



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته علوم و صنایع غذایی (تکنولوژی مواد غذایی)

تاثیر شرایط اعمال امواج فراصوت بر برخی خصوصیات  
فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی محلول ها و ژل های کاراگینان و ژلاتین

به کوشش

فاطمه زنده بودی

استاد راهنما

دکتر عسگر فرحناکی

شهریور ماه ۱۳۹۲



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

به نام خدا  
اظہارنامہ

اینجانب فاطمہ زندہ بودی (۹۰۰۸۳۲) دانشجوی رشته ی صنایع غذایی گرایش تکنولوژی مواد غذایی دانشکده کشاورزی اظہار می کنم کہ کہ این پایان نامہ حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی کہ از منابع دیگران استفادہ کردہ ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشتہ ام. ہمچنین اظہار می کنم کہ تحقیق و موضوع پایان نامہ ام تکراری نیست و تعہد می نمایم کہ بدون مجوز دانشگاه، دستاوردهای آن را منتشر ننمودہ و یا در اختیار غیر قرار ندم. کلیہ حقوق این اثر مطابق با آیین نامہ مالکیت فکری و معنوی متعلق بہ دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: فاطمہ زندہ بودی

تاریخ و امضاء:

به نام خدا

تأثیر شرایط اعمال امواج فراصوت بر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی  
محللول ها و ژل های کاراگینان و ژلاتین

به کوشش  
فاطمه زنده بودی

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی از فعالیتهای  
تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته  
علوم و صنایع غذایی ( تکنولوژی مواد غذایی)

از دانشگاه  
شیراز  
جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته پایان نامه با درجه ی: عالی

دکتر عسگر فرحناکی، دانشیار بخش علوم و صنایع غذایی (استاد راهنما) .....

دکتر مهسا مجذوبی، دانشیار بخش علوم و صنایع غذایی (استاد مشاور) .....

مهندس غلامرضا مصباحی، استادیار بخش علوم و صنایع غذایی (استاد مشاور) .....

دکتر محمد تقی گلمکانی، استادیار بخش علوم و صنایع غذایی (داور متخصص داخلی) .....

شهریور ماه ۱۳۹۲

تقدیم بہ:

بہ پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمہ اشار و از خود کدہ مستگی

بہ پاس حافظہ سرشار و گرمای امید بخش وجودشان کہ در این سردترین روزگار ان بہترین پشتیبان است

بہ پاس قلب ہای بزرگشان کہ فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناہشان بہ شجاعت می کرید

و بہ پاس محبت ہای بی دریغشان کہ مرکز فروکش نمی کنند...

این مجموعہ را بہ:

روح پاک پدر کہ عالمناہ بہ من آموخت تا چگونه در عرصہ زندگی، ایستادگی را تجربہ نمایم

و بہ مادرم، دیبای بی کران فدکاری و عشق کہ وجودم برایش ہمہ رنج است و وجودش برایم ہمہ مہر

تقدیم می نمایم.

## سپاسگزاری

سپاس **خدای** را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزّ و جلّ " :

مراتب سپاس خود را از استاد با کمالات و شایسته **جناب آقای دکتر عسگر فرحناکی** که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند، ابراز می نمایم.

از استاتید صبور و فرزانه، **سرکار خانم دکتر مهسا مجذوبی و جناب آقای مهندس غلامرضا مصباحی**، که زحمت مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید، کمال تشکر را دارم.

و از استاد دلسوز **جناب آقای دکتر محمد تقی گلمکانی** که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند سپاسگزاری می نمایم.

با درود فراوان به **روح پدر** بزرگوام، از **مادر** عزیزم، این معلم بزرگوام، که همواره بر کوتاهی و درستی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته و در تمام عرصه های زندگی یار و یآوری بی چشم داشت برای من بوده کمال تشکر و قدردانی را دارم. از **خواهران و برادران** عزیزتر از جانم که همواره حضورشان مایه ی دلگرمی و قوت قلبم بوده اند، قدردانی می کنم.

از کلیه کارشناسان و کارکنان محترم بخش علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاوری دانشگاه شیراز قدردانی می نمایم.

همچنین از کلیه دوستان و هم کلاسی های خوبم و هم خوابگاهی های عزیزم به ویژه دوست و خواهر عزیزم **سرکار خانم مهندس نرجس گرگی** سپاسگزاری می کنم.

در پایان از تمامی عزیزانی ک هریک با قدمی یا قلمی یا سخنی در عبور از این مسیر با یاری خود، مرا مرهون محبت هایشان نمودند سپاس فراوان را دارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

## چکیده

تأثیر شرایط اعمال امواج فراصوت بر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی محلول‌ها و ژل‌های کاراگینان و ژلاتین

به کوشش

فاطمه زنده بودی

در این تحقیق تشکیل ژل از ژلاتین بوسیله امواج فراصوت توانی و بدون استفاده از حرارت دهی با موفقیت انجام شد. به منظور تشکیل ژل از کاپاکاراگینان و ژلاتین توسط تیمار فراصوت، از دستگاهی با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز، دامنه ۱۰۰ درصد و با توان ۱۵۰ - ۵۰ وات استفاده شد. دیسپرسیون‌های کاپاکاراگینان در غلظت ۰/۴٪، در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و دیسپرسیون‌های ژلاتین در غلظت ۰/۴٪ در دمای ۱۳ درجه سانتیگراد، برای مدت زمان‌های مختلف تحت تیمار با فراصوت قرار گرفتند.

در اثر اعمال فرآیند فراصوت، میزان جذب آب و حلالیت در آب هر دو نمونه هیدروکلوئید افزایش یافت. جهت بررسی خصوصیات مکانیکی ژل نمونه‌ها، از دستگاه بافت‌سنج و آزمون TPA استفاده شد. افزایش مدت زمان و توان اعمال فراصوت بعد از یک سطح معین (معمولاً ۳ دقیقه) باعث کاهش پارامترهای بافتی ژل کاراگینان شد. در حالی که با افزایش زمان و توان فراصوت اعمالی ویژگی‌های بافتی ژل ژلاتین افزایش یافت و اثر منفی بر بافت نداشت. جهت بررسی ویژگی‌های مولکولی نمونه‌های هیدروکلوئید تیمار شده با فراصوت، ویسکوزیته ذاتی آنها به کمک ویسکومتر استوالد اندازه‌گیری شد. افزایش مدت زمان و توان اعمال فرآیند، موجب کاهش ویسکوزیته ذاتی نمونه‌ها شد.

تصاویر به دست آمده از میکروسکوپ الکترونی SEM، نشان داد که در اثر اعمال فرآیند فراصوت به دیسپرسیون‌های کاپاکاراگینان و ژلاتین، پیوستگی بافت ژل حاصل افزایش یافت.



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه
۱	۱-۱- هیدروکلوئید ها .....
۴	۲-۱- ساختار هیدروکلوئیدها .....
۴	۳-۱- رفتار هیدروکلوئید ها در محلول های آبی .....
۵	۴-۱- ژلاتین .....
۵	۱-۴-۱- منشا و ترکیب شیمیایی ژلاتین .....
۷	۲-۴-۱- ویژگی های محلول ژلاتین .....
۷	۳-۴-۱- ویژگی های ژل ژلاتین .....
۹	۵-۱- کاراگینان .....
۱۰	۱-۵-۱- انواع کاراگینان .....
۱۳	۱-۵-۲- ویژگی های محلول کاراگینان .....
۱۳	۱-۵-۳- ویژگی های ژل کاراگینان .....
۱۴	۱-۵-۴- اثر یون ها بر ژل کاراگینان .....

- ۱۵ ..... ۶-۱- دستگاه فراصوت
- ۱۶ ..... ۱-۶-۱- امواج فراصوت و اصول آن در تکنولوژی غذا
- ۱۶ ..... ۱-۱-۶-۱- امواج فراصوت با توان پایین
- ۱۶ ..... ۱-۶-۱-۲- امواج فراصوت با توان بالا
- ۱۷ ..... ۲-۶-۱- مکانیسم اثر فراصوت
- ۱۸ ..... ۳-۶-۱- تجهیزات تولید کننده امواج فراصوت

### فصل دوم: مروری بر پژوهش های پیشین

- ۲۲ ..... ۱-۲- اثر شرایط فرآیند فراصوت بر خصوصیات صمغ ها
- ۲۸ ..... ۲-۲- اثر فراصوت بر تولید ژل در دمای پایین
- ۲۹ ..... ۳-۲- اثر نمک بر ویژگی های هیدروکلوئیدها

### فصل سوم: مواد و روش ها

- ۳۲ ..... ۲-۳- مواد و وسایل مورد استفاده
- ۳۲ ..... ۱-۲-۳- مواد مورد استفاده
- ۳۲ ..... ۲-۳-۲- وسایل و تجهیزات مورد نیاز
- ۳۳ ..... ۳-۳- روش ها
- ۳۳ ..... ۱-۳-۳- آماده سازی دیسپرسیون هیدروکلوئید کاپاکاراگینان
- ۳۳ ..... ۲-۳-۳- آماده سازی دیسپرسیون هیدروکلوئید ژلاتین
- ۳۴ ..... ۳-۳-۳- اعمال امواج فراصوت به دیسپرسیون های کاپاکاراگینان و ژلاتین

- ۳-۳-۴- تهیه ژل کاپاکاراگینان و ژلاتین با استفاده از حرارت ..... ۳۵
- ۳-۳-۵- بررسی ویژگی های رئولوژیکی محلول های تهیه شده از کاپاکاراگینان ..... ۳۶
- ۳-۳-۵-۱- بررسی تاثیر زمان و توان فراصوت بر ویسکوزیته ظاهری محلول های کاپاکاراگینان و ژلاتین ..... ۳۶
- ۳-۳-۵-۲- اندازه گیری قدرت ژل ..... ۳۷
- ۳-۳-۵-۳- آزمایش تنش-آسایش ..... ۳۸
- ۳-۳-۵-۴- تعیین غلظت بحرانی ژلاتین ..... ۳۹
- ۳-۳-۵-۵- اندازه گیری ویسکوزیته ذاتی محلول های کاپاکاراگینان و ژلاتین .... ۳۹
- ۳-۳-۵-۶- تعیین تغییرات ایجاد شده در ریز ساختار ..... ۴۰
- ۳-۳-۶- اندازه گیری ویژگی های فیزیکوشیمیایی ..... ۴۱
- ۳-۳-۶-۱- اندازه گیری کدورت ژل ها و محلول های کاپاکاراگینان و ژلاتین .... ۴۱
- ۳-۳-۶-۲- اندازه گیری حلالیت ..... ۴۲
- ۳-۱- اهداف و طرح کلی پژوهش ..... ۴۲
- ۳-۳-۷- طرح کلی و آنالیز آماری داده ها ..... ۴۳

#### فصل چهارم: نتایج و بحث

- ۴-۱- بررسی اثر فراصوت بر حلالیت دیسپرسیون های کاپاکاراگینان و ژلاتین ..... ۴۵
- ۴-۲- بررسی اثر زمان و توان فراصوت بر کدورت محلول ها و ژل های حاصل از هیدروکلونید کاپاکاراگینان و ژلاتین ..... ۴۸
- ۴-۳- بررسی خواص رئولوژیکی هیدروکلونیدها ..... ۵۱

- ۴-۳-۱- ویسکوزیته ظاهری ..... ۵۱
- ۴-۳-۲- تاثیر زمان اعمال امواج فراصوت بر رفتار رئولوژیکی محلول های کاپاکاراگینان و ژلاتین ..... ۵۶
- ۴-۳-۳- تاثیر توان امواج فراصوت بر رفتار رئولوژیکی محلول های کاپاکاراگینان ..... ۶۱
- ۴-۴- خصوصیات مکانیکی ژل های کاپاکاراگینان و ژلاتین ..... ۶۳
- ۴-۴-۱- سفتی بافت ..... ۶۸
- ۴-۴-۲- پیوستگی بافت ..... ۷۲
- ۴-۴-۳- ارتجاع پذیری ..... ۷۵
- ۴-۴-۴- صمغی بودن بافت ..... ۷۸
- ۴-۲-۵- مقاومت به جویدن ..... ۸۱
- ۴-۵- آزمون تنش آسای، ..... ۸۴
- ۴-۶- تعیین غلظت بحرانی ژلاتین ..... ۹۴
- ۴-۷- اثر مدت زمان و توان اعمال امواج فراصوت بر ویسکوزیته ذاتی محلول های کاپاکاراگینان و ژلاتین ..... ۹۵
- ۴-۸- بررسی اثر توان و زمان اعمال امواج فراصوت بر ریز ساختار ژل های کاپاکاراگینان و ژلاتین توسط تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی ..... ۹۸

#### فصل پنجم: نتیجه گیری کلی و پیشنهادات

- ۵-۱- نتیجه گیری کلی ..... ۱۰۲
- ۵-۲- پیشنهادات ..... ۱۰۵

فهرست منابع ..... ۱۰۶

## فهرست جدول ها

عنوان و شماره	صفحه
جدول ۱-۱- هیدر و کلونید های مهم تجاری و منابع آنها.....	۲
جدول ۱-۲- تعدادی از هیدر و کلونید های تجاری و کاربرد آنها در محصولات غذایی مختلف.....	۳
جدول ۱-۳- برنامه داده شده به دستگاه بافت سنج به منظور بررسی قدرت ژل نمونه های کاپاکاراگینان تیمار شده با امواج فراصوت.....	۳۸
جدول ۱-۴- مقایسه درصد حلالیت کاپاکاراگینان در آب، در زمان ها و توان های مختلف اعمال امواج فراصوت با دمای ۲۰ درجه سانتیگراد.....	۴۷
جدول ۲-۴- مقایسه درصد حلالیت ژلاتین در آب، در زمان ها و توان های مختلف اعمال امواج فراصوت در دمای ۱۳ درجه سانتیگراد.....	۴۷
جدول ۳-۴- کدورت (در طول موج ۵۵۰ نانومتر) نمونه های کاپاکاراگینان بلافاصله پس از تیمار در زمان ها و توان های مختلف با امواج فراصوت.....	۴۹
جدول ۴-۴- کدورت (در طول موج ۵۵۰ نانومتر) نمونه های کاپاکاراگینان تیمار شده با امواج فراصوت در زمان ها و توان های مختلف پس از ماندگاری (به مدت ۲۰ ساعت) در دمای ۵ درجه سانتیگراد.....	۴۹
جدول ۵-۴- کدورت (در طول موج ۵۵۰ نانومتر) نمونه های ژلاتین بلافاصله پس از تیمار با فراصوت در زمان ها و توان های مختلف.....	۵۰
جدول ۶-۴- کدورت (در طول موج ۵۵۰ نانومتر) نمونه های ژلاتین تیمار شده با امواج فراصوت در زمان ها و توان های مختلف پس از ماندگاری (به مدت ۲۰ ساعت) در دمای ۵ درجه سانتیگراد.....	۵۰
جدول ۷-۴- تاثیر توان و مدت زمان اعمال فراصوت بر شاخص قوام ( $Pa.s^n$ ) دیسپرسیون های کاپاکاراگینان در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد.....	۵۵

- جدول ۴-۸- تاثیر شرایط مختلف تیمار (توان و مدت زمان اعمال فراصوت) بر شاخص رئولوژیکی ضریب رفتار جریان دیسپرسیون های کاپاکاراگینان در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد..... ۵۵
- جدول ۴-۹- تغییرات تنش برشی (Pa) (در سرعت برشی  $50 s^{-1}$ ) محلول های ژلاتین تیمار شده با فراصوت با توان های ۵۰ تا ۱۵۰ وات و زمان های ۴۰ تا ۲۴۰ ثانیه..... ۶۰
- جدول ۴-۱۰- تغییرات ویسکوزیته ظاهری (m.Pa.s) (در سرعت برشی  $50 s^{-1}$ ) محلول های ژلاتین تیمار شده با فراصوت با توان های ۵۰ تا ۱۵۰ وات و زمان های ۴۰ تا ۲۴۰ ثانیه..... ۶۰
- جدول ۴-۱۱- مقایسه بیشینه نیرو (g) جهت فشردن ژل های کاپاکاراگینان (۰/۴ درصد) در زمان ها و توان های مختلف تیمار با امواج فراصوت..... ۷۰
- جدول ۴-۱۲- مقایسه بیشینه نیرو (g) جهت فشردن ژل های ژلاتین (۴ درصد) در زمان ها و توان های مختلف تیمار با امواج فراصوت..... ۷۰
- جدول ۴-۱۳- جدول مقایسه بیشینه نیرو (g) جهت فشردن ژل های کاپاکاراگینان تهیه شده به روش حرارتی (۸۰ درجه سانتیگراد، ۱۵ دقیقه) و بیشینه ژل تهیه شده با کمک امواج فراصوت..... ۷۱
- جدول ۴-۱۴- جدول مقایسه بیشینه نیرو (g) جهت فشردن ژل های ژلاتین تهیه شده به روش حرارتی (۶۰ درجه سانتیگراد، ۱۰ دقیقه) و بیشینه ژل تهیه شده با کمک امواج فراصوت..... ۷۱
- جدول ۴-۱۵- مقایسه پیوستگی ژل های کاپاکاراگینان (۰/۴ درصد) در زمان ها و توان های مختلف اعمال امواج فراصوت..... ۷۳
- جدول ۴-۱۶- مقایسه پیوستگی ژل های ژلاتین (۴ درصد) در زمان ها و توان های مختلف اعمال امواج فراصوت..... ۷۳
- جدول ۴-۱۷- مقایسه پیوستگی ژل های کاپاکاراگینان تهیه شده به روش حرارتی (۸۰ درجه سانتیگراد، ۱۵ دقیقه) و بیشینه ژل تهیه شده با کمک امواج فراصوت..... ۷۴
- جدول ۴-۱۸- مقایسه پیوستگی ژل های ژلاتین تهیه شده به روش حرارتی (۶۰ درجه سانتیگراد، ۱۰ دقیقه) و بیشینه ژل تهیه شده با کمک امواج فراصوت..... ۷۴

- جدول ۴-۱۹ - مقایسه ارتجاع پذیری ژل های کاپاکاراگینان (۰/۴ درصد) در زمان ها و توان های مختلف اعمال با امواج فراصوت. ۷۶ .....
- جدول ۴-۲۰ - مقایسه ارتجاع پذیری ژل های ژلاتین (۴ درصد) در زمان ها و توان های مختلف اعمال امواج فراصوت. ۷۶ .....
- جدول ۴-۲۱ - مقایسه ارتجاع پذیری ژل های کاپاکاراگینان تهیه شده به روش حرارتی (۸۰ درجه سانتیگراد، ۱۵ دقیقه) و بیشینه ژل تهیه شده با کمک امواج فراصوت. ۷۷ .....
- جدول ۴-۲۲ - مقایسه ارتجاع پذیری ژل های ژلاتین تهیه شده به روش حرارتی (۶۰ درجه سانتیگراد، ۱۰ دقیقه) و بیشینه ژل تهیه شده با کمک امواج فراصوت. ۷۷ .....
- جدول ۴-۲۳ - مقایسه صمغی بودن (g) ژل های کاپاکاراگینان (۰/۴ درصد) در زمان ها و توان های مختلف تیمار با امواج فراصوت. ۷۹ .....
- جدول ۴-۲۴ - مقایسه صمغی بودن (g) ژل های ژلاتین (۴ درصد) در زمان ها و توان های مختلف تیمار با امواج فراصوت. ۷۹ .....
- جدول ۴-۲۵ - مقایسه صمغی بودن (g) ژل های کاپاکاراگینان تهیه شده به روش حرارتی (۸۰ درجه سانتیگراد، ۱۵ دقیقه) و ژل تهیه شده با کمک امواج فراصوت. ۸۰ .....
- جدول ۴-۲۶ - مقایسه صمغی بودن (g) ژل های ژلاتین تهیه شده به روش حرارتی (۶۰ درجه سانتیگراد، ۱۰ دقیقه) و ژل تهیه شده با کمک امواج فراصوت. ۸۰ .....
- جدول ۴-۲۷ - مقایسه مقاومت به جویدن (g) ژل های کاپاکاراگینان (۰/۴ درصد) در زمان ها و توان های مختلف تیمار با امواج فراصوت. ۸۲ .....
- جدول ۴-۲۸ - مقایسه مقاومت به جویدن (g) ژل های ژلاتین (۴ درصد) در زمان ها و توان های مختلف تیمار با امواج فراصوت. ۸۲ .....
- جدول ۴-۲۹ - مقایسه مقاومت به جویدن (g) ژل های کاپاکاراگینان تهیه شده به روش حرارتی (۸۰ درجه سانتیگراد، ۱۵ دقیقه) و بیشینه ژل تهیه شده با کمک امواج فراصوت. ۸۳ .....



جدول ۴-۳۰- مقایسه مقاومت به جویدن (g) ژل های ژلاتین تهیه شده به روش حرارتی (۶۰ درجه سانتیگراد، ۱۰ دقیقه) و بیشینه ژل تهیه شده با کمک امواج فراصوت..... ۸۳

جدول ۴-۳۱- پارامتر های مدل ماکسول برای ژل های کاپا کاراگینان تیمار شده با امواج فراصوت با توان ها و زمان های مختلف در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد..... ۹۱

جدول ۴-۳۲- پارامتر های مدل ماکسول برای ژل های ژلاتین در زمان ها و توان های مختلف اعمال امواج فراصوت..... ۹۲

جدول ۴-۳۳- مقایسه پارامتر های مدل ماکسول برای ژل های کاپا کاراگینان تهیه شده به روش حرارتی (۸۰ درجه سانتیگراد، ۱۵ دقیقه) و ژل تهیه شده با کمک امواج فراصوت..... ۹۳

جدول ۴-۳۴- مقایسه پارامتر های مدل ماکسول برای ژل های ژلاتین تهیه شده به روش حرارتی (۶۰ درجه سانتیگراد، ۱۰ دقیقه) و ژل تهیه شده با کمک امواج فراصوت..... ۹۳

## فهرست شکل ها و نمودارها

عنوان و شماره	صفحه
شکل ۱-۱- دو فرم از هلیس پرولین- ال- پرولین.....	۹
شکل ۱-۲- واحد های تشکیل دهنده ساختار کاپاکاراگینان .....	۱۱
شکل ۱-۳- واحد های تشکیل دهنده ساختار آیوتاکاراگینان.....	۱۲
شکل ۱-۴- واحد های تشکیل دهنده ی لامبداکاراگینان .....	۱۳
شکل ۱-۵- ژل حاصل از کاپاکاراگینان در حضور یون های پتاسیم.....	۱۴
شکل ۱-۶- مراحل کاویتاسیون در حین انتشار امواج صوت .....	۱۸
شکل ۱-۷- دستگاه فراصوت آزمایشگاهی پروبی.....	۱۹
نمودار ۴-۱- تغییرات تنش برشی - سرعت برشی (الف) و ویسکوزیته ظاهری - سرعت برشی (ب) نمونه محلول کاپاکاراگینان (۰/۰/۴) تیمار شده با امواج فراصوت با توان ۱۰۰ وات به مدت ۶۰ ثانیه (اندازه گیری پارامتر های رئولوژیکی در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد).....	۵۲
نمودار ۴-۲- تغییرات تنش برشی (الف) و ویسکوزیته ظاهری (ب) در برابر سرعت برشی نمونه های کاپاکاراگینان تیمار شده با فراصوت ( توان ۱۵۰ وات) در زمان های مختلف اعمال امواج فراصوت (۲۰ ثانیه تا ۲۴۰ ثانیه). اعمال امواج فراصوت و اندازه گیری ویژگی های رئولوژیکی به ترتیب در دمای ۲۰ و ۴۵ درجه سانتیگراد انجام شد.....	۵۸
نمودار ۴-۳- منحنی تنش برشی ( در سرعت برشی $5^{-1}$ ) محلول های ژلاتین تیمار شده با امواج فراصوت با توان های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ وات در برابر زمان اعمال امواج فراصوت (۴۰ تا ۲۴۰ ثانیه) در دمای ۸ درجه سانتیگراد.....	۵۹

نمودار ۴-۴- منحنی ویسکوزیته ظاهری (در سرعت برشی 1-50s) محلول های ژلاتین تیمار شده با فراصوت با توان های ۵۰ تا ۱۰۰ وات در برابر زمان اعمال امواج فراصوت (۴۰ تا ۲۴۰ ثانیه) در دمای ۸ درجه سانتیگراد. .... ۵۹

نمودار ۴-۵- تغییرات تنش برشی (الف) و ویسکوزیته ظاهری (ب) نمونه های کاپاکاراگینان تیمار شده با فراصوت با توان ۵۰ (A)، ۱۰۰ (B) و ۱۵۰ (C) وات در مدت زمان ۲۴۰ ثانیه. اعمال فراصوت و اندازه گیری ویژگی های رئولوژیکی به ترتیب در دمای ۲۰ و ۴۵ درجه سانتیگراد انجام شد ..... ۶۲

نمودار ۴-۶- نمودار نیرو - زمان ژل های کاپاکاراگینان در زمان های ۶۰ (الف) و ۲۴۰ (ب) ثانیه و توان های مختلف اعمال امواج فراصوت. در هر نمودار A: توان ۵۰ وات، B: توان ۱۰۰ وات و C: توان ۱۵۰ وات. .... ۶۴

نمودار ۴-۷- نمودار نیرو - زمان ژل های کاپاکاراگینان در توان ۵۰ وات و زمان های مختلف (۲۰، ۱۲۰ و ۲۴۰ ثانیه) اعمال امواج فراصوت. .... ۶۵

نمودار ۴-۸- نمودار نیرو - زمان ژل های کاپاکاراگینان تهیه شده با حرارت (به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد) و ژل تهیه شده با اعمال امواج فراصوت. a: ۰/۲ درصد کاپاکاراگینان، b: ۰/۳ درصد کاپاکاراگینان، c: ۰/۴ درصد کاپاکاراگینان و d: نمونه تهیه شده با کمک امواج فراصوت (۰/۴ درصد کاپاکاراگینان، توان ۱۵۰ وات به مدت ۱۲۰ ثانیه). .... ۶۵

نمودار ۴-۹- نمودار نیرو - زمان ژل های ژلاتین در زمان های ۶۰ (الف) و ۲۴۰ (ب) ثانیه و توان های مختلف اعمال امواج فراصوت. در هر نمودار A: توان ۵۰ وات، B: توان ۱۰۰ وات و C: توان ۱۵۰ وات. .... ۶۶

نمودار ۴-۱۰- نمودار نیرو - زمان ژل های ژلاتین در توان ۱۰۰ وات و زمان های مختلف (۲۰، ۴۰ و ۲۴۰ ثانیه) اعمال امواج فراصوت. .... ۶۷

نمودار ۴-۱۱- نمودار نیرو - زمان ژل های ژلاتین تهیه شده به روش حرارتی (به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد) و ژل تهیه شده با اعمال امواج فراصوت. a: ۰/۲ ژلاتین، b: ۳ درصد ژلاتین و c: ۴ درصد ژلاتین و d: نمونه تهیه شده با کمک امواج فراصوت (۴ درصد ژلاتین، توان ۱۵۰ وات به مدت ۲۴۰ ثانیه). .... ۶۷

نمودار ۴-۱۲- نمودار تنش آسایی ژل های کاپاکاراگینان در زمان های ۲۰ (الف) و ۲۴۰ (ب) ثانیه و توان های مختلف اعمال امواج فراصوت. در هر نمودار A: توان ۵۰ وات، B: توان ۱۰۰ وات و C: توان ۱۵۰ وات..... ۸۷

نمودار ۴-۱۳- نمودار تنش آسایی ژل های کاپاکاراگینان در توان ۱۵۰ وات و زمان های مختلف اعمال امواج فراصوت. A: زمان ۲۰ ثانیه، B: زمان ۱۲۰ ثانیه و C: زمان ۲۴۰ ثانیه..... ۸۸

نمودار ۴-۱۴- نمودار مقایسه تنش آسایی ژل های کاپاکاراگینان تهیه شده به روش حرارتی و ژل تهیه شده با اعمال امواج فراصوت. a: ۰/۲ درصد کاپاکاراگینان، b: ۰/۳ درصد کاپاکاراگینان، c: ۰/۴ درصد کاپاکاراگینان و d: نمونه تهیه شده با کمک امواج فراصوت (۰/۴ درصد کاپاکاراگینان، توان ۱۵۰ وات به مدت ۱۸۰ ثانیه)..... ۸۸

نمودار ۴-۱۵- نمودار تنش آسایی ژل های ژلاتین در زمان های ۴۰ (الف) و ۲۴۰ (ب) ثانیه و توان های مختلف اعمال امواج فراصوت. در هر نمودار A: توان ۵۰ وات، B: توان ۱۰۰ وات و C: توان ۱۵۰ وات..... ۸۹

نمودار ۴-۱۶- نمودار تنش آسایی ژل های ژلاتین در توان ۱۵۰ وات و زمان های مختلف اعمال امواج فراصوت. A: زمان ۴۰ ثانیه، B: زمان ۱۲۰ ثانیه و C: زمان ۲۴۰ ثانیه..... ۹۰

نمودار ۴-۱۷- نمودار مقایسه تنش آسایی ژل های ژلاتین تهیه شده به روش حرارتی و ژل تهیه شده با اعمال امواج فراصوت. a: ۲ درصد ژلاتین، b: ۳ درصد ژلاتین، c: ۴ درصد ژلاتین و d: ۴ نمونه تهیه شده به کمک امواج فراصوت (۴ درصد ژلاتین، توان ۱۵۰ وات و زمان ۲۴۰ ثانیه)..... ۹۰

نمودار ۴-۳۲- نمودار تنش آسایی ژل های ژلاتین در توان ۱۵۰ وات و زمان های مختلف اعمال امواج فراصوت..... ۹۰

نمودار ۴-۱۸- منحنی ویسکوزیته نسبی- غلظت محلول ژلاتین و تعیین مناطق رقیق و نیمه رقیق و تعیین غلظت بحرانی محلول ژلاتین..... ۹۵

نمودار ۴-۱۹- تاثیر زمان و توان فرآیند فراصوت بر ویسکوزیته ذاتی محلول های کاپاکاراگینان.... ۹۷

نمودار ۴-۲۰- تاثیر زمان و توان فراصوت بر ویسکوزیته ذاتی محلول های ژلاتین..... ۹۷