیدها در غلظت های کم استفاده می شود؛ اما همین مقادیر جزئی به شدت ویژگی های بافتی و احساس دهانی محصول را تحت تاثیر قرار می دهد. از هیدروکلوئیدها در مواد غذایی مختلف نظیر محصولات قنادی مانند کیک، محصولات لبنی، مربا، آشامیدنی ها، چاشنی ها، غذاهای آماده، ژله ها، محصولات گوشتی، سس ها، محصولات منجمد و غیره می توان استفاده نمود. به عنوان مثال استفاده از صمغ آگار و گوار به عنوان جایگزین چربی و افزاینده ی ویسکوزیته در سس مایونز کم چرب در جمله‌ی این کاربردهاست.

انتخاب یک هیدروکلوئید با توجه به ویژگیهای کاربردی و قیمت آن صورت می گیرد (ویلیامز و فیلیپ، ۲۰۰۰). بازار جهانی هیدروکلوئیدها در حدود ۴/۴ میلیارد دلار در سال با حجم کلی ۲۶۰/۰۰۰ تن برآورد شده است. رشد مصرف این افزودنی ها در دهه ۱۹۹۰، ۳-۲ درصد بوده است. نمای کلی از بازار هیدروکلوئیدها در شکل ۱-۲ ارائه شده است (فیلیپس و ویلیامز، ۲۰۰۰).