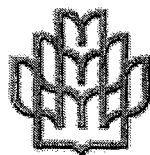


الله أكبر

۱۳۴۷ / ۲ / ۲۳

۴۷۰۸۴



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده علوم و صنایع غذایی

پایان نامه کارشناسی ارشد (M.Sc)

رشته علوم و صنایع غذایی

اثر دما و نوع خشک کن بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی مالت

نگارش:

نرجس آقاجانی

اساتید راهنما:

دکتر مهدی کاشانی نژاد - دکتر مهدی کدیور

استاد مشاور:

مهندس سید حسین حسینی

بهار ۸۷

۱۳۸۷ / ۲ / ۲۲

ع ۲۰۸۶

کتابخانه دانشگاه گرگان  
تاسیس ۱۳۵۷

به نام خدا

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده های علوم کشاورزی

صورت جلسه دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی

جلسه دفاع از پایان نامه خانم نرجس آقاجانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته

علوم و صنایع غذایی با شماره دانشجویی ۸۴۱۵۰۱۳۱۰۳ تحت عنوان " اثر دما و نوع

خشک کن بر خواص فیزیکی شیمیایی مالت " در ساعت ۱۰ روز چهارشنبه مورخ

۸۷/۲/۲۵ در سالن اجتماعات دانشکده علوم زراعی با حضور هیأت داوران به شرح زیر برگزار

و پایان نامه با نمره نمره <sup>۹۰</sup> ~~۸۵~~ <sup>۸۵</sup> پذیرفته شد.  
۱۹۸۵

اعضاء هیأت داوران:

۱- دکتر مهدی کاشانی نژاد (استاد راهنما)

۲- دکتر مهدی کدیور (استاد راهنما)

۳- دکتر بهاره شعبانپور (نماینده شورای تحصیلات تکمیلی دانشگاه)

۴- دکتر مرتضی خمیری (داور)

۵- دکتر مهران اعلمی (داور)

۵- مهندس سیدحسین حسینی قابوس (استاد مشاور)

میندیشیم  
به پروازی که در پیش است

بدانیم آسمان ماییم  
به نیر و بال بکشاییم

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم:

یکانه فرشتگان زمینی ام که درهای بسته را به کلید صبر و دعا بر من گشودند.

خواهر و برادرم:

که محبت های بی دریغشان مراد رسیدن به آرمان هایم مصمم تر نمود.

دوست عزیزم محبوبه:

که استقامت تار رسیدن به هدف را از او آموختم.

## شکر و قدردانی

پروردگارا تو را سپاس که نعمت بزرگی، زیستن و آموختن را به من ارزانی داشتی و چه عظیم است لطف و مهربانت و چه بی دریغانه یاریم کردی هرگاه و هر دم که تو را بخوانم.

بی تردید گذراندن مراحل اجرایی و تدوین این پایان نامه پس از الطاف و عنایات الهی مدیون راهبانی و مساعدت و همکاری بزرگوارانی است که بدون همراهی آنان طی این طریق با مشکلات فراوان همراه بود، لذا بر خود لازم می دانم از کلیه سرورانی که در مراحل مختلف این پژوهش مرا یاری نمودند شکر و قدردانی کنم.

تحت سنراور است نهایت سپاس قلبی خود را تقدیم حضور اساتید راهبانی عزیزم جناب آقای دکتر کاشانی نژاد و کدیور گردانم. از استاد مشاور جناب آقای مهندس سید حسین حسینی که در مراحل انجام و نگارش این تحقیق با دقت نظر مرار راهبانی فرمودند کمال شکر را دارم. از زحمات داوران ارجمند جناب آقای دکتر اعلی و جناب آقای دکتر خمیری صمیمانه قدردانی می نمایم. از همراهی و مساعدت یاننده تحضیلات تکمیلی سرکار خانم دکتر شعبان پور شکر می نمایم.

از کارشناسان گروه مهندسی مواد و نساجی دانشگاه صنعتی اصفهان جناب آقای مهندس عطایی و سرکار خانم مهندس کرباسی به دلیل مساعدت های شان قدردانی می نمایم.

از کادر محترم بخش اصلاح و تهیه نهال و بذرها و کشاورزی استان گلستان به خاطر همکاری شان شکرگرم.

بر خود لازم می دانم از خانواده های سردی و حسینی لاریجانی به خاطر حمایت های بی دریغ شان طی دوران نگارش پایان نامه نهایت قدردانی را بنمایم.

از دوستان ارجمندم سرکار خانم مهندس سلیمی، انصاری پور و رضناگاه و جناب آقای مهندس دارانی و دولوی که محبت ها و راهبانی شان مراد پیشبرد این تحقیق یاری نمود بی نهایت شکرگرم.

## چکیده

جو بعد از گندم، برنج و ذرت چهارمین غله با اهمیت است که مهم‌ترین کاربرد آن در صنعت مالت‌سازی می‌باشد. فرایند مالت‌سازی شامل سه مرحله خیس‌اندن، جوانه‌زنی و خشک کردن است. یکی از پرهزینه‌ترین مراحل تولید مالت خشک کردن می‌باشد که هدف آن توقف رشد بیولوژیکی دانه، حذف آب جهت ثبات انبارداری، حفظ و نگهداری فعالیت آنزیمی و تشکیل عطر و طعم و ترکیبات رنگی است که شدت این امر به دمای مورد استفاده بستگی دارد. با توجه به کمبود منابع سوختی استفاده از زمان طولانی خشک کردن مطلوب نیست. بنابراین استفاده از روش‌های نوین مانند خشک کردن با امواج مایکروویو، به دلیل افزایش راندمان عملیاتی و انرژی بالا می‌تواند مطلوب باشد. در این مطالعه دو رقم دشت و صحرا برای بررسی اثر فرایند مالت‌سازی، دما و نوع خشک‌کن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ارقام جو و مالت حاصل از آن‌ها و ارزیابی ویژگی‌های خشک کردن لایه نازک مالت سبز دو رقم جو صحرا و دشت است. آنالیز واریانس داده‌ها با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین آن‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح آماری ۵٪ انجام شد. نتایج این مرحله از تحقیق نشان داد طی فرایند مالت‌سازی عرض، قطر، قند احیاء‌کننده و قدرت دیاستاتیک افزایش و دانسیته دانه‌ای، دانسیته حجمی و ازت کل کاهش یافت. همچنین نتایج بررسی تغییرات بافت طی فرایند مالت‌سازی، با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نشان داد که مقدار ازت دانه جو بر میزان اصلاح بافت آندوسپرم موثر است، به طوری که در رقم صحرا با مقدار ازت کمتر، نسبت به رقم دشت جداشدن گرانول‌های کوچک از شبکه پروتئینی و هضم دیواره سلولی به مقدار بیشتری مشاهده شد. نتایج بررسی تاثیر دمای خشک کردن (۴۰، ۵۵، ۷۰ و ۸۵°C) بر کیفیت مالت نشان داد که با افزایش دما قدرت دیاستاتیک، بازدهی استخراج عصاره سرد، بازدهی استخراج عصاره گرم و pH کاهش و رنگ مالت افزایش یافت. همچنین دمای ۵۵ و ۸۵°C به ترتیب جهت تولید مالت آنزیمی و غیرآنزیمی مناسب بود. نتایج استفاده از خشک کردن ترکیبی هوای داغ (۵۵°C) - مایکروویو نشان داد که با افزایش توان از ۱۰۰ به ۳۰۰ وات ویژگی‌های کیفی مالت روند مشابه افزایش دما در خشک‌کن هوای داغ داشت. در بین ۶ مدل لوئیس، هندرسون-پایس، پیچ، اصلاح‌شده پیچ، نمایی دوجمله‌ای و تامپسون، مدل پیچ مناسب‌ترین مدل برای توصیف رفتار خشک شدن لایه نازک مالت سبز ارقام جو معرفی شد. ضریب نفوذ موثر در محدوده دمایی ۴۰-۸۵°C برای رقم صحرا از  $10^{-11}$  تا  $3/69 \times 10^{-10}$  مترمربع بر ثانیه و برای رقم دشت از  $10^{-10}$  تا  $2/79 \times 10^{-9}$  مترمربع بر ثانیه تغییر کرد. مقادیر انرژی فعال‌سازی مالت سبز صحرا و دشت به ترتیب ۴۶/۲۰۱ و ۴۹/۷۷۷ کیلوژول بر مول بود.

کلمات کلیدی: جو، مالت، خشک‌کن هوای داغ، خشک‌کن مایکروویو، خشک کردن ترکیبی هوای داغ- مایکروویو، خشک کردن لایه نازک

فصل اول - مقدمه (کلیات - فرضیات و اهداف)

۲	۱-۱- کلیات.....
۲	۱-۱-۱- تاریخچه.....
۲	۱-۱-۲- آمار تولید جو در ایران.....
۵	۱-۱-۳- گیاهشناسی جو.....
۶	۱-۱-۴- ترکیبات شیمیایی جو.....
۸	۱-۱-۵- آنزیم‌های موثر در فرایند مالت‌سازی.....
۸	۱-۱-۵-۱- آنزیم‌های موثر بر کربوهیدرات‌های دانه.....
۹	۱-۱-۵-۲- آنزیم‌های موثر بر پروتئین دانه.....
۱۰	۱-۱-۵-۳- آنزیم‌های موثر بر دیواره سلولی آندوسپرم دانه.....
۱۰	۱-۱-۶- فرایند تولید مالت.....
۱۷	۱-۱-۷- انواع مالت.....
۱۷	۱-۱-۸- فرایند عصاره‌گیری.....
۱۹	۱-۱-۹- تئوری خشک کردن و انواع خشک‌کن‌های مورد استفاده در صنعت.....
۲۴	۱-۱-۱۰- معادلات خشک کردن لایه نازک.....
۳۰	۱-۲- فرضیه‌ها و اهداف تحقیق.....

فصل دوم - مروری بر مطالعات انجام شده

۳۲	۱-۲- تاثیر ترکیبات دانه جو بر فرایند مالت‌سازی.....
۳۳	۲-۲- تاثیر فرایند مالت‌سازی بر خواص فیزیکوشیمیایی جو.....
۳۳	۱-۲-۲- مرحله خیساندن.....
۳۴	۲-۲-۲- مرحله جوانه‌زنی.....
۳۷	۳-۲-۲- مرحله خشک کردن.....
۴۱	۱-۳-۲-۲- مطالعات انجام شده در مورد خشک کردن مواد غذایی.....
۴۳	۳-۲- عصاره‌گیری.....

عنوان	صفحه
<b>فصل سوم - مواد و روش ها</b>	
۱-۳- زمان و مکان تحقیق.....	۴۸
۲-۳- مواد شیمیایی و تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق.....	۴۸
۳-۳- نمونه‌های جو.....	۴۹
۴-۳- روش جمع آوری داده‌ها و آزمون آن‌ها.....	۴۹
۱-۴-۳- ابعاد دانه.....	۴۹
۲-۴-۳- دانسیته دانه‌ای ( $\rho_k$ ).....	۵۰
۳-۴-۳- دانسیته توده‌ای ( $\rho_b$ ).....	۵۰
۴-۴-۳- تخلخل ( $\epsilon$ ).....	۵۰
۵-۴-۳- رنگ دانه.....	۵۱
۶-۴-۳- مقدار رطوبت.....	۵۱
۷-۴-۳- مقدار ازت.....	۵۲
۸-۴-۳- مقدار قند احیاءکننده.....	۵۲
۹-۴-۳- قدرت دیاستاتیک.....	۵۳
۱۰-۴-۳- بازدهی استخراج عصاره آب سرد.....	۵۴
۱۱-۴-۳- بازدهی استخراج عصاره آب گرم.....	۵۴
۱۲-۴-۳- pH جو، مالت و ورت.....	۵۵
۵-۳- روش اجرای تحقیق.....	۵۵
۱-۵-۳- تولید مالت و ارزیابی ویژگی‌های آن.....	۵۵
۲-۵-۳- تولید مالت در دماها و خشک‌کن‌های مختلف و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن.....	۵۶
۳-۵-۳- مدل‌سازی خشک شدن مالت سبز.....	۵۷
۶-۳- روش تجزیه و تحلیل داده‌ها.....	۵۸



فصل چهارم - نتایج و بحث

۶۲.....	۱-۴-۱- تاثیر فرایند مالت سازی بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی ارقام جو.
۶۲.....	۱-۴-۱-۱- ابعاد دانه.....
۶۳.....	۱-۴-۲-۱- رطوبت.....
۶۳.....	۱-۴-۳-۱- دانسیته حجمی، دانه ای و تخلخل.....
۶۴.....	۱-۴-۴-۱- ازت کل.....
۶۵.....	۱-۴-۵-۱- قند احیاء کننده.....
۶۶.....	۱-۴-۶-۱- قدرت دیاستاتیک.....
۶۷.....	۱-۴-۷-۱- pH.....
۶۷.....	۱-۴-۸-۱- رنگ.....
۶۹.....	۱-۴-۹-۱- بررسی نتایج تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی.....
۷۸.....	۲-۴-۱- تاثیر دما و نوع خشک کن بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی مالت ارقام جو.....
۷۸.....	۲-۴-۱-۱- قدرت دیاستاتیک.....
۸۱.....	۲-۴-۲-۱- بازدهی استخراج عصاره آب سرد.....
۸۴.....	۲-۴-۳-۱- بازدهی استخراج عصاره آب گرم.....
۸۷.....	۲-۴-۴-۱- pH.....
۸۹.....	۲-۴-۵-۱- رنگ.....
۹۱.....	۳-۴-۱- مدل سازی خشک کردن مالت سبز.....
۹۱.....	۳-۴-۱-۱- اثر درجه حرارت بر شدت خشک شدن مالت سبز.....
۹۷.....	۳-۴-۲-۱- اثر درجه حرارت بر ضریب نفوذ موثر.....
۱۰۰.....	۳-۴-۳-۱- مدل سازی خشک کردن مالت سبز.....

## فهرست مطالب

---

صفحه

عنوان

### فصل پنجم - نتیجه گیری کلی و پیشنهادات

۱-۵- نتیجه گیری کلی..... ۱۰۹

۲-۵- پیشنهادات..... ۱۱۱

۱-۲-۵- پیشنهادات اجرایی..... ۱۱۱

۲-۲-۵- پیشنهادات پژوهشی..... ۱۱۲

منابع..... ۱۱۳

ضمایم

## فهرست جداول

- جدول ۱-۱- سطح زیر کشت و میزان تولید جو به تفکیک استان (سال زراعی ۸۴-۸۳)..... ۴
- جدول ۱-۲- دما و زمان گزارش شده توسط محققین جهت خشک کردن مالت سبز..... ۱۵
- جدول ۱-۳- زمان لازم جهت خشک کردن مالت سبز تا رطوبت مناسب..... ۵۷
- جدول ۲-۳- نحوه انجام محاسبات ریاضی..... ۵۸
- جدول ۳-۳- معادلات خشک کردن لایه نازک منتخب جهت توصیف خشک شدن مالت سبز..... ۵۸
- جدول ۱-۴- تاثیر فرایند مالت‌سازی بر ابعاد دانه‌های جو..... ۶۳
- جدول ۲-۴- تاثیر فرایند مالت‌سازی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ارقام جو..... ۶۴
- جدول ۳-۴- بررسی اثر فرایند مالت‌سازی بر رنگ دانه جو ارقام مورد بررسی..... ۶۸
- جدول ۴-۴- تاثیر دما و نوع خشک‌کن بر رنگ مالت ارقام مختلف جو..... ۹۱
- جدول ۴-۵- شدت خشک شدن اولیه، نیمه عمر عکس‌العمل و رطوبت تعادلی دماهای مختلف خشک‌کردن مالت سبز جو صحرا..... ۹۳
- جدول ۴-۶- شدت خشک شدن اولیه، نیمه عمر عکس‌العمل و رطوبت تعادلی دماهای مختلف خشک‌کردن مالت سبز جو دشت..... ۹۳
- جدول ۴-۷- ضریب نفوذ موثر مالت سبز حاصل از دو رقم صحرا و دشت در دماهای مختلف..... ۹۸
- جدول ۴-۸- نتایج آماری برآزش داده‌های آزمایشگاهی به مدل‌های مختلف رقم صحرا..... ۱۰۲
- جدول ۴-۹- نتایج آماری برآزش داده‌های آزمایشگاهی به مدل‌های مختلف رقم دشت..... ۱۰۳
- جدول ۴-۱۰- ضرایب معادلات مدل‌های مختلف در شرایط دمایی متفاوت رقم صحرا..... ۱۰۵
- جدول ۴-۱۱- ضرایب معادلات مدل‌های مختلف در شرایط دمایی متفاوت رقم دشت..... ۱۰۶

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- ساختمان دانه جو..... ۶
- شکل ۲-۱- ساختمان مولکول نشاسته و محل اثر آنزیم‌های موثر بر آن..... ۷
- شکل ۳-۱- نمای کلی فرایند مالت‌سازی..... ۱۲
- شکل ۴-۱- منحنی عمومی خشک شدن..... ۲۲
- شکل ۱-۴- تصویر بافت آندوسپرم دانه جو رقم صحرا (بزرگنمایی ۱۲۵ برابر)..... ۷۰
- شکل ۲-۴- تصویر بافت آندوسپرم دانه جو رقم دشت (بزرگنمایی ۱۲۵ برابر)..... ۷۰
- شکل ۳-۴- تصویر بافت آندوسپرم دانه جو رقم صحرا (بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر)..... ۷۲
- شکل ۴-۴- تصویر بافت آندوسپرم دانه جو رقم دشت (بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر)..... ۷۲
- شکل ۵-۴- تصویر بافت آندوسپرم مالت جو رقم صحرا (بزرگنمایی ۱۲۵ برابر)..... ۷۴
- شکل ۶-۴- تصویر بافت آندوسپرم مالت جو رقم دشت (بزرگنمایی ۱۲۵ برابر)..... ۷۴
- شکل ۷-۴- تصویر بافت آندوسپرم مالت جو رقم صحرا (بزرگنمایی ۲۰۰۰ برابر)..... ۷۷
- شکل ۸-۴- تصویر بافت آندوسپرم مالت جو رقم دشت (بزرگنمایی ۲۰۰۰ برابر)..... ۷۷
- شکل ۹-۴- اثر دما و نوع خشک‌کن بر قدرت دیاستاتیک مالت رقم صحرا..... ۸۰
- شکل ۱۰-۴- اثر دما و نوع خشک‌کن بر قدرت دیاستاتیک مالت رقم دشت..... ۸۰
- شکل ۱۱-۴- اثر دما و نوع خشک‌کن بر استخراج عصاره آب سرد مالت رقم صحرا..... ۸۳
- شکل ۱۲-۴- اثر دما و نوع خشک‌کن بر استخراج عصاره آب سرد مالت رقم دشت..... ۸۳
- شکل ۱۳-۴- اثر دما و نوع خشک‌کن بر بازدهی استخراج عصاره آب گرم مالت رقم صحرا..... ۸۶
- شکل ۱۴-۴- اثر دما و نوع خشک‌کن بر بازدهی استخراج عصاره آب گرم مالت رقم دشت..... ۸۶
- شکل ۱۵-۴- اثر دما و نوع خشک‌کن بر pH ورت مالت رقم صحرا..... ۸۸
- شکل ۱۶-۴- اثر دما و نوع خشک‌کن بر pH ورت مالت رقم دشت..... ۸۸
- شکل ۱۷-۴- اثر دما و نوع خشک‌کن بر  $\Delta E$  مالت رقم صحرا..... ۹۰
- شکل ۱۸-۴- اثر دما و نوع خشک‌کن بر  $\Delta E$  مالت رقم دشت..... ۹۰
- شکل ۱۹-۴- اثر درجه حرارت بر مقدار رطوبت مالت سبز جو صحرا..... ۹۴
- شکل ۲۰-۴- اثر درجه حرارت بر مقدار رطوبت مالت سبز جو دشت..... ۹۴
- شکل ۲۱-۴- اثر درجه حرارت بر MR مالت سبز جو صحرا..... ۹۵
- شکل ۲۲-۴- اثر درجه حرارت بر MR مالت سبز جو دشت..... ۹۵

- شکل ۴-۲۳- اثر درجه حرارت بر شدت خشک شدن مالت سبز جو صحرا..... ۹۶
- شکل ۴-۲۴- اثر درجه حرارت بر شدت خشک شدن مالت سبز جو دشت..... ۹۶
- شکل ۴-۲۵- تغییرات  $\ln MR$  مالت سبز جو صحرا نسبت به زمان در دماهای مختلف..... ۹۷
- شکل ۴-۲۶- تغییرات  $\ln MR$  مالت سبز جو دشت نسبت به زمان در دماهای مختلف..... ۹۷
- شکل ۴-۲۷- اثر دما بر ضریب نفوذ موثر مالت سبز جو صحرا..... ۹۹
- شکل ۴-۲۸- اثر دما بر ضریب نفوذ موثر مالت سبز جو دشت..... ۱۰۰
- شکل ۴-۲۹- مقایسه رطوبت واقعی و محاسبه شده رقم صحرا با معادله Page در دماهای مختلف..... ۱۰۷
- شکل ۴-۳۰- مقایسه رطوبت واقعی و محاسبه شده رقم دشت با معادله Page در دماهای مختلف..... ۱۰۷

# فصل اول

مقدمه

## ۱-۱- کلیات

### ۱-۱-۱- تاریخچه

جو بعد از گندم، برنج و ذرت چهارمین غله مهم است که کشت آن به حدود ده هزار سال پیش بازمی‌گردد (دندی و دبرژیک؛ ۲۰۰۱). از جو به طور عمده در خوراک دام و صنعت مالت‌سازی استفاده می‌شود، که مورد اخیر مهم‌ترین کاربرد غذایی آن است (سلوس و همکاران؛ ۲۰۰۶). در صنعت مالت‌سازی از غلات مختلفی مانند جو، گندم، چاودار، سورگوم، ارزن و تریکاله استفاده می‌گردد. اما به دلیل وجود ترکیب شیمیایی خاص، تغییرات مطلوب طی جوانه‌زنی و وجود پوسته که نقش حفاظت از جوانه را طی حمل و نقل بر عهده دارد، جو از امتیاز بالاتری نسبت به سایر غلات برخوردار است (دندی و دبرژیک؛ ۲۰۰۱). از علل دیگر مناسب بودن جو برای مالت‌سازی وجود سلول‌های ضخیم لایه آلورون است که موجب فعالیت آمیلولیتیک بالای آن می‌گردد (لو و همکاران؛ ۲۰۰۴).

### ۱-۱-۲- آمار تولید جو در ایران

بر اساس جدول (۱-۱) سطح زیر کشت جو کشور در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ حدود ۱/۶۶ میلیون هکتار بوده است که از این مقدار ۳۶/۶۱٪ آن کشت آبی و ۶۳/۳۹٪ دیم بوده و استان

خراسان رضوی با ۱۱/۲۴٪ و استان هرمزگان با ۰/۲۹٪ از کل اراضی تحت کشت جو به ترتیب بیشترین و کمترین سطح زیر کشت این محصول را دارا می‌باشند. استان‌های لرستان، فارس، کرمانشاه، خوزستان، اردبیل و آذربایجان شرقی به ترتیب با ۸/۵۷، ۸/۴۶، ۶/۳۷، ۵/۷۴ و ۴/۸۱٪ از اراضی جو کشور در مقام‌های دوم تا هفتم قراردارند. بیش از ۵۰٪ (۵۳/۹۸٪) کشت جو در هفت استان مذکور و مابقی در سایر استان‌های کشور کشت می‌شود (مدیریت طرح و برنامه‌ریزی؛ ۱۳۸۵).



جدول ۱-۱- سطح زیر کشت و میزان تولید جو به تفکیک استان (سال زراعی ۸۴-۸۳)

تولید (تن)			سطح زیر کشت (هکتار)			استان
جمع	دیم	آبی	جمع	دیم	آبی	نوع کشت
۱۱۶۳۶۵	۵۴۶۴۸	۶۱۷۰۸	۷۹۸۸۵	۵۸۲۹۸	۲۱۲۸۷	آذربایجان شرقی
۷۶۲۱۷	۳۸۴۴۱	۳۷۷۷۶	۵۱۵۵۶	۳۵۹۰۴	۱۵۶۵۲	آذربایجان غربی
۱۳۲۲۶۹	۶۶۵۳۳	۶۵۷۳۶	۹۵۳۱۶	۲۲۷۵۰	۲۲۷۶۶	اردبیل
۱۸۶۹۶۹	۳۷۱۶	۱۸۳۲۵۳	۵۴۸۳۵	۷۱۳۲	۴۷۷۰۳	اصفهان
۶۳۴۴۸	۶۱۳۵۹	۲۴۸۹	۶۲۱۹۲	۶۱۱۵۶	۱۰۳۶	ایلام
۱۶۲۳۸	۱۶۳۰۵	۱۹۳۳	۳۱۷۳۰	۳۰۶۶۵	۱۰۶۵	بوشهر
۱۵۰۷۸۱	-	۱۵۰۷۸۱	۴۰۹۰۵	-	۴۰۹۰۵	تهران
۳۲۵۷۵	۱۶۱۲۰	۱۶۴۵۵	۲۰۳۰۶	۱۴۵۸۴	۵۷۲۲	چهار محال بختیاری
۲۹۵۰۷	۱۱۳۶	۲۸۳۷۱	۱۳۷۱۲	۳۹۷۵	۹۷۳۷	خراسان جنوبی
۴۵۹۹۴۳	۳۱۷۴۶	۴۲۸۱۹۷	۱۸۶۵۰۹	۵۵۸۰۶	۱۳۰۷۰۳	خراسان رضوی
۹۳۴۹۴	۲۲۰۶۷	۷۱۴۲۷	۴۶۸۳۶	۲۲۸۴۳	۲۳۹۹۳	خراسان شمالی
۱۰۲۵۱۵	۵۴۱۹۹	۴۸۳۱۶	۱۰۵۷۱۳	۷۹۹۳۵	۲۵۷۷۸	خوزستان
۶۰۸۵۱	۲۷۲۲۰	۳۳۶۳۱	۴۹۷۷۸	۳۷۶۶۰	۱۲۱۱۸	زنجان
۴۲۴۷۴	۱۹۴۳	۴۰۵۳۱	۱۴۵۲۲	۲۰۱۴	۱۲۵۰۸	سمنان
۳۳۸۸۸	۱۰۵۱	۳۲۸۳۷	۲۴۲۴۴	۷۲۶	۲۳۵۱۸	سیستان و بلوچستان
۱۹۹۷۹۵	۷۹۹۶۳	۱۱۹۸۳۲	۱۴۰۴۳۰	۱۰۱۵۴۲	۳۸۸۸۸	فارس
۵۹۳۰۸	۶۰۹۸	۵۳۲۱۰	۲۵۹۹۳	۱۰۷۶۹	۱۵۲۲۴	قزوین
۶۸۸۱۵	-	۶۸۸۱۵	۱۹۸۴۶	-	۱۹۸۴۶	قم
۴۵۶۵۳	۲۸۸۲۷	۱۶۸۲۶	۳۳۸۷۴	۲۸۲۸۹	۵۵۸۵	کردستان
۴۸۲۱۶	۱۸۰	۴۸۰۳۶	۲۱۱۳۲	۲۵۵	۲۰۸۷۷	کرمان
۱۷۱۳۲۷	۱۴۱۷۳۲	۲۹۵۹۵	۱۱۲۶۵۷	۱۰۶۱۳۳	۶۵۲۴	کرمانشاه
۴۲۴۸۸	۳۳۰۲۳	۹۴۶۰	۳۹۷۷۴	۳۶۱۶۴	۳۶۱۰	کهگیلویه و بویراحمد
۹۵۳۸۸	۸۳۷۴۱	۱۱۶۴۷	۶۴۳۸۵	۵۹۹۱۰	۴۴۷۵	گلستان
۷۱۸۵	۷۰۹۳	۹۲	۶۴۶۶	۶۴۳۲	۳۴	گیلان
۱۹۶۰۲۳	۱۸۲۸۷۳	۱۳۱۵۰	۱۷۵۴۵۶	۱۶۷۱۹۶	۸۲۶۰	لرستان
۱۳۴۹۳	۹۴۸۸	۴۰۰۵	۱۸۶۵۱	۱۶۵۷۶	۲۰۷۵	مازندران
۱۱۱۷۱۱	۱۴۸۴	۱۱۰۲۲۷	۳۵۳۵۵	۱۶۹۹	۳۳۶۵۶	مرکزی
۵۷۸۵	۲۷۴۵	۳۰۴۰	۴۷۳۰	۳۴۵۴	۱۲۷۶	هرمزگان
۱۵۰۰۹	۳۰۱۶۰	۱۱۹۹۸۴	۶۶۵۱۵	۲۹۷۶	۱۲۷۶	همدان
۱۹۵۶۰	-	۱۹۵۶۰	۶۴۱۷	-	۶۴۱۷	یزد
۲۱۹۰۷	-	۲۱۹۰۷	۹۴۵۱	-	۹۴۵۱	منطقه جیرفت و کهنوج
۲۸۵۶۶۶۴	۱۰۰۳۸۳۷	۱۸۵۲۸۲۷	۱۶۵۹۱۷۱	۱۰۵۱۶۸۶	۶۰۷۴۸۵	کل کشور

## ۱-۱-۳- گیاهشناسی جو

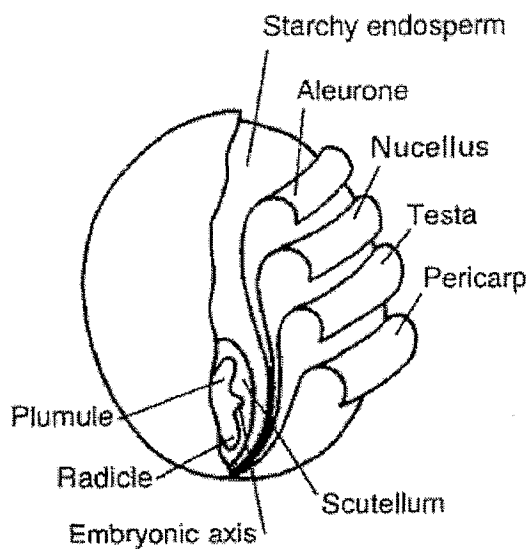
جو با نام علمی *Hordeum vulgare* L. از خانواده پواسه<sup>۱</sup> است. ساختمان دانه جو در فرایند مالت‌سازی بسیار موثر است لذا شناخت آن می‌تواند در درک بهتر فرایند مهم باشد.

شکل (۱-۱) قسمت‌های مختلف دانه جو را نشان می‌دهد. پوشش خارجی از دو قسمت لِمَا<sup>۲</sup> و پالئا<sup>۳</sup> تشکیل شده که محکم به دانه چسبیده‌اند. پوشش داخلی شامل پریکارپ (اپی‌کارپ، مزوکارپ و سلول‌های متقاطع) و تستا (کوتیکول داخلی و خارجی) است. رنگ دانه به دلیل حضور رنگدانه‌ها در لایه تستا (کوتیکول خارجی) می‌باشد. جوانه شامل محور جنینی و اسکوتلوم<sup>۴</sup> است. محور جنینی از دو قسمت ریشه‌چه و ساقه‌چه تشکیل شده است که در غلاف اسکوتلوم و چسبیده به آن قرار دارد، به طوری که لایه اسکوتلوم بین محور جنینی و آندوسپرم است. لایه اسکوتلوم، نقش ترشح آنزیم و انتقال آن را به محور جنینی طی جوانه‌زنی بر عهده دارد (کوک؛ ۱۹۶۲).

آندوسپرم قسمت اعظم بافت دانه را تشکیل می‌دهد و شامل آندوسپرم نشاسته‌ای و لایه آلورون می‌باشد. آندوسپرم حاوی مواد ذخیره‌ای به صورت نامحلول است که در حقیقت مواد مورد نیاز رشد آکروسپایر طی جوانه‌زنی<sup>۵</sup> را تأمین می‌کند. توزیع مقدار نشاسته و پروتئین در آندوسپرم نشاسته‌ای تمامی غلات عکس هم است، به طوری که مقدار پروتئین از مرکز به طرف خارج آندوسپرم نشاسته‌ای افزایش می‌یابد. دیواره سلول‌های آندوسپرم نشاسته‌ای از  $D-\beta$ -(۱→۳) و  $(1\rightarrow4)$  گلوکان تشکیل شده است. لایه آلورون اطراف آندوسپرم نشاسته‌ای در جو از سه ردیف سلولی ساخته شده است. لایه آلورون و اسکوتلوم در پاسخ به ترشح هورمون جیبرلین از محور جنینی، آنزیم‌های لازم برای هضم مواد ذخیره‌ای آندوسپرم را فراهم می‌کنند (دندی و دبرژیک؛ ۲۰۰۱، کیتراپول و همکاران؛ ۲۰۰۵).

1-Poaceae  
3-palea  
5-Germination

2-Lema  
4-Scutellum



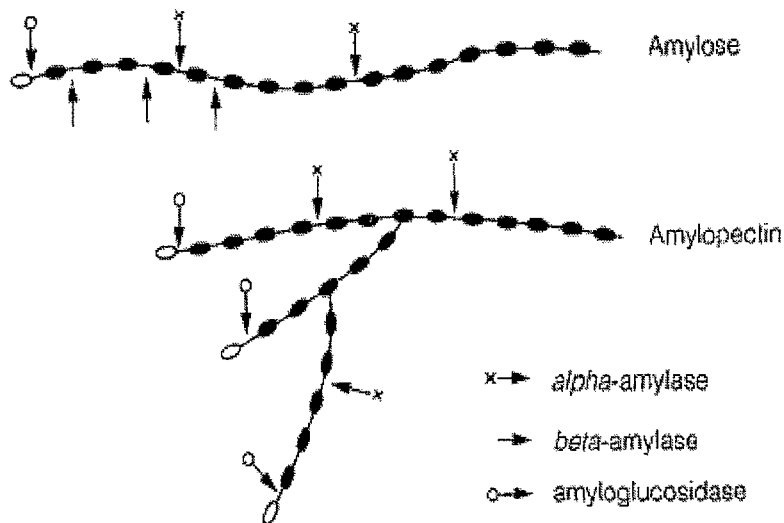
شکل ۱-۱- ساختمان دانه جو

#### ۱-۱-۴- ترکیبات شیمیایی جو

کربوهیدرات‌های جو به دو دسته کربوهیدرات‌های نشاسته‌ای و غیر نشاسته‌ای تقسیم می‌شوند. مقدار نشاسته به عنوان کربوهیدرات‌های نشاسته‌ای در دانه‌های درشت ۶۵-۵۸٪ است (دندی و دبرژیک؛ ۲۰۰۱). نشاسته از پلیمرهای خطی آمیلوز با پیوند گلیکوزیدی  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  و پلیمر منشعب آمیلوپکتین که پلیمرهای خطی در آن با پیوند  $\alpha(1 \rightarrow 6)$  به هم متصل شده‌اند تشکیل شده‌است (شکل ۱-۲) (کنت و اورس؛ ۱۹۹۴).

مقدار کربوهیدرات‌های غیر نشاسته‌ای مانند  $\beta$ -گلوکان‌ها و پنتوزان‌ها در دانه‌های درشت به ترتیب ۳-۶٪ و ۷-۱۱٪ است که این دو ترکیب در دیواره سلولی وجود دارند (دندی و دبرژیک؛ ۲۰۰۱).

حدود ۷۰٪ دیواره سلولی را  $\beta$ -گلوکان تشکیل می‌دهد لذا مقدار آنزیم  $\beta$ -گلوکوناز دارای اهمیت زیادی است (کنت و اورس؛ ۱۹۹۴). پنتوزان یک ترکیب ویسکوز محلول در آب است که طی فرایند خیساندن کاهش می‌یابد (کوک؛ ۱۹۶۲).



شکل ۱-۲- ساختمان مولکول نشاسته و محل اثر آنزیم‌های موثر بر آن

پروتئین‌های دانه جو شامل گلوتلین‌ها (۴/۴۱٪)، پرولامین‌ها (۴/۳۷٪) (شاخص این دسته هوردئین است که از جمله پروتئین‌های نامحلول در آب به شمار می‌آید و قسمت اعظم مواد پروتئینی دانه را تشکیل می‌دهد)، گلوبولین‌ها (۵/۱۸٪) و آلبومین‌ها (۹/۲٪) هستند. دانه جو مانند سایر غلات از نظر اسیدآمینو لیزین فقیر است (دندی و دبرژیک؛ ۲۰۰۱).

مقدار چربی جو معمولاً حدود ۳/۵٪ است که ۲/۵٪ آن در جوانه و لایه آلورون وجود دارد (کیتراپاول و همکاران؛ ۲۰۰۵). آنزیم لپاز و لیپواکسیداز که در هیدرولیز چربی‌ها موثرند در جو وجود دارند. لیپواکسیداز توانایی ایجاد تغییر در اسیدهای چرب آزاد و منوگلیسریدها را دارد که بدین ترتیب باعث پیشرفت فرایند لیپولیز می‌گردد (کنت و اورس؛ ۱۹۹۴).

جو دارای ۲-۳٪ خاکستر است و از میان مواد معدنی موجود مقدار آهن از سایر عناصر بیشتر است (کیتراپاول و همکاران؛ ۲۰۰۵).

از جمله ویتامین‌های موجود در جو می‌توان به نیاسین،  $B_6$ ، تیامین و  $E$  اشاره کرد (کیتراپاول و همکاران؛ ۲۰۰۵).