



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته علوم و صنایع غذایی

بررسی تأثیر امواج فراصوت بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی محلول‌ها و ژل‌های
کاراگینان

به کوشش

رضوان عزیزی

استاد راهنما:

دکتر عسگر فرحناکی

بهمن ماه ۱۳۹۱

صلى الله عليه وسلم

به نام خدا

اظهارنامه

اینجانب رضوان عزیزی (۸۹۰۶۰۱) دانشجوی رشته علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی اظهار می‌کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظهار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فردی و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: رضوان عزیزی

تاریخ و امضاء: ۱۳۹۱/۱۱/۷

به نام خدا

بررسی تأثیر امواج فراصوت بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی محلول ها و ژل های
کاراگینان

به کوشش

رضوان عزیزی

پایان نامه ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی از فعالیت های
تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته ی:

علوم و صنایع غذایی

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته پایان نامه، با درجه ی: عالی

دکتر عسگر فرحناکی، دانشیار بخش علوم و صنایع غذایی دانشگاه شیراز (رئیس کمیته).....

دکتر مهسا مجذوبی، دانشیار بخش علوم و صنایع غذایی دانشگاه شیراز.....

مهندس غلامرضا مصباحی، استادیار بخش علوم و صنایع غذایی دانشگاه شیراز.....

دکتر ندا مفتون آزاد، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس.....

بهمن ماه ۱۳۹۱

سپاسگزاری

سپاس فراوان پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

اکنون در آستانه راهی نو، بر خود لازم می دانم سپاسگزار تمام عزیزانی باشم که در برابر سختی ها و ناملایمات روزگار یاری ام نموده اند.

سپاس فراوان،

از پدرم که بی نیازیم آموخت و مادرم که به من درس محبت داد.

و مراتب سپاس صمیمانه خود را از استاد راهنمای خوبم، جناب آقای دکتر عسگر فرحناکی دارم که در تمام مراحل تحصیل همواره مشوق و پشتیبان مطمئن برایم بوده و با رهنمودهای ارزنده خود راهگشای این جانب بوده است.

و همچنین کمال تشکر را از استادان مشاور این پایان نامه، سرکار خانم دکتر مهسا مجذوبی، جناب آقای مهندس غلامرضا مصباحی و سرکار خانم دکتر ندا مفتون آزاد دارم.

چکیده

بررسی تأثیر امواج فراصوت بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی محلول‌ها و ژل‌های کاراگینان

به کوشش

رضوان عزیزی

در این تحقیق تشکیل ژل از هیدروکلوئید کاپاکاراگینان بوسیله امواج فراصوت و بدون استفاده از حرارت دادن با موفقیت به انجام رسید. پیش از تحقیق حاضر گزارش مکتوبی در این زمینه در دسترس نمی‌باشد. به منظور تشکیل ژل از دیسپرسیون‌های کاپاکاراگینان توسط تیمار فراصوت، از دستگاهی با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز با توان ۱۰۰ وات و دامنه ۱۰۰ درصد استفاده شد. دیسپرسیون‌های کاپاکاراگینان در غلظت ۰/۴٪، در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و برای مدت زمان‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۳۰۰، ۶۰۰، ۹۰۰ و ۱۲۰۰ ثانیه تحت تیمار فراصوت قرار گرفتند.

با افزایش زمان اعمال فرایند فراصوت، میزان جذب آب و حلالیت در آب نمونه‌ها، افزایش و ویسکوزیته ذاتی آن‌ها کاهش یافت. برای بررسی قدرت ژل نمونه‌ها، پس از تهیه ژل ۰/۴٪، از آزمون TPA استفاده شد. افزایش مدت زمان اعمال فرایند فراصوت بعد از یک مدت زمان مشخص (معمولاً ۵ دقیقه) باعث کاهش پارامترهای بافتی ژل‌ها شد. جهت بررسی تغییرات مولکولی کاپاکاراگینان در اثر اعمال فرایند فراصوت، بعد از حل کردن نمونه‌ها در آب، ویسکوزیته ذاتی آن‌ها به کمک ویسکومتر استوالد اندازه‌گیری شد. افزایش مدت زمان اعمال فرایند فراصوت، موجب کاهش ویسکوزیته ذاتی نمونه‌ها و در نتیجه کاهش وزن مولکولی نسبی پلیمر شد.

تصاویر به دست آمده از میکروسکوپ الکترونی SEM، نشان داد که در اثر اعمال فرایند فراصوت تا مدت زمان ۵ دقیقه برای نمونه‌هایی که نمک موجود در محیط پتاسیم کلرید باشد و تا زمان ۱ دقیقه برای نمونه‌هایی که نمک موجود در محیط سدیم کلرید باشد باعث افزایش پیوستگی بافت می‌شود و در نتیجه شبکه‌ای یکدست و به هم پیوسته ایجاد می‌شود که چنین شبکه‌ای را در نمونه‌های کنترل نمی‌توان مشاهده کرد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ع ۱	فصل اول: مقدمه.....
۱ - ۱	۱-۱- هیدروکلوئیدها.....
۲	۲-۱- ساختار هیدروکلوئیدها.....
۳	۳-۱- رفتار هیدروکلوئیدها در محلولهای آبی.....
۴	۴-۱- کاراگینان.....
۴-۱-۱	۱-۴-۱- منشاء و ترکیب شیمیایی کاراگینان.....
۴-۱-۲	۲-۴-۱- انواع کاراگینان.....
۴-۱-۳	۳-۴-۱- برهمکنش مولکولی در کاراگینان.....
۴-۱-۵	۵-۱- ویژگی های محلول های کاراگینان.....
۴-۱-۶	۶-۱- ویژگی های ژل کاراگینان.....
۴-۱-۷	۷-۱- دستگاه فراصوت.....
۴-۱-۷-۱	۱-۷-۱- امواج فراصوت و اصول آن در تکنولوژی غذا.....
۴-۱-۷-۲	۲-۷-۱- مکانیسم عمل امواج فراصوت توانی.....
۴-۱-۷-۲	۲-۷-۲- مروری بر پژوهش های پیشین.....
۴-۱-۷-۲-۱	۱-۲- تأثیر امواج فراصوت بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی صمغ ها.....
۴-۱-۷-۲-۲	۲-۲- بررسی تأثیر نمک های مختلف بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی هیدروکلوئیدها.....
۴-۱-۷-۳	۳- مواد و روشها.....
۴-۱-۷-۳-۱	۱-۳- طرح کلی پژوهش.....
۴-۱-۷-۳-۲	۲-۳- مواد و وسایل مورد استفاده.....

- ۳-۲-۱- مواد مورد استفاده ۳۰
- ۳-۳-۳- روش ها..... ۳۰
- ۳-۳-۱- آماده سازی محلول هیدرو کلئید کاپاکاراگینان..... ۳۰
- ۳-۳-۲- اعمال امواج فراصوت به دیسپرسیونهای کاپاکاراگینان..... ۳۱
- ۳-۴-۴- بررسی ویژگی های رئولوژیکی محلول های تهیه شده از کاپاکاراگینان..... ۳۲
- ۳-۴-۱- اندازه گیری ویسکوزیته ظاهری محلول های کاپاکاراگینان..... ۳۲
- ۳-۴-۲- اندازه گیری قدرت ژل..... ۳۳
- ۳-۴-۳- آزمایش تنش _ آسایش..... ۳۴
- ۳-۴-۴- تعیین غلظت بحرانی..... ۳۴
- ۳-۴-۵- اندازه گیری ویسکوزیته ذاتی محلول های کاپاکاراگینان..... ۳۴
- ۳-۵- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روشی SEM..... ۳۵
- ۴- نتایج و بحث..... ۳۷
- ۴-۱- بررسی خواص رئولوژیکی محلولهای کاپاکاراگینان..... ۳۷
- ۴-۱-۱- تأثیر زمان اعمال امواج فراصوت بر رفتار رئولوژیکی محلولهای کاپاکاراگینان..... ۴۳
- ۴-۱-۲- تأثیر حضور و یا عدم حضور نمک هنگام اعمال امواج فراصوت بر رفتار رئولوژیکی محلولهای کاپاکاراگینان..... ۴۶
- ۴-۲- خصوصیات مکانیکی ژلهای کاپاکاراگینان..... ۵۴
- ۴-۲-۱- سفتی بافت..... ۵۵
- ۴-۲-۲- پیوستگی بافت..... ۶۰
- ۴-۲-۳- ارتجاع پذیری بافت..... ۶۲
- ۴-۲-۴- صمغی بودن بافت..... ۶۶
- ۴-۲-۵- مقاومت به جویدن..... ۶۸
- ۴-۳- آزمون تنش آسایی..... ۷۲

- ۴-۴- تعیین غلظت بحرانی کاپاکاراگینان در حضور نمک پتاسیم کلرید..... ۸۱
- ۴-۵- اثر مدت زمان اعمال امواج فراصوت بر ویسکوزیته ذاتی محلولهای کاپاکاراگینان..... ۸۲
- ۴-۶- تأثیر زمان اعمال امواج فراصوت بر وزن مولکولی نسبی محلولهای کاپاکاراگینان..... ۸۶
- ۴-۷- تصاویر میکروسکوپ الکترونی زللهای کاپاکاراگینان..... ۸۹
- ۵- نتیجه گیری کلی و پیشنهادات..... ۹۸
- ۵-۱- نتیجه گیری کلی..... ۹۸
- فهرست منابع..... ۱۰۱

فهرست شکل ها و نمودارها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- هیدرولوئیدهای مهم تجاری و منابع آن ها.....	۱
شکل ۲-۱- باند گلیکوزیدی (۱-۴) β بین مونومرهای گالاکتوز و انهیدرو گالاکتوز در کاراگینان ...	۴
شکل ۳-۱- ساختار مولکولی کاپا، آیوتا و لامبدا کاراگینان.....	۶
شکل ۴-۱- نحوه برهمکنش یونهای K^+ و Ca^{++} در تشکیل ژل کاراگینان (DT- سرد شدن) و (DT+ گرم شدن).....	۸
شکل ۱- ۵- شبیه سازی تأثیر امواج فراصوت بر محیط آبی، امواج در هر مدل از چپ به راست حرکت میکنند، لحظه ابتدایی اعمال فشار صوتی (a) پس از اعمال فشار صوتی (b).....	۱۲
شکل ۱- ۶- مکانیسم عمل کاویتاسیون امواج فراصوت.....	۱۳
نمودار ۱- ۴- تغییرات ویسکوزیته ظاهری- سرعت برشی (A) و تنش برشی- سرعت برشی (B) نمونه محلول کاپاکاراگینان در عدم حضور نمک پتاسیم کلرید هنگام اعمال تیمار فراصوت برای مدت زمان ۱ دقیقه.....	۳۹
نمودار ۲- ۴- تغییرات (a) تنش برشی و (b) ویسکوزیته ظاهری نمونه های فراصوت- پتاسیم کلرید در برابر سرعت برشی غلظت ۰/۴٪ صمغ کاپاکاراگینان در حضور ۰/۱۲٪ نمک پتاسیم کلرید در برابر افزایش زمان صوت دهی.....	۴۴
نمودار ۳- ۴- تغییرات (a) تنش برشی و (b) ویسکوزیته ظاهری نمونه های فراصوت- سدیم کلرید در برابر سرعت برشی غلظت ۰/۴٪ صمغ کاپاکاراگینان در حضور ۰/۱۲٪ نمک سدیم کلرید در برابر افزایش زمان صوت دهی.....	۴۵
نمودار ۴- ۴- منحنی ویسکوزیته-سرعت برشی محلول ۰/۴٪ کاپاکاراگینان تیمار شده با امواج فراصوت در حضور و یا عدم حضور نمک پتاسیم کلرید هنگام اعمال امواج فراصوت برای مدت زمان ۵ ثانیه (A) و ۱۰ ثانیه (B).....	۴۸
نمودار ۵- ۴- منحنی ویسکوزیته- سرعت برشی محلول ۰/۴٪ کاپاکاراگینان تیمار شده با امواج فراصوت در حضور و یا عدم حضور نمک پتاسیم کلرید هنگام اعمال امواج فراصوت برای مدت زمان ۲۰ ثانیه (A) و ۱ دقیقه (B).....	۴۹

- نمودار ۴-۶- منحنی ویسکوزیته-سرعت برشی محلول ۰/۴٪ کاپاکاراگینان تیمار شده با امواج فراصوت در حضور و یا عدم حضور نمک پتاسیم کلرید هنگام اعمال امواج فراصوت برای مدت زمان ۵ دقیقه (A) و ۱۰ دقیقه (B)..... ۵۰
- نمودار ۴-۷- منحنی ویسکوزیته-سرعت برشی محلول ۰/۴٪ کاپاکاراگینان تیمار شده با امواج فراصوت در حضور و یا عدم حضور نمک سدیم کلرید هنگام اعمال امواج فراصوت برای مدت زمان ۱۰ ثانیه (A) و ۳۰ ثانیه (B)..... ۵۱
- نمودار ۴-۸- منحنی ویسکوزیته-سرعت برشی محلول ۰/۴٪ کاپاکاراگینان تیمار شده با امواج فراصوت در حضور و یا عدم حضور نمک سدیم کلرید هنگام اعمال امواج فراصوت برای مدت زمان ۱ دقیقه (A) و ۲ دقیقه (B)..... ۵۲
- نمودار ۴-۹- منحنی ویسکوزیته-سرعت برشی محلول ۰/۴٪ کاپاکاراگینان تیمار شده با امواج فراصوت در حضور و یا عدم حضور نمک سدیم کلرید هنگام اعمال امواج فراصوت برای مدت زمان ۵ دقیقه (A) و ۱۰ دقیقه (B)..... ۵۳
- شکل ۴-۱- نمودارهای به دست آمده از دستگاه TA (Texture Analyser) برای تعیین قدرت ژلهای کاپاکاراگینان بعد از زمانهای مختلف اعمال امواج فراصوت در آزمون TPA..... ۵۴
- شکل ۴-۲- تغییرات سفتی بافت ژلهای کاپاکاراگینان در مقابل افزایش زمان اعمال امواج فراصوت.. ۵۵
- شکل ۴-۳- تغییرات پیوستگی ژل های کاپاکاراگینان در مقابل زمان اعمال امواج فراصوت..... ۶۰
- شکل ۴-۴- روند تغییرات فنریت بافت ژل های کاپاکاراگینان با افزایش زمان تیمار فراصوت..... ۶۳
- شکل ۴-۵- تغییرات صمغی بودن بافت ژل های کاپاکاراگینان در مقابل زمان اعمال امواج فراصوت ۶۶
- شکل ۴-۶- تغییرات مقاومت به جویدن بافت ژل های کاپاکاراگینان در برابر زمان اعمال امواج فراصوت..... ۶۹
- شکل ۴-۷- مدل ماکسول عمومی شامل n جزء ماکسول و یک جزء فنر..... ۷۳
- شکل ۴-۸- منحنی تنش آسایی ژل های تولید شده از کاپاکاراگینان توسط تیمار فراصوت (بعد از یک دقیقه) در سطح کرنش اولیه ۲۵٪ و در مدت زمان آسایش ۱۲۰ ثانیه..... ۷۴
- شکل ۴-۹- نمودارهای تنش آسایی ژل های کاپاکاراگینان در زمانهای مختلف اعمال امواج فراصوت. در هر نمودار A: ژل فراصوت-پتاسیم کلرید و B: ژل پتاسیم کلرید-فراصوت میباشد..... ۷۷
- شکل ۴-۱۰- نمودارهای تنش آسایی ژلهای کاپاکاراگینان در زمانهای مختلف اعمال امواج فراصوت. در هر نمودار A: ژل فراصوت-سدیم کلرید و B: ژل سدیم کلرید-فراصوت میباشد..... ۷۸
- نمودار ۴-۱۰- منحنی ویسکوزیته نسبی- غلظت محلول کاپاکاراگینان و تعیین مناطق رقیق و نیمه رقیق و تعیین غلظت بحرانی محلول کاپاکاراگینان وقتی که در محیط نمک پتاسیم کلرید حضور داشته باشد..... ۸۲

- شکل ۴-۱۱- نمودار مربوط به نحوه محاسبه ویسکوزیته ذاتی طبق روش کرامر و هوگینز برای محلول های کاپاکاراگینان..... ۸۴
- نمودار ۴-۱۱- تأثیر زمان فرایند فراصوت بر ویسکوزیته ذاتی محلولهای فراصوت-پتاسیم کلرید تیمار شده توسط امواج فراصوت..... ۸۵
- نمودار ۴-۱۲- تأثیر زمان فرایند فراصوت بر ویسکوزیته ذاتی محلولهای فراصوت-سدیم کلرید تیمار شده توسط امواج فراصوت..... ۸۵
- نمودار ۴-۱۳- روند تغییرات وزن مولکولی نسبی کاپاکاراگینان در برابر افزایش زمان اعمال امواج فراصوت..... ۸۸
- شکل ۴-۱۲- تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) محلول کاپاکاراگینان ($4 \text{ w/v} / \%$) تیمار شده با امواج فراصوت، در حضور نمک پتاسیم کلرید ($12 \text{ w/v} / \%$). زمان های اعمال امواج فراصوت به ترتیب: صفر، به عنوان نمونه کنترل (A)، ۱۰ ثانیه (B)، ۱ دقیقه (C)، ۵ دقیقه (D)، ۱۵ دقیقه (E)..... ۹۲
- شکل ۴-۱۳- تصاویر میکروسکوپ الکترونی ژلهای پتاسیم کلرید - فراصوت (A,B,C) و فراصوت-پتاسیم کلرید (A',B',C') بعد از اعمال امواج فراصوت به ترتیب برای ۱۰ ثانیه، ۱ دقیقه و ۱۵ دقیقه. بزرگنمایی عکسها ۴۰ میباشد..... ۹۳
- شکل ۴-۱۴- تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) محلول کاپاکاراگینان ($4 \text{ w/v} / \%$) تیمار شده با امواج فراصوت، در حضور نمک سدیم کلرید ($12 \text{ w/v} / \%$). زمان های اعمال امواج فراصوت به ترتیب: صفر، به عنوان نمونه کنترل (A)، ۱۰ ثانیه (B)، ۱ دقیقه (C)، ۵ دقیقه (D). بزرگنمایی عکس ها به ترتیب از چپ به راست ۴۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میباشد..... ۹۴
- شکل ۴-۱۵- تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) محلول کاپاکاراگینان ($4 \text{ w/v} / \%$) تیمار شده با امواج فراصوت، نمک سدیم کلرید ($12 \text{ w/v} / \%$) بعد از اعمال امواج فراصوت به محلول اضافه شده است. زمان های اعمال امواج فراصوت به ترتیب: صفر، به عنوان نمونه کنترل (A)، ۱۰ ثانیه (B)، ۱ دقیقه (C)، ۵ دقیقه (D). بزرگنمایی عکسها در هر ردیف به ترتیب از چپ به راست ۴۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میباشد..... ۹۵
- شکل ۴-۱۶- تصاویر میکروسکوپ الکترونی ژلهای سدیم کلرید - فراصوت (A,B) و فراصوت-سدیم کلرید (A',B') بعد از اعمال امواج فراصوت به ترتیب برای ۱۰ ثانیه، ۱ دقیقه و ۱۵ دقیقه. بزرگنمایی عکس ها ۴۰ میباشد. ۹۶

فهرست جداول

صفحه

عنوان

- جدول ۱-۳- برنامه داده شده به دستگاه بافت سنج به منظور بررسی قدرت ژل نمونه های کاپاکاراگینان تیمار شده با امواج فراصوت..... ۳۳
- جدول ۱-۴- تأثیر شرایط مختلف تیمار (مدت زمان اعمال امواج فراصوت و حضور یا عدم حضور نمک حین اعمال امواج فراصوت) بر شاخص رئولوژیکی ضریب قوام (Pa.s) دیسپرسیونهای کاپاکاراگینان..... ۴۱
- جدول ۲-۴- تأثیر شرایط مختلف تیمار (مدت زمان اعمال امواج فراصوت و حضور یا عدم حضور نمک حین اعمال امواج فراصوت) بر شاخص رئولوژیکی ضریب رفتار جریان دیسپرسیونهای کاپاکاراگینان..... ۴۱
- جدول ۳-۴- مقایسه میزان بیشینه نیرو (g) جهت فشردن ژل های کاپاکاراگینان در زمان های مختلف تیمار فراصوت (در حضور و یا عدم حضور نمک پتاسیم کلرید در محیط اعمال فراصوت). ۵۶
- جدول ۴-۴- مقایسه میزان بیشینه نیرو (g) جهت فشردن ژل های کاپاکاراگینان در زمان های مختلف تیمار فراصوت (در حضور و یا عدم حضور نمک سدیم کلرید در محیط اعمال فراصوت)... ۵۷
- جدول ۵-۴- مقایسه پیوستگی ژل های کاپاکاراگینان در زمان های مختلف تیمار فراصوت (در حضور و یا عدم حضور نمک پتاسیم کلرید در محیط اعمال امواج فراصوت)..... ۶۱
- جدول ۶-۴- مقایسه پیوستگی ژل های کاپاکاراگینان در زمان های مختلف تیمار فراصوت (در حضور و یا عدم حضور نمک سدیم کلرید در محیط اعمال امواج فراصوت)..... ۶۲
- جدول ۷-۴- مقایسه ارتجاع پذیری بافت ژل های کاپاکاراگینان در زمان های مختلف تیمار فراصوت (در حضور و یا عدم حضور نمک پتاسیم کلرید در محیط اعمال امواج فراصوت)..... ۶۴
- جدول ۸-۴- مقایسه ارتجاع پذیری بافت ژل های کاپاکاراگینان در زمان های مختلف تیمار فراصوت (در حضور و یا عدم حضور نمک سدیم کلرید در محیط اعمال امواج فراصوت)..... ۶۵
- جدول ۹-۴- مقایسه صمغی بودن (g) ژل های کاپاکاراگینان در زمان های مختلف تیمار فراصوت (در حضور و یا عدم حضور نمک پتاسیم کلرید در محیط اعمال امواج فراصوت)..... ۶۷

- جدول ۴-۱۰- مقایسه صمغی بودن (g) ژل های کاپاکاراگینان در زمان های مختلف تیمار فراصوت (در حضور و یا عدم حضور نمک سدیم کلرید در محیط اعمال امواج فراصوت)..... ۶۸
- جدول ۴-۱۱- مقایسه قابلیت جویدن (g) ژل های کاپاکاراگینان در زمان های مختلف تیمار فراصوت (در حضور و یا عدم حضور نمک پتاسیم کلرید در محیط اعمال امواج فراصوت)..... ۷۰
- جدول ۴-۱۲- مقایسه قابلیت جویدن (g) ژل های کاپاکاراگینان در زمان های مختلف تیمار فراصوت (در حضور و یا عدم حضور نمک سدیم کلرید در محیط اعمال امواج فراصوت)..... ۷۱
- جدول ۴-۱۳- پارامترهای مدل ماکسول برای ژل های فراصوت-پتاسیم کلرید و ژل های پتاسیم کلرید-فراصوت در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد..... ۷۹
- جدول ۴-۱۴- پارامترهای مدل ماکسول برای ژل های فراصوت-سدیم کلرید و ژل های سدیم کلرید-فراصوت در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد..... ۸۰
- جدول ۴-۱۵- اثر افزایش زمان اعمال امواج فراصوت بر وزن مولکولی نسبی کاپاکاراگینان..... ۸۸

فصل اول

۱- مقدمه

۱-۱- هیدروکلوئیدها

اصطلاح هیدروکلوئیدها به گروهی از پلی ساکاریدها و پروتئین ها اطلاق می شود که به صورت گسترده ای در صنایع مختلف استفاده می شوند و خواص عملکردی متنوعی را شامل قوام دهندگی، ایجاد ژل، پایدار کردن کف، امولسیون ها و دیسپرسیون ها، ممانعت از تشکیل کریستال های یخ و شکر، آزاد شدن کنترل شده مواد عطر و طعم‌زا، ایجاد بافت، افزایش پایداری، بهبود احساس دهانی، اتصال آب و جایگزینی چربی را از خود نشان می دهند (Williams *et al.*, 2000).

هیدروکلوئیدها از منابع طبیعی مختلفی به دست می آیند. به عبارت دیگر دارای منشا گیاهی، حیوانی یا باکتریایی هستند. همچنین برخی از آن ها از جلبک های دریایی به دست می آیند. هیدروکلوئید های طبیعی برای تولید محصولات با ارزش افزوده و قابلیت زیست تخریب پذیر به کار می روند (Williams *et al.*, 2000). یکی از راه های دسته بندی هیدروکلوئیدها، دسته بندی براساس منبع تولید آن ها می باشد که در شکل ۱-۱ خلاصه شده است.

نوع منبع	منبع هیدروکلوئید	مثال
گیاهی	درخت	سلولز
	ماده مترشحه درختان	صمغ عربی و کتیرا
	قسمت های مختلف گیاهان	نشاسته، پکتین و سلولز
	دانه ها	صمغ گوار، صمغ دانه خرنوب و صمغ تارا
	غده ها	صمغ کونجاک مانان
جلبکی	جلبک قرمز دریایی	آگار و کاراگینان
	جلبک قهوه ای دریایی	
میکروبی	میکروب ها	زانتان، دکستران و جلان
حیوانی	اندام های حاوی کلاژن	ژلاتین
	شیر گاو	کازئینات و پروتئین آب پنیر
	پوست میگو و منابع مشابه	کیتوزان

شکل ۱-۱- هیدروکلوئیدهای مهم تجاری و منابع آن ها (فرحناکی و همکاران ۱۳۸۸)

۱-۲ - ساختار هیدروکلئیدها

از لحاظ شیمیایی هیدروکلئیدها به دو دسته تقسیم می شوند:

- ۱- هیدروکلئیدهای پلی ساکاریدی که اکثر هیدروکلئیدها را شامل می شوند مانند صمغ عربی، گوار، کربوکسی متیل سلولز، کاراگینان، نشاسته و پکتین.
 - ۲- هیدروکلئیدهای پروتئینی مانند ژلاتین (Fekri et al., 2008).
- در هیدروکلئیدهای پلی ساکاریدی، بخش عمده هیدروکلئید از یک اسکلت قندی ساخته شده است که گروه هایی روی آن جانشین شده اند. بر اساس نوع گروه هایی که روی اسکلت قندی قرار گرفته اند، ملکول هیدروکلئید فاقد بار الکتریکی و یا دارای بار منفی می باشد. طول اسکلت قندی می تواند از چند صد تا چند هزار واحد قندی متفاوت باشد. طول زنجیره هر هیدروکلئید، درجه پلیمریزاسیون^۱ آن را تعیین می کند. هیدروکلئیدهایی که درجه پلیمریزاسیون بالاتری دارند، ویسکوزیته بیشتری در محلول ایجاد می کنند، ضمن آنکه زمان بیشتری نیز برای هیدراتاسیون آن ها لازم است. تعداد گروه های جانبی در هر ملکول قند، درجه جانیشینی^۲ را تعیین می کند. درجه جانیشینی بالاتر گروه های گالاکتوزیل روی زنجیره مانانی در گالاکتومانان ها، موجب هیدراتاسیون سریعتر و حلالیت بیشتر هیدروکلئید در آب می گردد (Dickinson, 2009).
- ویژگی هیدروکلئیدها به ساختار آن ها و عواملی مانند وزن ملکولی، اسکلت قندی، نوع و نحوه توزیع شاخه های جانبی بستگی دارد. چگونگی تأثیر هر یک از این عوامل بر خصوصیات هیدروکلئیدها در زیر توضیح داده شده است.
- وزن ملکولی: وزن ملکولی هر هیدروکلئید به طول زنجیره آن بستگی دارد. اگر در هیدروکلئیدی که ساختار خطی دارد، طول زنجیره دو برابر شود، حجم فضایی که توسط آن اشغال می شود ۸ برابر بیشتر می شود. در نتیجه مقاومت بیشتری در برابر جریان یافتن نشان می دهد و این همان چیزی است که تحت عنوان ویسکوزیته نامیده می شود (Sadar, 2004).
- اسکلت قندی: اسکلت قندی هیدروکلئیدها اطلاعاتی در مورد ویژگی هایی مانند حلالیت آن ها می - دهد. ترکیبات منوساکاریدی موجود در ساختار هیدروکلئید، روی خصوصیتی مانند پایداری در برابر تغییرات pH و توانایی ایجاد قوام یا تشکیل ژل مؤثر است (Sadar, 2004).
- شاخه جانبی: تأثیر عمده شاخه جانبی در تعیین عملکرد هیدروکلئید به عنوان عامل قوام دهنده یا ژل دهنده می باشد. تعداد، اندازه و نحوه توزیع شاخه های جانبی در هیدروکلئیدهای مختلف می تواند بسیار متفاوت باشد و روی خصوصیتی مانند حلالیت در آب سرد و آثار تشدید کنندگی با

¹Degree of polymerization (DP)

²Degree of substitution (DS)

دیگر هیدروکلوئیدها مؤثر باشد. در قسمت‌هایی از ساختار هیدروکلوئیدها که اسکلت قندی فاقد شاخه جانبی باشد، ساختار خطی و غیر رشته‌ای ایجاد می‌شود و در مناطقی که تعداد زیادی شاخه به اسکلت اصلی متصل شده باشد، ساختار غیر خطی و رشته‌ای^۱ به وجود می‌آید (Sadar, 2004). به طور کلی، وجود شاخه‌های جانبی باعث می‌شود که ارتباط بین ملکولی لایه‌ها تضعیف شود و فضایی برای حرکت آب بین لایه‌ها فراهم گردد و در نتیجه هیدروکلوئید بتواند در آب حل شود. برای مثال، سه شکل کاپا، آیوتا و لامبدا کاراگینان، دارای اسکلت قندی یکسان هستند و تفاوت آن‌ها در تعداد شاخه‌های سولفات و باندهای آنهیدرو می‌باشد. با افزایش تعداد گروه‌های سولفات، قابلیت حلالیت در آب افزایش می‌یابد، اما پیوندهای آنهیدرو خاصیت آب‌گریزی را تقویت می‌کنند. بنابراین با افزایش تعداد گروه‌های سولفات و کاهش پیوندهای آنهیدرو، بافت از حالت سخت و شکننده به حالت نرم و دارای قوام بالا نزدیک می‌شود (Sadar, 2004).

۱-۳- رفتار هیدروکلوئیدها در محلول‌های آبی

هیدروکلوئیدها، بیوپلیمرهایی به شدت آب دوست هستند و با حل شدن یا معلق شدن در آب، ویسکوزیته سیستم را افزایش می‌دهند (Ibanez & Ferrero, 2003). هیدراتاسیون هیدروکلوئیدها، از اهمیت زیادی در صنایع غذایی برخوردار است. هنگامی که هیدروکلوئیدها در آب قرار می‌گیرند، بین زنجیره‌های طویل هیدروکلوئیدی و مولکول‌های آب پیوندهای هیدروژنی ایجاد می‌شود و موجب تشکیل محلول ویسکوز در غلظت ۰/۱ تا ۱٪ هیدروکلوئید می‌گردد (Sadar, 2004). روند حل شدن هیدروکلوئیدها در محلول آبی با ترکیباتی مانند قندها متفاوت است. هنگامی که قندها در محیط آبی قرار می‌گیرند، حل شدن از لایه خارجی آنها آغاز می‌شود و با گذشت زمان، به تدریج اندازه آنها کاهش می‌یابد تا زمانی که کاملاً در آب حل شوند. اما هنگامی که هیدروکلوئیدها در آب قرار می‌گیرند، ابتدا آب جذب می‌کنند و متورم می‌شوند تا جایی که به حداکثر تورم خود برسند. سپس عمل انحلال از لایه خارجی آن‌ها شروع می‌شود تا زمانی که هیدروکلوئید کاملاً هیدراته شود (Sadar, 2004).

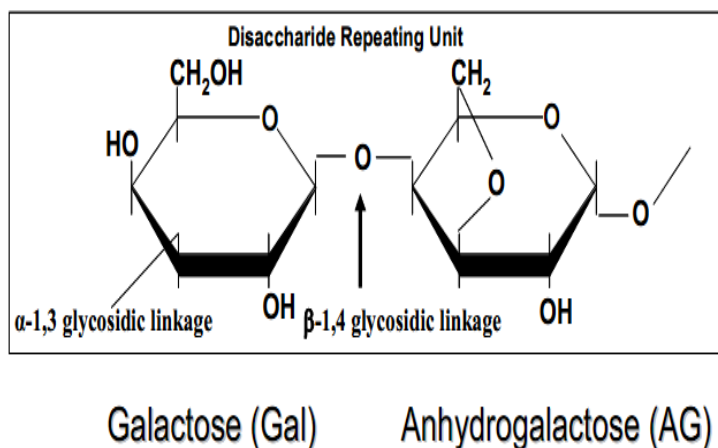
¹ Hairy

۴-۱- کاراگینان

۴-۱-۱- منشاء و ترکیب شیمیایی کاراگینان

کاراگینان یک هیدروکلوئید محلول در آب است که از جلبک های قرمز دریایی به نام Rhodophyceae به دست می آید. این هیدروکلوئید از دیواره سلولی جلبک دریایی به دست می-آید و محتوای آن می تواند از گونه ای به گونه دیگر و فصلی به فصل دیگر متفاوت باشد. این جلبک از مناطق مختلف جهان از جمله بخش شمالی ایالات متحده، فیلیپین، اندونزی، شیلی، آرژانتین، مراکش و فرانسه برداشت می شود. شایع ترین گونه تجاری کاراگینان مورد استفاده *Chondrus* *Gigartina* و *Eucheuma.Crispus* می باشد (Lamond, 2004).

کاراگینان یک پلی ساکارید خطی با وزن ملکولی بالا، متشکل از واحدهای تکراری گالاکتوز و ۳و۶-انهیدروگالاکتوز می باشد، به دو صورت سولفات و غیر سولفات است که به وسیله اتصالات گلیکوزیدی یک در میان (۱-۴) β به هم متصل شده اند (شکل ۱-۲). این دیمرها سپس از طریق اتصالات گلوکوزیدی (۱-۳) α به یکدیگر متصل می شوند (Imeson, 2000).



شکل ۱-۲- باند گلیکوزیدی (۱-۴) β بین مونومرهای گالاکتوز و انهیدرو گالاکتوز در کاراگینان (Fisher, 2009)

برای ساختار ثانویه کاراگینان شکل فضایی صندلی^۱ پیشنهاد شده است، در این کنفورماسیون به دلیل کاهش نیروی دافعه بین اجزاء محوری پایداری مولکول بیشتر می شود (Therkelsen, 1993). گروه های سولفات باردار تا حد زیادی مسئول اتصال آب، خواص ژل و تشکیل محلول های با

¹ Chair conformation