

صلى الله عليه وسلم

به نام خدا

اظہارنامہ

اینجانب افسانہ علیشاهی (۹۰۹۱۹۲) دانشجوی رشته علوم و صنایع غذایی گرایش تکنولوژی مواد غذایی دانشکده واحد بین الملل اظہار می کنم 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. همچنین 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 ندهم. کلیہ حقوق این اثر مطابق با آیین نامہ مالکیت فکری و معنوی متعلق بہ دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: افسانہ علیشاهی

تاریخ و امضا: ۱۳۹۲/ ۴/۱۰

به نام خدا

تأثیر سرعت و زمان همزدن بر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی نشاسته در طی
ژلاتینه شدن

به کوشش

افسانه علیشاهی

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-گرایش تکنولوژی مواد غذایی

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته پایان نامه با درجه ی: عالی

..... دکترو عسگر فرحناکی، دانشیار بخش علوم و صنایع غذایی (استاد راهنما)
..... دکترو مهسا مجدوبی، دانشیار بخش علوم و صنایع غذایی (استاد راهنما)
..... مهندس غلامرضا مصباحی، استادیار بخش علوم و صنایع غذایی
..... دکترو محمد تقی گلمکانی، استادیار بخش علوم و صنایع غذایی (داور داخلی)

تیرماه ۱۳۹۲

تقدیم به آنان که به من زندگی کردن آموختند
آنان که در همه لحظات زندگی تکیه گاهم بودند

تقدیم به عظمت آسمانشان

به دریای جوشان عاطفه اشان

و به مهر و وفای بی انتهایشان

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

و تقدیم به همسر و همراه زندگیم

او که آرزوهایم را به امید

و امیدهایم را به واقعیت تبدیل می کند

سپاسگزاری

سپاس ایزد منان را که لطف و عنایت بیکرانیش را شامل حال ما نمود تا رهرویی باشیم در سبیل بی انتهای دانش و قطره ای باشیم در دریای معرفت، و سپاس بر یگانه بی همتا که همواره راهنمایی اندیشمند را دلیل راهنمان قرار داد تا از گمراهی نجات یابیم.

اکنون که به یاری پروردگار توانا توانستم این پایان نامه را به پایان برسانم، بر خود لازم می دانم از کلیه سروران و عزیزانی که در به پایان رساندن این پایان نامه مرا مورد لطف و عنایت خویش قرار داده اند کمال تشکر و قدردانی را ابراز نمایم. خصوصا از استادان راهنمای دلسوز و مهربانم جناب آقای دکتر عسگر فرحناکی و سرکار خانم دکتر مهسا مجذوبی به خاطر راهنمایی ها و حمایت های دلگرم کننده اشان و همچنین از استاد مشاور بزرگووارم جناب آقای مهندس غلامرضا مصباحی، به جهت همفکری ها و مساعدت های ارزنده اشان در طول انجام این تحقیق، کمال تشکر را دارم. در پایان از خانواده ام به خصوص از پدر، مادر و همسر عزیزم که بسیاری از ناهمواری ها را برایم هموار ساختند و صمیمانه مرا یاری کردند، نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم و برایشان توفیق روزافزون را از خداوند متعال خواستارم.

چکیده

تأثیر سرعت و زمان همزدن بر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی نشاسته در طی ژلاتینه شدن

به کوشش

افسانه علیشاهی

نشاسته پلی ساکاریدی متشکل از آمیلوز و آمیلوپکتین است که نه تنها در صنعت غذا، بلکه در بسیاری از صنایع دیگر کاربرد دارد. هنگامی که سوسپانسیون نشاسته حرارت داده می شود، تغییراتی در ساختار نشاسته به وجود می آید. نتیجه این تغییرات، ژلاتینه شدن نشاسته و در نهایت ایجاد ژل است. اما در تهیه ژل، علاوه بر دما، زمان و سرعت همزدن در طی ژلاتینه شدن نیز، بسیار حائز اهمیت هستند. عدم تنظیم و کنترل سرعت همزدن و مدت زمان حرارت دهی در طی ژلاتینه شدن نشاسته، می تواند ویژگی های ژل و محصول نهایی حاوی نشاسته را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین در این پژوهش سعی بر آن بوده است که اثر سرعت های ۱۵، ۱۵۰ و ۳۵۰rpm و زمان های ۱۰، ۳۰ و ۴۵ دقیقه بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی نشاسته گندم و ذرت در طی ژلاتینه شدن در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد بررسی گردد. نتایج نشان داد که افزایش زمان و سرعت همزدن باعث ایجاد ژل های نرم تر با حلالیت بیشتر می گردد و افزایش سرعت در مقایسه با زمان اثر بیشتری بر بافت ژل های نشاسته دارد و هرچه سرعت بیشتر می شود بافت ژل نرم تر شده و میزان پیوستگی، صمغی بودن و مقاومت به جویدن بافت کاهش می یابد. تصاویر میکروسکوپ نوری نشانگر این بود که با افزایش زمان و به ویژه سرعت همزدن گرانول ها آسیب بیشتری می بینند. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی تهیه شده از نمونه های ژل نشاسته نیز نشان داد که با افزایش زمان و سرعت همزدن، دیواره

حفره های ژل ضخیم تر می شود. با افزایش زمان و سرعت همزدن ویسکوزیته ذاتی نشاسته کاهش پیدا کرد که نشان دهنده تخریب برخی از پیوندهای کووالانسی و نهایتاً شکستن و کوچکتر شدن مولکول نشاسته است به طوری که شدیدترین اثر در سرعت ۳۵۰rpm و زمان ۴۵ دقیقه مشاهده شد. نتایج نشان داد که با تنظیم فرایند و کنترل سرعت و زمان حرارت دهی سوسپانسیون نشاسته در طی ژلاتینه شدن می توان ویژگی های فیزیکوشیمیایی نشاسته را تغییر داد و ژل و محصولی با خصوصیات مورد نظر تهیه نمود.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول
۲.....	۱- مقدمه
۲.....	۱-۱- نشاسته
۶.....	۲-۱- ژلاتینه و خمیری شدن نشاسته
۸.....	۳-۱- ژله ای شدن نشاسته
۸.....	۴-۱- رتروگرید شدن یا بیاتی نشاسته
۹.....	۵-۱- اهداف پژوهش
	فصل دوم
۱۱.....	۲- مروری بر پژوهش های پیشین
۱۱.....	۱-۲- اثر خصوصیات ذاتی نشاسته بر ویژگی های آن
۱۳.....	۲-۲- اثر فرآیندهای حرارتی و نیروهای برشی بر ساختار و ویژگی های نشاسته
	فصل سوم
۱۸.....	۳- مواد و روش ها

- ۱۸-۱-۳- مواد و تجهیزات مورد نیاز ۱۸
- ۱۹-۲-۳- روش ها ۱۹
- ۱۹-۱-۲-۳- اندازه گیری رطوبت ۱۹
- ۲۰-۲-۲-۳- اندازه گیری خاکستر ۲۰
- ۲۰-۳-۲-۳- اندازه گیری میزان چربی ۲۰
- ۲۱-۴-۲-۳- اندازه گیری مقدار پروتئین ۲۱
- ۲۲-۵-۲-۳- آماده سازی نمونه ها ۲۲
- ۲۳-۶-۲-۳- اندازه گیری میزان تورم و حلالیت در آب ۲۳
- ۲۴-۷-۲-۳- بررسی ساختار گرانول های نشاسته با استفاده از میکروسکوپ نوری ۲۴
- ۲۴-۸-۲-۳- بررسی ساختار ژل نشاسته با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی ۲۴
- ۲۵-۹-۲-۳- ظرفیت نگهداری آب ژل نشاسته ۲۵
- ۲۵-۱۰-۲-۳- بررسی خصوصیات بافتی ژل ۲۵
- ۲۷-۱۱-۲-۳- آزمون تنش آسایی ۲۷
- ۲۸-۱۲-۲-۳- اندازه گیری رنگ ۲۸
- ۲۹-۱۳-۲-۳- بررسی ویسکوزیته نشاسته با استفاده از دستگاه RVA ۲۹
- ۳۰-۱۴-۲-۳- بررسی شفافیت ۳۰
- ۳۰-۱۵-۲-۳- تعیین ویسکوزیته ذاتی ۳۰
- ۳۱-۱۶-۲-۳- ارزیابی حسی ۳۱
- ۳۲-۱۷-۲-۳- آنالیز آماری ۳۲

فصل چهارم

- ۳۴-۴- نتایج و بحث ۳۴
- ۳۴-۱-۴- نتایج تجزیه شیمیایی جهت تعیین مواد تشکیل دهنده نشاسته گندم و ذرت ۳۴
- ۳۵-۲-۴- قدرت تورم و حلالیت نشاسته ۳۵

- ۳-۴- بررسی ساختار با استفاده از میکروسکوپ نوری ۴۰
- ۴-۴- بررسی ساختار با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی ۴۴
- ۵-۴- ظرفیت نگهداری آب ۴۸
- ۶-۴- قدرت ژل ۵۰
- ۱-۶-۴- سفتی بافت ۵۶
- ۲-۶-۴- شیب منحنی نیرو-زمان ۶۰
- ۳-۶-۴- پیوستگی بافت ۶۲
- ۴-۶-۴- ارتجاع پذیری بافت ۶۵
- ۵-۶-۴- میزان کار لازم برای کمپرس ژل های نشاسته ۶۶
- ۶-۶-۴- صمغی بودن ۶۸
- ۷-۶-۴- مقاومت به جویدن ۷۱
- ۷-۴- آزمون تنش آسایی ۷۳
- ۸-۴- آزمون رنگ سنجی ۷۸
- ۹-۴- آزمون RVA ۸۱
- ۱۰-۴- شفافیت ژل های نشاسته ۹۰
- ۱۱-۴- تعیین ویسکوزیته ذاتی ۹۳
- ۱۲-۴- ارزیابی حسی ۹۶
- ۱-۱۲-۴- ارزیابی حسی چسبندگی ژل های نشاسته به وسیله قاشق ۹۶
- ۲-۱۲-۴- ارزیابی حسی چسبندگی ژل های نشاسته به دست ۹۷
- ۳-۱۲-۴- ارزیابی حسی ارتجاع پذیری ژل های نشاسته ۹۸
- ۴-۱۲-۴- ارزیابی حسی سفتی ژل های نشاسته ۱۰۰
- ۵-۱۲-۴- ارزیابی حسی شفافیت و کدورت ژل های نشاسته ۱۰۱

فصل پنجم

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۰۴

۵-۱- نتیجه گیری ۱۰۴

۵-۲- پیشنهادات ۱۰۷

منابع ۱۰۸

پیوست ۱۱۴

فهرست جدول ها

عنوان و شماره	صفحه
جدول ۱-۱: مقایسه برخی خصوصیات آمیلوز و آمیلوپکتین	۶
جدول ۱-۳: برنامه داده شده به دستگاه بافت سنج به منظور بررسی قدرت ژل نمونه های	
نشاسته	۲۶
جدول ۲-۳: برنامه داده شده به دستگاه بافت سنج برای آزمون تنش آسایبی ژل های نشاسته	۲۸
جدول ۱-۴: ترکیبات شیمیایی موجود در نشاسته گندم و ذرت مورد استفاده.....	۳۴
جدول ۲-۴: تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن بر میزان تورم (g/g) نشاسته ژلاتینه شده	
گندم	۳۶
جدول ۳-۴: تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن بر میزان تورم (g/g) نشاسته ژلاتینه شده	
ذرت	۳۷
جدول ۴-۴: درصد تغییرات تورم ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به زمان، در سرعت های	
مختلف همزدن	۳۷
جدول ۵-۴: درصد تغییرات تورم ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به سرعت، در زمان های	
مختلف همزدن	۳۸
جدول ۶-۴: تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن بر میزان (درصد) حلالیت نشاسته ژلاتینه	
شده گندم	۳۸
جدول ۷-۴: تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن بر میزان (درصد) حلالیت نشاسته ژلاتینه	
شده ذرت	۳۹
جدول ۸-۴: درصد تغییرات حلالیت ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به زمان، در سرعت	
های مختلف همزدن	۳۹
جدول ۹-۴: درصد تغییرات حلالیت ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به سرعت، در زمان	
های مختلف همزدن	۴۰

جدول ۴-۱۰: تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن بر درصد خروج آب از ژل نشاسته گندم	۴۹
جدول ۴-۱۱: تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن بر درصد خروج آب از ژل نشاسته ذرت	۴۹
جدول ۴-۱۲: سفتی ژل های نشاسته گندم (g) تهیه شده تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن	۵۷
جدول ۴-۱۳: سفتی ژل های نشاسته ذرت (g) تهیه شده تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن	۵۸
جدول ۴-۱۴: درصد تغییرات سفتی ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به زمان، در سرعت های مختلف همزدن	۵۹
جدول ۴-۱۵: درصد تغییرات سفتی ژل های نشاسته گندم و ذرت نسبت به سرعت، در زمان های مختلف همزدن	۵۹
جدول ۴-۱۶: شیب منحنی ژل های نشاسته گندم (g/s) تهیه شده تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن	۶۰
جدول ۴-۱۷: شیب منحنی ژل های نشاسته ذرت (g/s) تهیه شده، تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن	۶۱
جدول ۴-۱۸: درصد تغییرات شیب منحنی ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به زمان، در سرعت های مختلف همزدن	۶۱
جدول ۴-۱۹: درصد تغییرات شیب منحنی ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به سرعت، در زمان های مختلف همزدن	۶۲
جدول ۴-۲۰: پیوستگی ژل های نشاسته گندم تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن	۶۳
جدول ۴-۲۱: پیوستگی ژل های نشاسته ذرت تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن	۶۳
جدول ۴-۲۲: درصد تغییرات پیوستگی ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به زمان، در سرعت های مختلف همزدن	۶۴
جدول ۴-۲۳: درصد تغییرات پیوستگی ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به سرعت، در زمان های مختلف همزدن	۶۴

جدول ۴-۲۴: ارتجاع پذیری ژل های نشاسته گندم تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن	۶۵
جدول ۴-۲۵: ارتجاع پذیری ژل های نشاسته ذرت تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن	۶۶
جدول ۴-۲۶: کار لازم برای کمپرس ژل های نشاسته گندم (g.S) تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن	۶۶
جدول ۴-۲۷: کار لازم برای کمپرس ژل های نشاسته ذرت (g.S) تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن	۶۷
جدول ۴-۲۸: درصد تغییرات کار لازم برای کمپرس ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به زمان، در سرعت های مختلف همزدن	۶۸
جدول ۴-۲۹: درصد تغییرات کار لازم برای کمپرس ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به سرعت، در زمان های مختلف همزدن	۶۸
جدول ۴-۳۰: صمغی بودن ژل های نشاسته گندم (g) تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن	۶۹
جدول ۴-۳۱: صمغی بودن ژل های نشاسته ذرت (g) تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن	۶۹
جدول ۴-۳۲: درصد تغییرات صمغی بودن ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به زمان، در سرعت های مختلف همزدن	۷۰
جدول ۴-۳۳: درصد تغییرات صمغی بودن ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به سرعت، در زمان های مختلف همزدن	۷۰
جدول ۴-۳۴: مقاومت به جویدن ژل های نشاسته گندم (g) تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن	۷۱
جدول ۴-۳۵: مقاومت به جویدن ژل های نشاسته ذرت (g) تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن	۷۲
جدول ۴-۳۶: درصد تغییرات مقاومت به جویدن ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به زمان، در سرعت های مختلف همزدن	۷۲
جدول ۴-۳۷: درصد تغییرات مقاومت به جویدن ژل های نشاسته گندم و ذرت، نسبت به سرعت، در زمان های مختلف همزدن	۷۳

جدول ۴-۳۸: پارامترهای مدل مکسول برای ژل های نشاسته گندم در سرعت ها و زمان های مختلف همزدن	۷۶
جدول ۴-۳۹: پارامترهای مدل مکسول برای ژل نشاسته ذرت در سرعت ها و زمان های مختلف همزدن	۷۷
جدول ۴-۴۰: اثر زمان و سرعت های مختلف همزدن بر تغییرات فاکتورهای رنگ سنجی خمیر نشاسته گندم	۷۹
جدول ۴-۴۱: اثر زمان و سرعت های مختلف همزدن بر فاکتور تغییرات کلی رنگ (ΔE) خمیر نشاسته گندم	۷۹
جدول ۴-۴۲: اثر زمان و سرعت های مختلف همزدن بر تغییرات فاکتورهای رنگ سنجی خمیر نشاسته ذرت	۸۰
جدول ۴-۴۳: اثر زمان و سرعت های مختلف همزدن بر فاکتور تغییرات کلی رنگ (ΔE) خمیر نشاسته ذرت	۸۰
جدول ۴-۴۴: اثر زمان و سرعت همزدن بر ویسکوزیته نسبی (η_{rel})، مخصوص (η_{sp})، کاهش یافته (η_{red}) (ml/g) و ذاتی [η] (ml/g) نشاسته گندم	۹۴
جدول ۴-۴۵: اثر زمان و سرعت همزدن بر ویسکوزیته نسبی (η_{rel})، مخصوص (η_{sp})، کاهش یافته (η_{red}) (ml/g) و ذاتی [η] (ml/g) نشاسته ذرت	۹۵
جدول ۴-۴۶: اثر زمان و سرعت همزدن بر ارزیابی حسی چسبندگی ژل های نشاسته گندم با قاشق	۹۶
جدول ۴-۴۷: اثر زمان و سرعت همزدن بر ارزیابی حسی چسبندگی ژل های نشاسته ذرت با قاشق	۹۷
جدول ۴-۴۸: اثر زمان و سرعت همزدن بر ارزیابی حسی چسبندگی ژل های نشاسته گندم با دست	۹۸
جدول ۴-۴۹: اثر زمان و سرعت همزدن بر ارزیابی حسی ارتجاع پذیری ژل های نشاسته ذرت با دست	۹۸
جدول ۴-۵۰: اثر زمان و سرعت همزدن بر ارزیابی حسی ارتجاع پذیری ژل های نشاسته گندم	۹۹
جدول ۴-۵۱: اثر زمان و سرعت همزدن بر ارزیابی حسی ارتجاع پذیری ژل های نشاسته ذرت	۹۹

جدول ۴-۵۲: اثر زمان و سرعت همزدن بر ارزیابی حسی سفتی ژل های نشاسته گندم ۱۰۰

جدول ۴-۵۳: اثر زمان و سرعت همزدن بر ارزیابی حسی سفتی ژل های نشاسته ذرت ۱۰۱

جدول ۴-۵۴: اثر زمان و سرعت همزدن بر ارزیابی حسی کدورت ژل های نشاسته گندم ... ۱۰۱

جدول ۴-۵۵: اثر زمان و سرعت همزدن بر ارزیابی حسی کدورت ژل های نشاسته ذرت ۱۰۲

فهرست شکل ها

عنوان و شماره	صفحه
شکل ۱-۱: تصاویر میکروسکوپ الکترونی گرانول های نشاسته: A گرانول های تریپتیکاله، B گرانول های گندم و C گرانول های ذرت	۳
شکل ۱-۲: چیدمان زنجیره های A، B و C در مولکول آمیلوپکتین	۴
شکل ۱-۳: ساختار نیمه کریستالی گرانول نشاسته	۵
شکل ۱-۴: تصاویر میکروسکوپ نوری نمونه های خمیر نشاسته گندم تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن در مقایسه با نشاسته طبیعی	۴۲
شکل ۲-۴: تصاویر میکروسکوپ نوری نمونه های خمیر نشاسته ذرت تحت تاثیر زمان و سرعت های مختلف همزدن در مقایسه با نشاسته طبیعی	۴۳
شکل ۳-۴: مقایسه تصاویر میکروسکوپ الکترونی ژل نشاسته گندم در سرعت ثابت همزدن rpm ۱۵۰ و زمان های ۱۰ و ۴۵ دقیقه،	۴۵
شکل ۴-۴: مقایسه تصاویر میکروسکوپ الکترونی ژل نشاسته گندم در زمان ثابت ۱۰ دقیقه و سرعت های همزدن ۱۵، ۱۵۰ و ۳۵۰ rpm	۴۶
شکل ۵-۴: مقایسه تصاویر میکروسکوپ الکترونی ژل نشاسته ذرت در زمان ثابت ۱۰ دقیقه و سرعت های همزدن ۱۵، ۱۵۰ و ۳۵۰ rpm	۴۷
شکل ۶-۴: مقایسه تصاویر میکروسکوپ الکترونی ژل نشاسته ذرت در سرعت ثابت همزدن rpm ۱۵۰ و زمان های ۱۰ و ۴۵ دقیقه،	۴۸
شکل ۷-۴: نمودار TPA ژل های نشاسته گندم در زمان ثابت ۱۰ دقیقه و سرعت های مختلف همزدن	۵۰
شکل ۸-۴: نمودار TPA ژل های نشاسته گندم در زمان ثابت ۳۰ دقیقه و سرعت های مختلف همزدن	۵۱

شکل ۴-۹: نمودار TPA ژل های نشاسته گندم در زمان ثابت ۴۵ دقیقه و سرعت های مختلف همزدن	۵۱
شکل ۴-۱۰: نمودار TPA ژل های نشاسته گندم در سرعت ۱۵rpm و زمان های مختلف همزدن	۵۲
شکل ۴-۱۱: نمودار TPA ژل های نشاسته گندم در سرعت ۱۵۰rpm و زمان های مختلف همزدن	۵۲
شکل ۴-۱۲: نمودار TPA ژل های نشاسته گندم در سرعت ۳۵۰rpm و زمان های مختلف همزدن	۵۳
شکل ۴-۱۳: نمودار TPA ژل های نشاسته ذرت در زمان ثابت ۱۰ دقیقه و سرعت های مختلف همزدن	۵۳
شکل ۴-۱۴: نمودار TPA ژل های نشاسته ذرت در زمان ثابت ۳۰ دقیقه و سرعت های مختلف همزدن	۵۴
شکل ۴-۱۵: نمودار TPA ژل های نشاسته ذرت در زمان ثابت ۴۵ دقیقه و سرعت های مختلف همزدن	۵۴
شکل ۴-۱۶: نمودار TPA ژل های نشاسته ذرت در سرعت ۱۵rpm و زمان های مختلف همزدن	۵۵
شکل ۴-۱۷: نمودار TPA ژل های نشاسته ذرت در سرعت ۱۵۰rpm و زمان های مختلف همزدن	۵۵
شکل ۴-۱۸: نمودار TPA ژل های نشاسته ذرت در سرعت ۳۵۰rpm و زمان های مختلف همزدن	۵۶
شکل ۴-۱۹: نمودار تنش آسایی آزمون بافت ژل نشاسته گندم در سرعت ۳۵۰rpm و زمان ۴۵ دقیقه	۷۴
شکل ۴-۲۰: نمودارهای تنش آسایی آزمون بافت ژل های نشاسته گندم در سرعت و زمان های مختلف همزدن	۷۵
شکل ۴-۲۱: نمودارهای تنش آسایی آزمون بافت ژل های نشاسته ذرت در سرعت و زمان های مختلف همزدن	۷۵
شکل ۴-۲۲: نمودار ویسکوزیته نشاسته گندم فرایند نشده نسبت به زمان	۸۲