



# خدایا

از وفور نعمت که پیوسته در زندگیم متجلی می شود به وجد می آیم. از برکت بی کرانت که اینجا و اکنون، بیش از

اندازه مورد نیازم جلوه گری می شود سپاسگذارم.

# تقدیم به:

پدر و مادر مهربانم

که پر معنا ترین، عمیق ترین و جاودانه ترین واژه های زندگی ام هستند، آنان که دوستان دارم و به آنان عشق می ورزم.

آنان که وجودم برایشان همه رنج است و وجودشان برایم همه مهر، توانشان رفت تا به توانی برسم؛ مویشان سپید گشت تا رویم سپید بماند. آنان که

فروغ نجایشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان، سرمایه های جاودان زندگی من است. آنان که راستی قامت، در شگفتی قاتشان تجلی یافت.

در برابر وجود کرامتشان زانوی ادب بر زمین می نهم و بادی ملو از عشق و محبت و خضوع، بردستان بوسه می زنم.

سرو وجودشان، همواره استوار باد.

## تقدیر و تشکر

سپاس خدایی را که اول است و پیش از او اولی نبود و پس از او آخری نباشد، سپاسی که حد آن را انتها نباشد و پیمانش را دسترس نباشد. بعد از حمد و سپاس این دو منان که توفیق کسب علم و دانش را تا به امروز روزی زندگی من قرار داده بر خود لازم می دانم از اولین و برترین معلمان زندگی ام، که تمام بستی ام را دیون قلب مهربان و سایه پر مهرشان، بستم تشکر کنم.

از محضر استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر امیر حسین افکاری سیاح، که همواره با صبر و حوصله فراوان، راهنمایی این پیمان نامه را انجام داده و با نظرهای ارزشمند و راهنمایی خویش، با دایت تمام مراد امر تهیه و تدوین مطالب یاری نمودند کمال تشکر را دارم و برایشان آرزوی سلامتی و موفقیت دارم. از راهنمایی های اساتید مشاورم آقای دکتر عزت اله عسکری اصلی ارده و آقای دکتر عبداله گل محمدی به خاطر کمک ایشان سپاسگزارم. از جناب آقای دکتر منصور راسخ که قبول زحمت فرمودند و داوری این پایان نامه را بعهده گرفتند تشکر میکنم. از جناب آقای دکتر شایسته قلی مدیر گروه محترم گروه مکانیک ماشین های کشاورزی نیز تشکر میکنم. از خواهر و برادر هایم که همواره حامی و مشوقم بودند تشکر میکنم، از دوست عزیزم خانم مهندس سهیلا یآوری که همیشه با راهنمایی ها و دلگرمی هایش برای ام می کرد تشکر می کنم. تشکر ویژه دارم از دوستان خوبم، خانم مهندس زهرانبوی، مهرنوش دهبقان، مبین محمدی، زهرا صفریان، خدیجه نصرنژاد، فرشته حسن خانی، پریشان دینی، نسیرین ایمنی پور و مدیریه بستی که محظرات شیرینی را در کنارشان داشتم. از بهکلاسی ام مهندس هادی رحمانی نیز به خاطر کمک هایش تشکر می کنم. و در پایان از مسئول محترم آزمایشگاه، جناب آقای نطفات که در طی مراحل انجام پیمان نامه همکاری های لازم را با اینجانب داشتند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

رویا فرهادی

شهریور ۱۳۹۰

نام: رویا	نام خانوادگی دانشجو: فرهادی	
عنوان پایان نامه: تعیین خواص فیزیکی مغز گردو در یک رقم ایرانی و امکان شناسایی دانه‌های معیوب به روش ماشین بینایی		
استاد راهنما: دکتر امیرحسین افکاری سیاح		
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مکانیک ماشین‌های کشاورزی	دانشگاه: محقق اردبیلی
تعداد صفحه: ۸۷	تاریخ فارغ التحصیلی: شهریور ۱۳۹۰	دانشکده: کشاورزی
کلید واژه‌ها: مغز گردو - خصوصیات فیزیکی - ماشین بینایی - جداسازی کیفی - رنگ		
<p><b>چکیده:</b></p> <p>گردو از آن دسته محصولاتی است که به دلیل ارزش اقتصادی بالا عموماً در دسته‌های کیفی متعددی طبقه‌بندی می‌شود برای این منظور اطلاع از خواص فیزیکی و ظاهری مغز آن به‌ویژه با هدف تامین اطلاعات لازم برای طراحی ماشین‌های جداسازی و درجه‌بندی ضروری است. در این تحقیق خواص فیزیکی مغز گردو رقم کاغذی از طریق روش‌های موجود و خواص ظاهری آن از طریق تکنیک ماشین بینایی مورد بررسی قرار گرفته است. خواص فیزیکی شامل ویژگی‌های ابعادی از جمله طول، پهنا، ضخامت، قطر میانگین حسابی، قطر میانگین هندسی، ضریب کرویت، مساحت سطح رویه و همچنین ویژگی‌های ثقلی شامل جرم، حجم و چگالی حقیقی اندازه‌گیری و تفاوت آنها در سه دسته مغز گردو سالم روشن، سالم تیره و معیوب مورد بررسی قرار گرفت. میانگین طول در هر سه نمونه سالم روشن، سالم تیره و معیوب به ترتیب، ۲۴/۷۴، ۲۶/۶۹، ۲۱/۵۸ میلیمتر، میانگین وزن نمونه سالم روشن، سالم تیره و معیوب به ترتیب، ۲/۹۰، ۲/۳۹ و ۱/۲۲ گرم و میانگین حجم برای نمونه سالم روشن، سالم تیره و معیوب به ترتیب، ۲۸۵۰، ۲۵۷۰، ۱۳۶۰ میلی‌متر مکعب بدست آمد. ضریب اصطکاک استاتیکی بین ۰/۲۵-۰/۳۵ تغییر کرد، مغزهای گردو بر روی سطوح چوبی بیشترین و بر روی سطوح آلومینیومی کمترین ضریب اصطکاک را دارند. همچنین نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری را بین دسته‌های کیفی از لحاظ اغلب مولفه‌های فیزیکی نشان می‌دهد، بطوریکه جداسازی نمونه‌های سالم از نمونه‌های معیوب بر اساس ضخامت، وزن و حجم امکان‌پذیر است. همچنین در این تحقیق خواص ظاهری مغز گردو از قبیل رنگ و بافت محصول از طریق ماشین بینایی در سه دسته کیفی مورد بررسی قرار گرفت. برای ویژگی رنگ از سه فضای رنگی، RGB، <math>L^*A^*B^*</math> و HSV استفاده شد، بر اساس نتایج بدست آمده معلوم شد که نمونه‌ها در هر سه فضای ذکر شده، مقادیر مختلفی از پارامترهای این فضاها را از خود نشان می‌دهند که این مقادیر اختلاف معنی‌داری با هم دارند. در مورد میانگین مولفه‌های ویژگی ظاهری بافت نیز نتایج مشابهی مشاهده شد. در میان روش‌های مورد استفاده برای ویژگی‌های ظاهری، فضای رنگی RGB بهترین نتایج را برای جداسازی کیفی به ما داد.</p>		

## فهرست مطالب

### صفحه

فصل اول مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- مشخصات گیاهشناسی گردو.....	۳
۱-۲-۱- میوه و دانه گردو.....	۴
۲-۲-۱- عوامل موثر بر پوکی گردو.....	۴
۳-۲-۱- تاریخچه گردو.....	۵
۴-۲-۱- مناطق کشت گردو.....	۵
۵-۲-۱- ارقام گردو.....	۵
۶-۲-۱- مغز گردو.....	۵
۷-۲-۱- ترکیبات شیمیایی تشکیل دهنده گردو.....	۵
۳-۱- پراکنش جغرافیایی.....	۶
۱-۳-۱- ارقام موجود در ایران.....	۶
۲-۳-۱- اهمیت گردو در ایران.....	۷
۴-۱- سطح زیر کشت گردو در جهان و ایران.....	۷
۵-۱- مراحل تهیه مغز گردو.....	۸
۱-۵-۱- برداشت (چیدن).....	۸
۲-۵-۱- مرحله مغز کردن.....	۹
۳-۵-۱- بسته بندی.....	۹
۴-۵-۱- جایگاه نگهداری مغز گردو (انبار).....	۹
۶-۱- تعاریف و اصطلاحات.....	۹

- ۷-۱- لزوم درجه بندی گردو ..... ۱۲
- ۸-۱- اهمیت درجه بندی مغز گردو ..... ۱۴
- ۹-۱- ماشین بینایی ..... ۱۴
- ۹-۱-۱- درجه بندی با ماشین بینایی ..... ۱۵
- ۹-۱-۲- ملاحظات اقتصادی ..... ۱۶
- ۱۰-۱- کاربرد تکنیک ماشین بینایی ..... ۱۷
- ۱۱-۱- ماشین بینایی و پردازش تصویر ..... ۱۷
- ۱۱-۱-۱- پردازش تصویر ..... ۱۸
- ۱۱-۱-۲- اجزاء یک سیستم ماشین بینایی ..... ۱۹
- ۱۲-۱- روش های فیزیکی ..... ۱۹
- ۱۳-۱- اهداف کلی ..... ۲۰
- ۱۴-۱- مروری بر تحقیقات گذشته ..... ۲۰
- فصل دوم: مواد و روش ها ..... ۲۶
- ۲-۱-۱- آماده سازی نمونه ها ..... ۲۷
- ۲-۲- اندازه گیری خواص فیزیکی ..... ۲۷
- ۲-۲-۱- اندازه گیری ابعاد محصولات ..... ۲۸
- ۲-۲-۲- اندازه گیری حجم ..... ۲۹
- ۲-۲-۳- اندازه گیری وزن ..... ۳۰
- ۲-۲-۴- اندازه گیری چگالی حقیقی ..... ۳۱
- ۲-۲-۵- چگالی توده ..... ۳۲
- ۲-۲-۶- اندازه گیری تخلخل ..... ۳۱

- ۳۱..... ۷-۲-۲- اندازه گیری زاویه شیب طبیعی و قرارگیری (ریپوز)
- ۳۲..... ۸-۲-۲- اندازه گیری ضریب اصطکاک ایستا
- ۳۳..... ۳-۲- ماشین بینایی
- ۳۳..... ۱-۳-۲- سیستم ماشین بینایی مورد استفاده
- ۳۴..... ۲-۳-۲- محفظه نور پردازی
- ۳۵..... ۳-۳-۲- نوع نور مورد استفاده
- ۳۶..... ۴-۲- ویژگی تصاویر از لحاظ رنگ
- ۴۰..... ۱-۴-۲- فضای رنگی RGB
- ۴۰..... ۲-۴-۲- فضای رنگی HSV
- ۴۰..... ۳-۴-۲- فضای رنگی  $L^* a^* b^*$
- ۴۲..... ۵-۲- ویژگی تصویر از لحاظ بافت
- ۴۳..... ۶-۲- تجزیه و تحلیل داده ها
- ۴۴..... فصل سوم: نتایج و بحث
- ۴۵..... ۱-۳- اندازه گیری ویژگی های ابعادی
- ۴۵..... ۲-۱-۳- مقادیر میانگین حاصل از اندازه گیری خواص فیزیکی مغز گردو
- ۴۶..... ۲-۱-۳- نمودارهای فراوانی ابعاد اصلی
- ۴۷..... ۳-۱-۳- مقایسه میانگین داده های بدست آمده
- ۴۸..... ۴-۱-۳- تجزیه واریانس
- ۵۳..... ۲-۳- اندازه گیری ویژگی های ثقلی
- ۵۳..... ۱-۲-۳- مقادیر میانگین ویژگی های ثقلی شامل وزن، حجم و چگالی
- ۵۴..... ۲-۲-۳- نمودارهای فراوانی ویژگی های ثقلی



- ۳-۲-۳- مقایسه میانگین مقادیر ویژگی های ثقلی ..... ۵۵
- ۳-۲-۴- تجزیه واریانس مقادیر ویژگی های ثقلی ..... ۵۷
- ۳-۳- چگالی توده ..... ۵۸
- ۳-۴- تخلخل ..... ۵۹
- ۳-۵- زاویه قرارگیری و شیب طبیعی ..... ۶۰
- ۳-۶- ضریب اصطکاک ایستا ..... ۶۱
- ۳-۷- نتایج حاصل از اندازه گیری ویژگی های ظاهری ..... ۶۲
- ۳-۷-۱- ویژگی های رنگی در دسته های مختلف کیفی ..... ۶۲
- ۳-۷-۱-۱- مدل رنگی RGB ..... ۶۲
- ۳-۷-۱-۲- مدل رنگی HSV ..... ۶۵
- ۳-۷-۱-۳- مدل رنگی  $L^*a^*b^*$  ..... ۶۹
- ۳-۷-۲- نتایج حاصل از ماشین بینایی بافت محصول ..... ۷۳
- ۳-۸- نتیجه گیری ..... ۷۹
- ۳-۹- توصیه و پیشنهاد ..... ۸۱
- منابع ..... ۸۲

## فهرست اشکال

## صفحه

- شکل ۱-۱. گردو ..... ۲
- شکل ۲-۱. مراحل استفاده شده برای استفاده از یک برگ ..... ۲۲
- شکل ۱-۲. ابعاد اصلی گردو ..... ۲۸
- شکل ۲-۲. دستگاه مورد استفاده برای اندازه گیری ضریب اصطکاک ایستا ..... ۳۳
- شکل ۳-۲. طرح واره اندازه گیری برخی ویژگی های ظاهری مغز گردو به روش ماشین بینایی ..... ۳۴
- شکل ۴-۲. محفظه نورپردازی ..... ۳۵
- شکل ۵-۲. جداسازی مغز گردو از زمینه ..... ۳۷
- شکل ۶-۲. تصویر اولیه و عملیات انجام شده بر روی آن ..... ۳۸
- شکل ۷-۲. الگوریتم مورد استفاده برای فضاهای رنگی ..... ۳۹
- شکل ۸-۲. فلوچارت تابع GLCM برای بافت ..... ۴۳
- شکل ۱-۳. نمودار فراوانی طول مغزگردو برای هر سه نمونه ..... ۴۶
- شکل ۲-۳. نمودار فراوانی پهنای مغز گردو برای هر سه نمونه ..... ۴۶
- شکل ۳-۳. نمودار فراوانی ضخامت برای هر سه نمونه ..... ۴۷
- شکل ۴-۳. نتایج مقایسه میانگین ابعاد مغز گردو بر اساس آزمون دانکن ..... ۴۸
- شکل ۵-۳. نمودار فراوانی میانگین قطر حسابی برای هر سه نمونه ..... ۴۹
- شکل ۶-۳. نمودار فراوانی میانگین قطر هندسی برای هر سه نمونه ..... ۵۰
- شکل ۷-۳. نمودار فراوانی ضریب کرویت برای هر سه نمونه ..... ۵۰
- شکل ۸-۳. نمودار فراوانی مساحت سطح رویه برای هر سه نمونه ..... ۵۰
- شکل ۹-۳. نتایج مقایسه میانگین قطرهای مغز گردو بر اساس آزمون دانکن ..... ۵۲
- شکل ۱۰-۳. نتایج مقایسه میانگین برای ضریب کرویت و مساحت سطح رویه ..... ۵۲

- شکل ۳-۱۱. نمودار فراوانی وزن برای هر سه نمونه ..... ۵۴
- شکل ۳-۱۲. نمودار فراوانی حجم برای هر سه نمونه ..... ۵۵
- شکل ۳-۱۳. نمودار فراوانی چگالی حقیقی برای هر سه نمونه ..... ۵۵
- شکل ۳-۱۴. نتایج مقایسه میانگین برای حجم، وزن و چگالی حقیقی هر سه نمونه ..... ۵۷
- شکل (۳-۱۵): نتایج مقایسه میانگین چگالی توده هر سه نمونه ..... ۵۸
- شکل ۳-۱۶. نتایج مقایسه میانگین درصد تخلخل توده هر سه نمونه ..... ۵۹
- شکل ۳-۱۷. نتایج مقایسه میانگین، زاویه ریپوز (قرارگیری) و زاویه نشست طبیعی هر سه نمونه ..... ۶۰
- شکل ۳-۱۸. نمودار فراوانی  $R$  برای هر سه نمونه ..... ۶۳
- شکل ۳-۱۹. نمودار فراوانی  $G$  برای هر سه نمونه ..... ۶۳
- شکل ۳-۲۰. نمودار فراوانی  $B$  برای هر سه نمونه ..... ۶۴
- شکل ۳-۲۱. نتایج مقایسه میانگین میزان قرمزی، سبزی و آبی بودن مغز گردو بر اساس آزمون دانکن ..... ۶۴
- شکل ۳-۲۲. نمودار فراوانی  $H$  برای هر سه دسته کیفی ..... ۶۶
- شکل ۳-۲۳. نمودار فراوانی  $S$  برای هر سه دسته کیفی ..... ۶۶
- شکل ۳-۲۴. نمودار فراوانی  $V$  برای هر سه نمونه ..... ۶۶
- شکل ۳-۲۵. نتایج مقایسه میانگین میزان  $H$ ،  $S$  و  $V$  مغز گردو بر اساس آزمون دانکن ..... ۶۸
- شکل ۳-۲۶. نمودار فراوانی  $L^*$  برای هر سه دسته کیفی ..... ۶۹
- شکل ۳-۲۷. نمودار فراوانی  $a^*$  برای هر سه دسته کیفی ..... ۷۰
- شکل ۳-۲۸. نمودار فراوانی  $b^*$  برای هر سه دسته کیفی ..... ۷۰
- شکل ۳-۲۹. نتایج مقایسه میانگین پارامترهای  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  مغز گردو بر اساس آزمون دانکن ..... ۷۱
- شکل ۳-۳۰. نمودارهای مربوط به GLCM استخراج شده از نرم افزار MATLAB ..... ۷۳
- شکل ۳-۳۱. نمودار فراوانی پارامترهای  $contrast$  برای هر سه دسته کیفی ..... ۷۶

- شکل ۳-۳۲. نمودار فراوانی پارامترهای **correlation** برای هر سه دسته کیفی ..... ۷۶
- شکل ۳-۳۳. نمودار فراوانی پارامترهای **homogeneity** برای هر سه دسته کیفی ..... ۷۶
- شکل ۳-۳۴. نمودار فراوانی پارامترهای **energy** برای هر سه دسته کیفی ..... ۷۷
- شکل ۳-۳۵. نتایج مقایسه میانگین پارامترهای **GLCM** مغز گردوی بر اساس آزمون دانکن ..... ۷۸

## فهرست جداول

## صفحه

- جدول ۱-۱. درصد تولید گردو در ۱۰ کشور برتر تولید کننده گردو ..... ۷
- جدول ۱-۳. مقادیر میانگین، بیشینه، کمینه و انحراف معیار ابعاد اصلی مغز گردو رقم کاغذی ..... ۴۵
- جدول ۲-۳. نتایج مقایسه میانگین ابعاد اصلی بر اساس آزمون دانکن ..... ۴۷
- جدول ۳-۳. تجزیه واریانس مقادیر ابعاد مغز گردو در نمونه های سالم روشن، سالم تیره و معیوب ..... ۴۸
- جدول ۳-۴. مقادیر میانگین قطر حسابی، میانگین قطر هندسی، ضریب کرویت و مساحت سطح رویه مغز گردو ..... ۴۹
- جدول ۳-۵. نتایج مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن ..... ۵۱
- جدول ۳-۶. تجزیه واریانس مقادیر پارامترهای فیزیکی مغز گردو در نمونه های سالم روشن، سالم تیره و معیوب ..... ۵۳
- جدول ۳-۷. مقادیر میانگین، بیشینه، کمینه و انحراف معیار ویژگی های ثقلی مغز گردو رقم کاغذی ..... ۵۴
- جدول ۳-۸. نتایج مقایسه میانگین مقادیر ویژگی های ثقلی بر اساس آزمون دانکن ..... ۵۶
- جدول ۳-۹. تجزیه واریانس مقادیر ویژگی های ثقلی مغز گردو در نمونه های سالم روشن، سالم تیره و معیوب ..... ۵۸
- جدول ۳-۱۰. تجزیه واریانس مقادیر چگالی توده در نمونه های سالم روشن، سالم تیره و معیوب ..... ۵۹
- جدول ۳-۱۱. تجزیه واریانس مقادیر درصد تخلخل در نمونه های سالم روشن، سالم تیره و معیوب ..... ۶۰
- جدول ۳-۱۲. تجزیه واریانس مقادیر زوایای ریپوز و نشست طبیعی در هر سه نمونه ..... ۶۱
- جدول ۳-۱۳. مقادیر میانگین ضریب اصطکاک ایستا بر روی ۵ سطح اصطکاکی در هر سه دسته کیفی ..... ۶۱
- جدول ۳-۱۴. مقادیر میانگین، بیشینه، کمینه و انحراف معیار شدت رنگهای سه گانه RGB ..... ۶۲
- جدول ۳-۱۵. نتایج مقایسه میانگین شدت رنگهای RGB بر اساس آزمون دانکن ..... ۶۴
- جدول ۳-۱۶. تجزیه واریانس مقادیر شدت رنگ های RGB در سه دسته کیفی سالم روشن، سالم تیره و معیوب ..... ۶۵

- جدول ۳-۱۷. مقادیر میانگین، بیشینه، کمینه و انحراف معیار HSV..... ۶۵
- جدول ۳-۱۸. نتایج مقایسه میانگین مدل رنگی HSV بر اساس آزمون دانکن ..... ۶۷
- جدول ۳-۱۹. تجزیه واریانس مقادیر مدل رنگی HSV مغزگردو در نمونه های سالم روشن، سالم تیره و معیوب..... ۶۸
- جدول ۳-۲۰. مقادیر میانگین، بیشینه، کمینه و انحراف معیار مقادیر مولفه های مدل رنگی  $L^* a^* b^*$ ..... ۶۹
- جدول ۳-۲۱. نتایج مقایسه میانگین مدل  $L^* a^* b^*$  بر اساس آزمون دانکن ..... ۷۱
- جدول ۳-۲۲. تجزیه واریانس مقادیر مدل رنگی  $L^* a^* b^*$  مغزگردو در نمونه های سالم روشن، سالم تیره و معیوب ..... ۷۲
- جدول ۳-۲۳. مقادیر میانگین، بیشینه، کمینه و انحراف معیار پارامترهای GLCM..... ۷۴
- جدول ۳-۲۴. مقادیر میانگین، بیشینه، کمینه و انحراف معیار GLCM..... ۷۵
- جدول ۳-۲۵. نتایج مقایسه میانگین پارامترهای GLCM بر اساس آزمون دانکن..... ۷۷
- جدول ۳-۲۶. تجزیه واریانس مقادیر GLCM مغزگردو در نمونه های سالم روشن، سالم تیره و معیوب..... ۷۸

# فصل اول

## مقدمه

### و مروری بر تحقیقات گذشته

## ۱-۱- مقدمه

گردو از خانواده گیاهی است که میوه آن اهمیت بسیاری، بویژه در صنایع غذایی دارد. متداولترین ارقام گردو به نام *common walnut* دارای مغز بزرگ و پوسته‌ای نازک است. این میوه که بصورت خام و یا در تهیه انواع شیرینی و خوراک کاربرد دارد مملو از روغن بوده و به عنوان یکی از منابع اسیدهای چرب امگا-۳ در کاهش کلسترول معروف است. به دلیل قیمت نسبتاً بالا معمولاً به عنوان ماده غذایی مکمل بکار می‌رود. از همین رو درجه‌بندی گردو و به‌ویژه مغز گردو از اهمیت بسیاری برخوردار است.



شکل ۱-۱. گردو

هر چند در بسیاری موارد از دو شاخص چگالی و رنگ برای جداسازی کیفی مغز گردو استفاده می‌گردد، اما لازم است مطالعه کاملی از نظر دیگر مولفه‌های فیزیکی که هر یک می‌تواند معیاری از کیفیت محصول باشد انجام پذیرد.



گردو درختی مهم با استفاده چند منظوره می‌باشد. در باغبانی به خاطر میوه، در جنگل- کاری به جهت داشتن چوبی با ارزش و در داروسازی به عنوان یک گیاه دارویی و همچنین در پارک‌ها به عنوان یک گیاه زینتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در فلات ایران نیز گردو بین ۲۵ تا ۴۵ درجه عرض جغرافیایی به خوبی رشد می‌کند با این وجود بهترین بازدهی آن در دامنه‌های البرز، خراسان، آذربایجان و دامنه‌های زاگرس به دست می‌آید (آنون<sup>۱</sup>، ۱۹۹۴).

گردو دارای مصارف مختلف غذایی، پزشکی و صنعتی است. مغز گردو از میوه‌های خشک است که به حالت تازه و خشک مصرف می‌گردد و دارای ویتامین‌های A، B، E و F و املاح آهن، فسفر، روی و مس می‌باشد. از پوست سبز میوه گردو در صنعت رنگرزی استفاده و از برگ آن تانن و دارو تهیه می‌شود. پوست سخت میوه جهت تهیه زغال، صنعت تولید لاستیک و نیز در ترکیب کلی که به منظور جلوگیری از نفوذ آب به داخل چاه‌های نفت در دیواره آن استفاده می‌شود کاربرد دارد. بنابراین گردو از آن دسته محصولات است که به دلیل ارزش اقتصادی بالا عموماً در دسته‌های کیفی متعددی طبقه‌بندی می‌شود و برای این منظور اطلاع از خواص فیزیکی مغز آن به‌ویژه با هدف تامین اطلاعات لازم برای طراحی ماشین‌های جداسازی<sup>۲</sup> و درجه‌بندی<sup>۳</sup> ضروری است.

## ۱-۲- مشخصات گیاه‌شناسی گردو

گردو درختی است از جنس *Juglans* از خانواده *Juglandaceae*. نام علمی این جنس از کلمه لاتین *Jovis-Glans* به معنی فندق ژوپیتر گرفته شده است. منشأ درخت گردو را آسیای غربی و نواحی هیمالیا می‌دانند. انواع این درخت در چین، ژاپن، فرانسه و آمریکا کشت می‌شود. گردو درختی است یک پایه که بلندی آن بین ۱۰ تا ۲۵ متر متغیر است. تعداد میوه یک درخت سالم و بالغ بطور متوسط بین ۵ هزار تا ۲۵ هزار و در مواردی به بیش از این مقدار می‌رسد، گردو دارای برگ‌های مرکب شانه‌ای است و درختی یک پایه است که گل‌های نر و ماده روی یک درخت به صورت جداگانه ظاهر می‌شوند. گامت‌های ماده گردو دگرگشن است و گرده افشانی آن به وسیله باد انجام می‌شود و حشرات در آن نقشی ندارند.

1 - Anon

2- Sorting

3- Grading

## ۱-۲-۱- میوه و دانه گردو

میوه گردو از نظر گیاه‌شناسی شفت محسوب می‌شود. میوه‌ای است گرد یا نیمه گرد، کم و بیش کشیده، تخم مرغی یا بیضی شکل و یا نوک باریک که از رشد تخمدان پایین به وجود می‌آید و به تدریج دیواره‌هایی در حفره داخلی آن تشکیل می‌شود که مغز گردو را به دو قسمت متقارن تقسیم می‌کند. شکل ظاهری، درشتی، ضخامت، پوست، حجم مغز و نسبت آن به پوست، ترکیبات درونی مغز، نسبت حجم و وزن مغز به میزان پوست، میزان چربی و پروتئین، قوه نامیه و سایر ویژگی‌های آن از گونه‌ای به گونه دیگر، از واریته‌ای به واریته دیگر و حتی از درختی به درخت دیگر فرق می‌کند. طول میوه گردوهای متداول از ۴ تا ۶ سانتی-متر و پهنای آن از ۳ تا ۵ سانتی‌متر می‌باشد ( طباطبائی و همکاران، ۱۳۷۱).

## ۱-۲-۲- عوامل موثر بر پوکی گردو

۱- درجه حرارت زیاد (گرما) اگر چه یک عامل باز دارنده در کاشت گردو به شمار نمی‌آید ولی درجه حرارت بالاتر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد می‌تواند روی پوست گردو سوختگی ایجاد کند و کیفیت مغز گردو را کاهش دهد.

۲- گردوهایی که در معرض نور خورشید قرار دارند، دچار سوختگی پوست می‌شوند. چنانچه آفتاب سوختگی پوست در اثر گرما اتفاق افتد، مغز گردو چروکیده و رنگ آن تیره می‌گردد و به پوست می‌چسبد. گرمای اول فصل ممکن است تا ۵۰ در صد باعث پوکی شود. ناگفته نماند که دمای کمتر از حد اعتدال هوا نیز سبب نارس باقی ماندن و کاهش کیفیت مغز گردو می‌شود.

به طور کلی دمای بالا باعث سوختگی میوه و به اصطلاح باد زدگی و سیاه شدن رنگ مغز گردو و دمای کم باعث چروکیده شدن مغز گردو می‌شود. باد زدگی در اوایل فصل رشد نیز، باعث پوک شدن میوه می‌شود.

۲-آفات گردو (کرم سیب):

لارو کرم سیب به دو شکل مختلف به گردو خسارت می‌زند. این آفت در اوایل و اواخر فصل رشد گردو باعث از بین بردن مغز گردو می‌شود.

### ۱-۲-۳- تاریخچه گردو

یکی از مهمترین گردوهای موجود در دنیا، گردوی ایرانی است زیرا ابتدا از ایران به خاور میانه و از آنجا به یونان و روم و سپس به انگلستان و بعد به آمریکا برده شده است. انواع این درخت در چین، ژاپن، فرانسه و آمریکا کشت می‌شود.

### ۱-۲-۴- مناطق کشت گردو

گردو در مناطقی بین ۴۵ - ۲۵ درجه عرض شمالی در خاک‌های مرطوب و قوی کوهپایه‌ها به خوبی رشد و نمو می‌کند. مناطق کشت آن در ایران اکثراً مناطق کوهپایه‌ای از خراسان تا آذربایجان و از غرب کشور تا نواحی مرکزی و نیز قسمتی از فارس می‌باشد.

### ۱-۲-۵- ارقام گردو

گردو از نظر باغبانی به سه دسته گردوی ایرانی، گردوی آسیای شرقی و گردوی آمریکای شمالی تقسیم می‌شوند.

### ۱-۲-۶- مغز گردو

مغز گردو نوعی خشکبار مقوی است که با خارج کردن آن از پوسته سخت گردو قابل استفاده است. ۱۵ درصد از چربی‌های مغز گردو از نوع غیر اشباع است که برای سلامتی بدن بسیار مفید و سودمند هستند. یک چهارم فنجان مغز گردو (۳۰ گرم)، در حدود ۹۰/۸ درصد نیاز روزانه بدن به این چربی ضروری را تامین می‌کند (حاجی‌زاده، ۱۳۸۶).

### ۱-۲-۷- ترکیبات شیمیایی تشکیل دهنده گردو

۱۰۰ گرم خالص دانه گردو حاوی ۶۵۷-۶۴۷ کالری، ۴/۲-۲/۵ گرم آب، ۱۳/۷-۱۸/۲ گرم پروتئین، ۶۷/۲-۶۳/۶ گرم چربی، ۱۵/۸-۱۲/۶ کربوهیدرات، ۱/۶-۲/۱ فیبر، ۱/۷-۲ خاکستر، ۹۲-۱۰۶ میلی‌گرم کلسیم، ۳۲۶-۳۸۰ میلی‌گرم فسفر، ۳-۳/۳ میلی‌گرم آهن، ۲-۳ میلی‌گرم سدیم، ۴۵۰-۵۳۶ میلی‌گرم پتاس، ۰/۵-۰/۵ ماکروگرم کاروتن، ۰/۲۷-۰/۵ میلی‌گرم تیامین، ۰/۵ تا

۰/۰۸ میلی گرم ریوفلاوین، ۰/۷-۳ میلی گرم نیاسین و ۰ تا ۵ میلی گرم اسید اسکوربیک دارد. میوه رسیده گردو منبع غنی از اسید اسکوربیک می باشد برگ گردو نیز یک منبع غنی از اسید اسکوربیک و کاروتن می باشد. ژوگلان یکی از ترکیبات فعال در برگ می باشد که دارای ترکیبات کورسیتین، کایمپفول، اسید کافئیک، پ-کوماریک اسید، هیپرین ۲/ درصد، کامپفول ۳- آرابینوزید می باشد. روغن گردو حاوی ۷-۳ پالمیتیک، ۵/۰ تا ۳ درصد استتاریک، ۳۰-۹ اولئیک، ۷۶-۵۷ درصد لینولئیک و ۱۶-۱۲ درصد اسید لینولئیک می باشد. پوست گردو حاوی ۹۲/۳ DM، ۱/۷ درصد پروتئین، ۰/۷ روغن چرب، ۳۱/۹ درصد کربوهیدرات، ۵۶/۵ درصد فیبر، ۱/۴ درصد خاکستر می باشد (حاجی زاده، ۱۳۸۶).

### ۱-۳-۱- پراکنش جغرافیایی

درخت گردو از درختان بسیار با ارزش و از پهن برگان است که در بسیاری از نقاط جهان در نیمکره شمالی از مرکز تا شرق اروپا و قفقاز و شمال و مرکز ایران تا دامنه های هیمالیا و کشور چین و ژاپن کاشته می شوند، همچنین گونه هایی از آن در آمریکای شمالی و جنوبی به طور طبیعی می روید. تنها جنگل طبیعی باقی مانده از این محصول در دنیا هم اکنون در قرقیزستان و در شرایط بسیار خوب موجود است. در ایران کاشت گردو از بخشی از قسمت-های خراسان در شمال کشور تا فارس در جنوب و از ارتفاعات جنوب غربی ارومیه تا کوه تفتان در جنوب شرقی بین طول های جغرافیایی ۲۵ تا ۴۵ درجه به خوبی می رویند ولی بهترین بازدهی مربوط به باغ هایی است که در ارتفاعات دامنه های البرز، خراسان، آذربایجان و دامنه های زاگرس به ویژه تفرش، گلپایگان و تویسرکان قرار دارند. همچنین اطراف کوه های لاله زار و جبال بارز در استان کرمان منطقه ای است که از مراکز عمده گردوکاری کشور به حساب می آید.

### ۱-۳-۱- ارقام موجود در ایران

گردو هایی که در نقاط گردو خیز ایران کاشته شده اند از گونه گردوی معمولی یا *Juglans* هستند. رقم های این گونه از نظر باغبانی هنوز کاملاً مشخص نشده اند. این گردوها