دانشکده کشاورزی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد در رشته علوم و صنایع غذایی (شیمی مواد غذایی)

بررسی تأثیر فرایند مایکروویو بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی نشاسته های طبیعی و اصلاح شده ذرت و یولاف با روش واپسگرایی تدریجی

به کوشش

سید رضا فلسفی

استاد راهنما:

دکتر مهسا مجذوبی

شهریور ماه ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

اظـهـارنـامـه

اینجانب سـید رضـا فلسفی (۹۰۰۸۲۳) دانشجوی رشته‌ی صنایع غذایی گرایش شیمی مواد غذایی دانشـکده کشـاورزی اظهار می‌کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران اسـتفاده کرده‌ام، نشـانی دقیق و مشخصات آن را نوشته‌ام. همچنین اظهار می‌کنم که تحقیق و موضـوع پایان نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشـــر ننموده و یـا در اختیـار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: سید رضا فلسفی

تاریخ و امضاء:

به نام خدا

بررسی تأثیر فرایند مایکروویو بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی نشاسته های طبیعی و اصلاح شده ذرت و یولاف با روش واپسگرایی تدریجی

به کوشش

سید رضا فلسفی

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 (شیمی مواد غذایی)

از دانشگاه

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته پایان نامه با درجه‌ی: عالی

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

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

دکتر جلال جمالیان، استاد بخش علوم و صنایع غذایی (استاد مشاور) .....

مهندس غلامرضا مصباحی، استادیار بخش علوم و صنایع غذایی (داور متخصص داخلی) .....

شهریور ماه ۱۳۹۲

تقدیم به:

خدایی که...

آفرید جهان را، انسان را، عقل را، علم را، معرفت را، عشق را و به کسانی که عشقشان را در وجودم دمید...

تقدیم به دست های زحمتکش پدر و نفس های پر مهر مادر

که فانوس نگاهشان تنها چراغ تاریکی این کوچه های بی انتهاست..

و اکنون این بهانه ایست کوچک برای

پدر و مادر عزیزتر از جانم

تا بدین وسیله ذره ای از صداقت هایشان را جبران نمایم

باشد که خورشید مهرشان، همواره در پرتو مهر حق مستدام باشد.

سپاسگزاری

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

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

مراتب سپاس خود را از استاد راهنمای گرانقدر، سرکار خانم دکتر مهسا مجذوبی که در تمام مراحل انجام این پایان نامه همواره مشوق و پشتیبان من بودند و با رهنمود های ارزنده خود راهگشای اینجانب بوده اند، ابراز می نمایم. همچنین از اساتید مشاور بزرگوارم جناب آقای دکتر عسگر فرحناکی و جناب آقای دکتر جلال جمالیان که در کنار تعلیمات ارزنده، روحیه اعتماد به نفس، تلاش و پویایی و صبر و پایداری را در من تقویت کردند، کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای مهندس غلامرضا مصباحی بابت راهنمایی های ارزنده ایشان کمال سپاسگزاری را دارم. از جناب آقای دکتر محمدهادی اسکندری، دکتر مهرداد نیاکوثری، دکتر محمدتقی گلمکانی که افتخار شاگردی ایشان را داشته ام، تشکر به عمل می آورم.

از پدر و مادر عزیز و دلسوزم که هر چه داشته ام و به دست خواهم آورد تنها و تنها حاصل عمر، زحمت ها و دعای خیر آن هاست سپاسگزاری می کنم و دست بوس دستان پر مهرشان هستم. از خواهر و برادران گرامی ام که حضور گرمشان دلگرمی ام بود کمال قدردانی و سپاس را دارم.

از کلیه کارشناسان و کارکنان محترم بخش علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز که از هیچ کمکی به بنده دریغ نفرمودند، قدردانی می نمایم.

همچنین از کلیه دوستان و هم کلاسی های خوبم و هم خوابگاهی های عزیزم 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.

چکیده

بررسی تأثیر فرایند مایکروویو بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی نشاسته های طبیعی و اصلاح شده ذرت و یولاف با روش واپسگرایی تدریجی

به کوشش

سید رضا فلسفی

اصلاح واپسگرایی تدریجی از روش های فیزیکی اصلاح نشاسته است که با افزایش تکامل کریستالی گرانول ها و تسهیل در ایجاد پیوند بین زنجیره های نشاسته سبب تغییر در ویژگی های فیزیکوشیمیایی نشاسته می شود. در این مطالعه به بررسی تأثیر اصلاح واپسگرایی تدریجی بر ویژگی های نشاسته های ذرت و یولاف پرداخته شد. به همین منظور سوسپانسیون ۱:۳ (وزنی/وزنی) نشاسته به آب تحت دمای ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت حرارت داده شد. قدرت جذب آب، حلالیت، ویژگی های خمیری شدن، ویسکوزیته ذاتی، ویژگی های ظاهری و حرارتی نشاسته ها مورد بررسی قرار گرفت. اصلاح واپسگرایی تدریجی سبب کاهش قدرت جذب آب، حلالیت، ویسکوزیته بیشینه و ویسکوزیته نهایی هر دو نشاسته گردید. هر چند دمای آغاز، اوج و پایان ژلاتینه شدن و دمای خمیری شدن نشاسته ها افزایش یافت. اصلاح واپسگرایی تدریجی تغییر معنی داری در ویژگی های ظاهری و ویسکوزیته ذاتی نشاسته ها ایجاد نکرد. در ادامه سوسپانسیون ۸٪ نشاسته های طبیعی و واپسگرایی تدریجی شده ذرت و یولاف به مدت زمان های ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ دقیقه درون مایکروویو فرایند شده و ویژگی های بافتی، ویسکوزیته ذاتی و ویسکوزیته آب سرد نمونه های حاصل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نمونه های حاصل از فرایند مایکروویو در تمام ویژگی ها با نمونه های فرایند شده به روش معمولی تفاوت داشتند. حرکات لرزشی مولکول های آب و افزایش سریع دما می توانند دو دلیل مهم ایجاد این تفاوت ها باشند.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه

۱-۱. نشاسته ۱

۱-۱-۱. ساختار نشاسته ۲

۱-۱-۲. گرانول نشاسته ۳

۱-۲. نشاسته غلات ۵

۱-۲-۱. نشاسته ذرت ۵

۱-۲-۱-۱. ذرت ۵

۱-۲-۱-۲. استخراج نشاسته ۶

۱-۲-۱-۳. آمیلوز ۶

۱-۲-۱-۴. آمیلوپکتین ۷

۱-۲-۱-۵. جذب آب ۷

۱-۲-۱-۶. ژلاتینه شدن نشاسته ۸

۱-۲-۱-۷. خمیری شدن ۸

۱-۲-۱-۸. ژله ای شدن نشاسته ۹

۱-۲-۱-۹. بیاتی یا رتروگرید شدن ۹

۱-۲-۲. نشاسته یولاف ۱۰

۱-۲-۲-۱. یولاف ۱۰
۱-۲-۲-۲. جداسازی نشاسته ۱۱
۱-۲-۲-۳. خصوصیات میکروسکوپی ۱۳
۱-۲-۲-۴. ترکیبات شیمیایی ۱۳
۱-۲-۲-۵. سایر ترکیبات ۱۵
۱-۲-۲-۶. پراش اشعه ایکس ۱۵
۱-۲-۲-۷. ژلاتینه شدن ۱۵
۱-۲-۲-۸. خمیری شدن ۱۶
۱-۲-۲-۹. ژله ای شدن ۱۶
۱-۲-۲-۱۰. بیاتی یا رتروگرید شدن ۱۶
۱-۳. نشاسته اصلاح شده ۱۷
۱-۳-۱. اصلاح شیمیایی نشاسته ۱۷
۱-۳-۲. اصلاح فیزیکی نشاسته ۱۷
۱-۳-۲-۱. فرایند حرارتی – رطوبتی ۱۸
۱-۳-۲-۲. واپسگرایی تدریجی (انیل کردن): ۱۸
۱-۳-۲-۳. کاربرد های نشاسته های حاصل از واپسگرایی تدریجی ۲۰
۱-۴. فرایند نشاسته با مایکروویو ۲۱
۱-۴-۱. مکانیسم تولید گرما در مایکروویو ۲۲
۱-۴-۲. کاربرد های مایکروویو ۲۲
۱-۵. اهداف پژوهش ۲۴
۱-۶. طرح پژوهش ۲۵

فصل دوم: مروری بر پژوهش های پیشین

۲-۱. اصلاح واپسگرایی تدریجی ۲۷

۲-۲. فرایند مایکروویو ۳۱

فصل سوم: مواد و روش ها

۳-۱. مواد و وسایل مورد استفاده ۳۵

۳-۱-۱. مواد مورد استفاده ۳۵

۳-۱-۲. وسایل مورد استفاده ۳۵

۳-۲. روش ها ۳۷

۳-۲-۱. استخراج نشاسته یولاف ۳۷

۳-۲-۲. تعیین خصوصیات نشاسته ۳۷

۳-۲-۲-۱. اندازه گیری رطوبت طبق روش استاندارد AACC (44-15A) ۳۷

۳-۲-۲-۲. اندازه گیری چربی طبق روش استاندارد AACC (35-20) ۳۸

۳-۲-۲-۳. اندازه گیری خاکستر طبق روش استاندارد AACC(08-01) ۳۸

۳-۲-۲-۴. اندازه گیری پروتئین طبق روش استاندارد AACC(39-11) ۳۸

۳-۲-۲-۵. اصلاح نشاسته های ذرت و یولاف با روش واپسگرایی تدریجی ۳۹

۳-۲-۲-۶. بررسی تاثیر مایکروویو بر نشاسته های ذرت و یولاف ۴۰

۳-۲-۲-۷. اندازه گیری میزان تورم وحلالیت در آب ۴۰

۳-۲-۲-۸. بررسی خصوصیات خمیری شدن نشاسته ۴۱

۳-۲-۲-۹. اندازه گیری ویسکوزیته آب سرد نمونه های مختلف ۴۲

۳-۲-۲-۱۰. آزمون بافت سنجی ۴۲

۳-۲-۲-۱۱. آزمون گرماسنجی افتراقی ۴۲

۳-۲-۲-۱۲. مقاومت به ذوب- انجماد ۴۳

۳-۲-۲-۱۳. تعیین ویسکوزیته نسبی و ذاتی ۴۳

۳-۲-۲-۱۴. میکروسکوپ نوری ۴۴
۳-۲-۲-۱۵. آنالیز آماری ۴۴

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱. آزمون های نشاسته های ذرت و یولاف طبیعی و واپسگرایی تدریجی ۴۶
۴-۱-۱. ترکیبات شیمیایی نشاسته ذرت و یولاف: ۴۶
۴-۱-۲. میزان جذب آب نشاسته ها..... ۴۷
۴-۱-۳. حلالیت در آب نشاسته ها ۴۹
۴-۱-۴. مقاومت ژل به ذوب و انجماد بر اساس میزان آب خارج شده..... ۵۰
۴-۱-۵. ویژگی های خمیری شدن نشاسته ها..... ۵۲
۴-۱-۶. آزمون گرماسنجی افتراقی نشاسته ها ۵۶
۴-۱-۷. بررسی تصاویر میکروسکوپ نوری ۵۷
۴-۲. آزمایشات انجام شده روی نشاسته های حرارت دیده به روش معمولی و مایکروویو ۵۹
۴-۲-۱. جذب آب نمونه های حرارت دیده به روش معمولی و مایکروویو ۵۹
۴-۲-۲. حلالیت نمونه های حرارت دیده به روش معمولی و مایکروویو ۶۲
۴-۲-۳. آزمون ویسکوزیته ذاتی نمونه های حرارت دیده..... ۶۲
۴-۲-۴. آزمون بافت سنجی نمونه های حرارت دیده ۶۵
۴-۲-۵. آزمون ویسکوزیته آب سرد نمونه های حرارت دیده..... ۶۸

نتیجه گیری کلی ۷۶
پیشنهادات..... ۷۸
فهرست منابع ۷۹
پیوست ۸۷

فهرست جدول ها

عنوان و شماره صفحه

جدول ۱-۱ میزان نشاسته بر اساس وزن خشک در گیاهان مختلف..... ۲

جدول ۱-۲ ترکیب دانه ی ذرت..... ۶

جدول ۱-۳ ترکیب دانه ی یولاف ۱۰

جدول ۱-۵ خصوصیات آمیلوز، آمیلوپکتین و ترکیبات حد واسط در نشاسته یولاف..... ۱۴

جدول ۴-۱ خصوصیات نشاسته های ذرت و یولاف استفاده شده در این تحقیق (بر اساس وزن خشک) ۴۶

جدول ۴-۲ مقاومت به ذوب و انجماد (٪) نشاسته های ذرت طبیعی (NCS)، یولاف طبیعی (NOS)، ذرت واپسگرایی تدریجی شده (ACS) و یولاف واپسگرایی تدریجی شده (AOS) ۵۲

جدول ۴-۳ ویژگی های خمیری شدن نشاسته های ذرت طبیعی (NCS)، یولاف طبیعی (NOS)، ذرت واپسگرایی تدریجی شده (ACS) و یولاف واپسگرایی تدریجی شده (AOS) ۵۵

جدول ۴-۴ قدرت جذب آب (گرم نشاسته/گرم آب) نشاسته های ذرت طبیعی (NCS)، یولاف طبیعی (NOS)، ذرت واپسگرایی تدریجی شده (ACS) و یولاف واپسگرایی تدریجی شده (AOS) حرارت دیده به روش معمولی و مایکروویو ۶۱

جدول ۴-۵ حلالیت (٪)نشاسته های ذرت طبیعی (NCS)، یولاف طبیعی (NOS)، ذرت واپسگرایی تدریجی شده (ACS) و یولاف واپسگرایی تدریجی شده (AOS)حرارت دیده به روش معمولی و مایکروویو ۶۴

جدول ۴-۶ ویسکوزیته ذاتی (ml/gr) نشاسته های ذرت طبیعی (NCS)، یولاف طبیعی (NOS)، ذرت واپسگرایی تدریجی شده (ACS) و یولاف واپسگرایی تدریجی شده (AOS)یولاف حرارت دیده به روش معمولی و مایکروویو ۶۷

جدول ۴-۷ سفتی بافت ژل (گرم) نشاسته های ذرت طبیعی (NCS)، یولاف طبیعی (NOS)، ذرت واپسگرایی تدریجی شده (ACS) و یولاف واپسگرایی تدریجی شده (AOS) حرارت دیده به روش معمولی و مایکروویو ۶۹

جدول ۴-۸ فنریت ژل نشاسته های ذرت طبیعی (NCS)، یولاف طبیعی (NOS)، ذرت واپسگرایی تدریجی شده (ACS) و یولاف واپسگرایی تدریجی شده (AOS) حرارت دیده به روش معمولی و مایکروویو..... ۷۰

فهرست نمودار ها

عنوان و شماره صفحه

نمودار ۴-۱ قدرت جذب آب (گرم نشاسته/گرم آب) نشاسته های ذرت طبیعی (NCS)، یولاف طبیعی (NOS)، ذرت واپسگرایی تدریجی شده (ACS) و یولاف واپسگرایی تدریجی شده (AOS) در محدوده دمایی ۹۵-۶۰ درجه سانتی گراد ۴۸

نمودار ۴-۲ حلالیت (٪) نشاسته های ذرت طبیعی (NCS)، یولاف طبیعی (NOS)، ذرت واپسگرایی تدریجی شده (ACS) و یولاف واپسگرایی تدریجی شده (AOS) در محدوده دمایی ۹۵-۶۰ درجه سانتی گراد ۵۰

نمودار ۴-۳ منحنی گرماسنجی افتراقی نشاسته های ذرت طبیعی (NCS)، یولاف طبیعی (NOS)، ذرت واپسگرایی تدریجی شده (ACS) و یولاف واپسگرایی تدریجی شده (AOS). ۵۶

نمودار ۴-۴ ویسکوزیته آب سرد نشاسته های ذرت طبیعی حرارت دیده در مایکروویو..... ۷۱

نمودار ۴-۵ ویسکوزیته آب سرد نشاسته های ذرت واپسگرایی تدریجی شده حرارت دیده در مایکروویو ۷۲

نمودار ۴-۶ ویسکوزیته آب سرد نشاسته های ذرت طبیعی حرارت دیده به روش معمولی ۷۲

نمودار ۴-۷ ویسکوزیته آب سرد نشاسته های ذرت واپسگرایی تدریجی شده حرارت دیده به روش معمولی..... ۷۳

نمودار ۴-۸ ویسکوزیته آب سرد نشاسته های یولاف طبیعی حرارت دیده در مایکروویو ۷۳

نمودار ۴-۹ ویسکوزیته آب سرد نشاسته های یولاف واپسگرایی تدریجی شده حرارت دیده در مایکروویو..... ۷۴

نمودار ۴-۱۰ ویسکوزیته آب سرد نشاسته های یولاف طبیعی حرارت دیده به روش معمولی ۷۴

نمودار ۴-۱۱ ویسکوزیته آب سرد نشاسته های یولاف واپسگرایی تدریجی شده حرارت دیده به روش معمولی . ۷۵

فهرست شکل ها

عنوان و شماره صفحه

شکل ۱-۱ گرانول نشاسته ۳
شکل ۱-۲ گرانول نشاسته های مختلف ۴
شکل ۱-۴ استخراج نشاسته یولاف با استفاده از سود و پروتئاز ۱۲
شکل ۴-۱ تصاویر میکروسکوپ نوری (بزگنمایی 400×) نشاسته های ذرت طبیعی (A)، یولاف طبیعی (B)، ذرت واپسگرایی تدریجی شده (C) و یولاف واپسگرایی تدریجی شده (D). ۵۶

فصل اول

مقدمه

۱-۱. نشاسته

نشـاسته مهمترین منبع انرژی ذخیره ای در گیاهان به شمار می رود که به وفور در دانه غلات (مانند گندم، ذرت و برنج) و در گیاهان غده ای (مانند انواع سـیب زمینی) یافت می شـود. از نظر تغذیه ای نشاسته تامین کننده ی ۸۰-۷۰ درصد از انرژی مورد نیاز روزانه انسان می باشد و به ویژه از لحاظ تامین کالری مورد نیاز در کشـور های جهان سوم حائز اهمیت فراوان می باشد (مجذوبی و فرحناکی، ۱۳۸۷). در جدول ۱-۱ میزان نشـاسـته در مقابل سـایر ترکیبات موجود در دانه های مختلف غلات نشـان داده شـده اسـت. همانطور که مشـاهده می شـود نشاسته ۷۰-۵۰ درصد دانه غلات را شامل می شود و دانه های چاودار و جو به ترتیب بیشترین و کمترین نشاسته را در ساختار خود دارند. ویژگی های منحصـر بفرد نشـاسـته باعث شـده اسـت تا بتوان از این ترکیب پلیمری به صورت گسترده در صنایع مختلف استفاده نمود که در این بین صنعت غذا سهم عمده ای را به خود اختصـاص داده است. به عنوان مثال نشاسته ها در تولید پودرهای نانوایی و مواد بهبود دهنده پخت به عنوان پرکننده استفاده می شوند. در تولید انواع سس به منظور حفظ امولسیون روغن و سرکه و جلوگیری از دو فاز شـدن سـس کاربرد دارند . قابلیت دیگر آن ها بهبود بافت بیسکوئیت و کراکر و تردی آنها و کنترل pH است . در صنایع پخت کیک و کلوچه در زمان قالب گیری و برای جلوگیری از چسبیدن خمیر به قالب استفاده می شوند. همچنین از نشاسته ها می توان در سایر صنایع مانند کنسـرو سازی ، گوشت ، غذاهای منجمد نیز استفاده نمود. ویژگی های فیزیکوشیمیایی نشاسته و

کاربرد های آن در صـنایع مختلف تحت تاثیر سـاختار آن از جمله میزان کریسـتاله بودن، نسـبت آمیلوز بـه آمیلوپکتین، مورفولوژی گرانول و قطر گرانول هـاسـت (Majzoobi et al., 2003; Majzoobi et al., 2012; Tester et al., 2004).

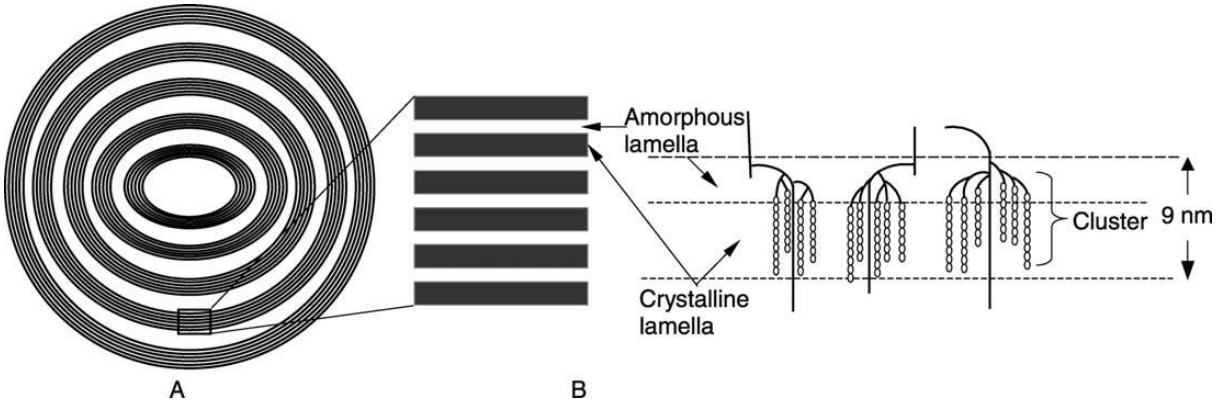
جدول ۱-۱ میزان نشاسته در مقابل سایر ترکیبات موجود در دانه های مختلف غلات (Alais and Linden, 1991)

منبع گیاهی	پروتئین (٪)	چربی (٪)	خاکستر (٪)	فیبر (٪)	نشاسته (٪)
برنج قهوه ای	۷/۳	۲/۲	۱/۴	۰/۸	۶۴/۳
سورگوم	۸/۳	۳/۹	۲/۶	۱/۴	۶۲/۹
چاودار	۸/۷	۱/۵	۱/۸	۲/۲	۷۱/۸
یولاف	۹/۳	۵/۹	۲/۳	۲/۳	۶۲/۹
ذرت	۹/۸	۴/۹	۱/۴	۲/۰	۶۳/۶
گندم	۱۰/۶	۱/۹	۱/۴	۱/۰	۶۹/۷
جو	۱۱/۰	۳/۴	۱/۹	۳/۷	۵۵/۸
ارزن	۱۱/۵	۴/۷	۱/۵	۱/۵	۶۳/۴

۱-۱-۱. ساختار نشاسته

نشـاسته به طور کلی از ۲۵-۲۰ درصد آمیلوز و ۸۰-۷۵ درصد آمیلوپکتین تشکیل شده است که به همراه مقدار کمی از ترکیبات دیگر در آمیلوپلاست کلیه گیاهان، خصوصا گیاهان غده ای نظیر انواع سـیب زمینی و دانه غلات یافت می شود. نشاسته های مختلف که از منابع مختلف گیاهی به دست می آینـد دارای تفاوت هایی از نظر وزن ملکولی، میزان آمیلوز و آمیلوپکتین و مقدار ترکیبات دیگر

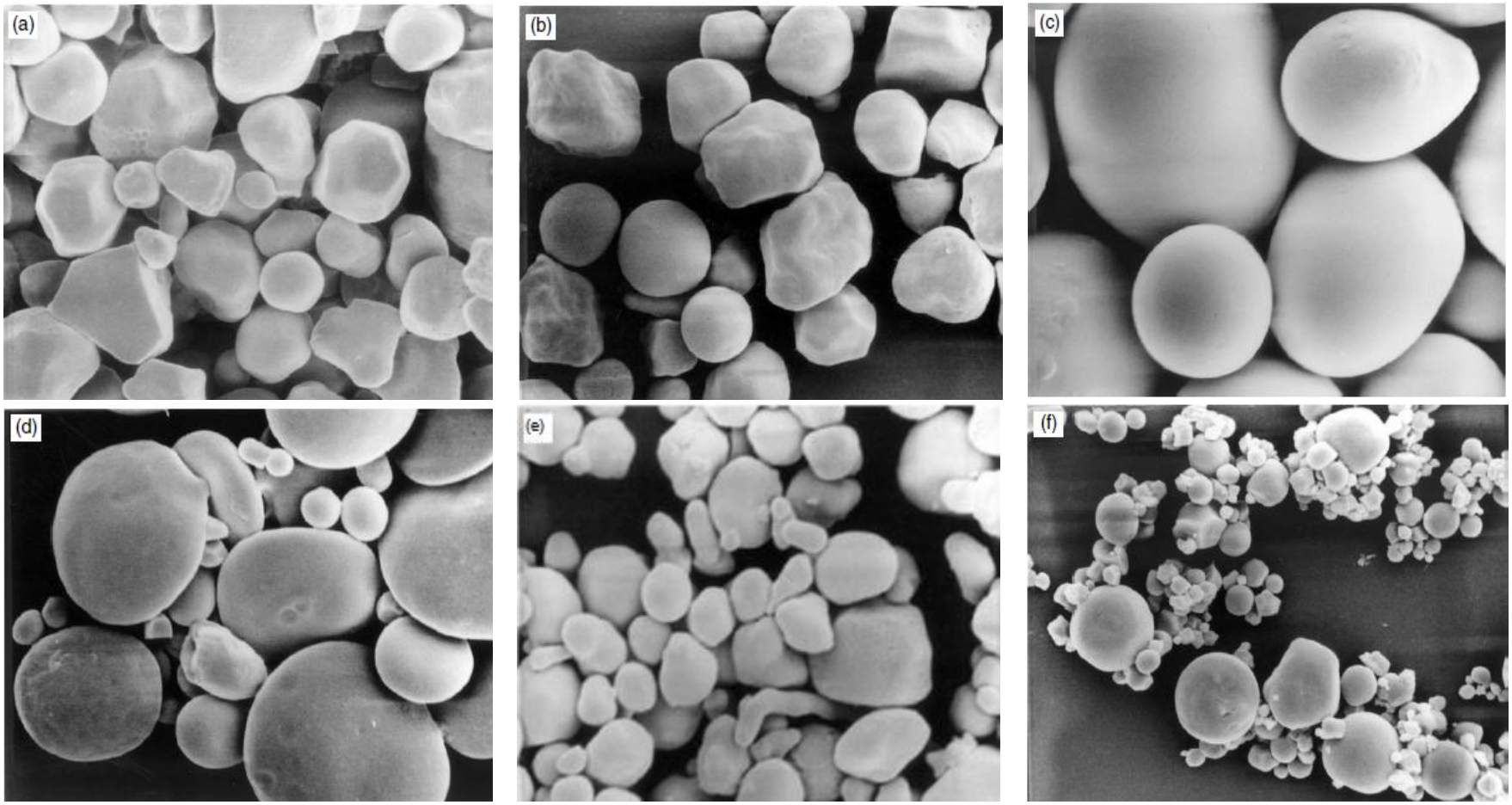
مانند چربی ها و فسـفولیپید ها می باشـند. نشاسته در داخل آمیلوپلاست در اجزایی به نام گرانول (شکل ۱-۱) ذخیره می شود. گرانول های نشاسته با توجه به منبع گیاهی آنها دارای اندازه و اشکال متفاوتی می باشند. اندازه گرانول در گیاهان مختلف از کمتر از ۱ میکرون تا بیشتر از ۱۰۰ میکرون متفاوت اسـت و اشکال آن نیز می تواند با توجه به منبع گیاهی آن ها به صورت ساختار های منظم کروی، تخم مرغی، چند وجهی یا به صورت اشکال نامنظم باشد (شکل ۱-۲) (Pérez et al., 2009).



شکل ۱-۱ شکل شماتیک ساختار داخلی یک گرانول نشاسته (A)، ساختار نیمه کریستالی داخل گرانولها که به صورت منظم و یک در میان قرار گرفته اند (B)، مارپیچهای دوتایی آمیلوپکتین که قسمت های کریستالی نشاسته را تشکیل می دهند (Tester et al., 2004).

۱-۱-۲. گرانول نشاسته

نشاسته در گیاه به شکل گرانول های نیمه کریستالی وجود دارد. دامنه اندازه ی این گرانول ها بین ۲ تا ۱۵۰ میکرون متغیر اسـت و بسته به منشأ گیاهی در اشکال مختلف کروی، بیضی، چند وجهی و یا به صورت اشکال نامنظم وجود دارند (شکل ۱-۲). نحوه ی قرارگیری آمیلوز ها و آمیلوپکتین ها در گرانول منتهی به ایجاد بخش های کریسـتالی و غیرکریسـتالی به صـورت متناوب شـده است به طوری که گرانول نشـاسـته در برش عرضی به صورت حلقه های متحدالمرکز دیده می شود (شکل ۱-۲) (Majzoobi et al., 2003; Richmond et al., 1996; Tester et al., 2004).



شکل ۱-۲ تصاویر میکروسکپ الکترونی گرانول نشاسته های ذرت معولی (a)، ذرت مومی (b)، سیب زمینی (c)، گندم (d)، ذرت آمیلوز بالا (e) و ذرت شیرین (f) (Jane, 2009).