



دانشکده کشاورزی

بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی

**پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مکانیک ماشین‌های کشاورزی**

**تعیین مقدار کمی پارامترهای بیوفیزیکی دو رقم میوه انار محلی با استفاده از فناوری**

**غیرمخرب اشعه ایکس**

**توسط :**

**فرهاد سلمانی زاده**

**استاد راهنما :**

**دکتر سید مهدی نصیری**

**مهر ماه ۱۳۹۱**





به نام خدا

اظهار نامه

اینجانب فرهاد سلمانی‌زاده (۸۹۰۰۶۲) دانشجوی رشته مهندسی کشاورزی گرایش مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی اظهار می‌کنم که این پایان‌نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات آن را نوشته‌ام. همچنین اظهار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان‌نامه تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق آیین‌نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: فرهاد سلمانی‌زاده

تاریخ و امضاء: ۱۳۹۱/۷/۴

به نام خدا

**تعیین مقدار کمی پارامترهای بیوفیزیکی دو رقم میوه انار محلی با استفاده از فناوری  
غیر مخرب اشعه ایکس**

به کوشش  
فرهاد سلمانی زاده

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

در رشته‌ی :  
مکانیک ماشین‌های کشاورزی

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکتر سید مهدی نصیری، استادیار بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی (استاد راهنما) .....  
دکتر عبدالعباس جعفری، استادیار بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی (استاد مشاور) .....  
دکتر مجید راحمی، استاد بخش علوم باغبانی (استاد مشاور) .....  
دکتر علیرضا شکیبافرد، متخصص رادیولوژی مرکز تصویربرداری تابا (استاد مشاور) .....

مهر ماه ۱۳۹۱

تقدیم به

پدر فداکارم

و

مادر عزیزتر از جانم

## سپاسگزاری

حمد و سپاس بیکران، آفریدگاری که عنایتی عطا فرمود تا این پژوهش را با موفقیت به اتمام برسانم و برای پیمودن این مسیر تمامی مشکلات را بر من هموار ساخت. پس از حمد و سپاس فراوان به درگاه قادر متعال بر خود لازم می‌دانم از همه افرادی که به نحوی مرا در انجام این کار یاری نمودند قدردانی نمایم. ابتدا مراتب تقدیر و تشکر خود را تقدیم به استاد راهنمای خود جناب دکتر سید مهدی نصیری می‌نمایم که در این راه صمیمانه راهنمایی و مساعدت نمود. از اساتید مشاور جناب آقای دکتر عبدالعباس جعفری، دکتر مجید راحمی و دکتر علیرضا شکیبافرد نیز بدلیل توجه و مشاوره‌های سودمندشان سپاسگزارم. لازم می‌دانم از دوستان عزیزم مصطفی بی‌آبادی، حسین رحمانیان، احسان سوندرومی، علی اشراقی، مهدی تقی‌پور، حسین هوشمند، علیرضا مرتضایی، سعید دهقانی، سمیرا توکلی، نعیمه غلامرضایی، میلاد محمدی، مهدی شهبازی، حمید قربانی پور، حسین دریاباری، مهدی دادفر و همچنین امین محمدی و رضا مهرابی تشکر نمایم. از جناب آقایان دکتر رئوفت، دکتر لغوی، دکتر رامین جعفری، دکتر زمردیان و دکتر کسرائی که افتخار شاگردیشان را داشتیم سپاسگزارم. از کارکنان بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی آقای مهارلوئی، رعیت، امیری، و خانم مهندس فضاییلی و خانم نیکوکار قدردانی می‌کنم. در پایان از طرف خود و آقای دکتر نصیری از مرکز تصویربرداری تابا که در انجام این پایان نامه مساعدت و همکاری نمود تشکر ویژه می‌کنم.





## چکیده

# تعیین مقدار کمی پارامترهای بیوفیزیکی دو رقم میوه انار محلی با استفاده از فناوری غیرمخرب اشعه ایکس

به کوشش

فرهاد سلمان‌زاده

در این تحقیق عکسبرداری مقطعی با استفاده از اشعه ایکس (CT-scan) به عنوان یک روش غیر مخرب برای تعیین مقدار کمی برخی خواص بیوفیزیکی دو رقم میوه انار محلی شامل رباب ملس و رباب ترش با دو اندازه مختلف مورد بررسی قرار گرفت. خواص بیوفیزیکی میوه‌ها شامل وزن، حجم و جرم حجمی میوه، وزن، حجم و جرم حجمی آب، وزن و حجم آریل، و نسبت حجمی آریل به میوه، وزن و حجم پوست، و نسبت حجمی پوست به میوه، وزن و حجم هسته، و نسبت حجمی هسته به میوه، نسبت حجمی آب به میوه، نسبت حجمی آب به آریل و نسبت حجمی هسته به آریل به صورت واقعی و همچنین به کمک روش غیر مخرب اشعه ایکس محاسبه گردید. برای بخش‌بندی تصاویر تولید شده اشعه ایکس ساختار درونی میوه انار (به سه بخش پوست، آریل و هسته) و عملیات پردازش تصویر از نرم افزار Matlab استفاده شد. روابط رگرسیون خطی جهت تخمین حجم میوه انار و اجزای درونی آن شامل پوست، آریل، هسته و آب به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که فاکتور رقم اثر معنی داری بر پارامترهای بیوفیزیکی بیان شده در فوق به جز وزن و حجم میوه دارد ( $p < 0.05$ ). فاکتور اندازه اثر معنی داری بر برخی از پارامترهای بیوفیزیکی بیان شده داشت اما اثر معنی داری بر نسبت حجمی آب به میوه نداشت. ضرایب تبیین روابط تخمین حجم کل میوه، پوست، آریل، هسته و آب مربوط به هر دو اندازه به ترتیب ۹۷/۸، ۹۷/۲، ۹۵/۱، ۹۳/۵ و ۹۴/۴ درصد برای رقم رباب ملس و ۹۷/۳، ۹۴/۷، ۹۴/۴، ۹۱/۸ و ۹۱/۹ درصد برای رقم رباب ترش بدست آمد. نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون و آزمون چاو نشان داد که روش غیر مخرب سی‌تی اسکن به خوبی می‌تواند حجم انار و اجزای درونی آن را تخمین بزند.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	فصل اول.....
۲.....	مقدمه.....
۶.....	فصل دوم.....
۸.....	مروری بر پژوهش‌های پیشین.....
۸.....	۲-۱ انار.....
۸.....	۲-۲ تاریخچه و پراکنش انار.....
۹.....	۳-۲ گیاه‌شناسی و رده بندی.....
۱۰.....	۴-۲ میوه انار.....
۱۱.....	۵-۲ گروه‌بندی انواع انار.....
۱۲.....	۶-۲ درجه‌بندی میوه انار.....
۱۲.....	۷-۲ ماشین بینایی.....
۱۵.....	۸-۲ پردازش تصویر.....
۱۸.....	۹-۲ توموگرافی ساده.....
۱۹.....	۱۰-۲ توموگرافی کامپیوتری.....
۲۰.....	۱۱-۲ اصول توموگرافی کامپیوتری.....
۲۱.....	۱۲-۲ روشهای بازسازی تصویر.....
۲۳.....	۱۳-۲ مروری بر پژوهشهای گذشته.....
۲۳.....	۱-۱۳-۲ تحقیقات انجام شده در زمینه خواص فیزیکی و کیفی میوه انار.....
۲۶.....	۲-۱۳-۲ استفاده از روشهای غیر مخرب در ارزیابی کیفیت میوهها.....
۳۰.....	۳-۱۳-۲ تحقیقات انجام شده در زمینه پردازش تصویر.....
۳۵.....	فصل سوم.....
۳۶.....	مواد و روشها.....
۳۶.....	۱-۳ انتخاب ارقام و برداشت میوه.....

۳۷.....	۲-۳ انتخاب اندازه میوه‌ها .....
۳۸.....	۳-۳ اندازه‌گیری رطوبت اولیه دانه و پوست میوه‌های انار .....
۳۹.....	۴-۳ اندازه‌گیری پارامترهای بیوفیزیکی میوه انار .....
۳۹.....	۱-۴-۳ اندازه‌گیری وزن .....
۴۰.....	۲-۴-۳ محاسبه حجم و جرم حجمی واقعی .....
۴۱.....	۵-۳ آب‌گیری میوه انار .....
۴۱.....	شکل ۳-۳ ابزار مورد استفاده برای اندازه‌گیری حجم .....
۴۲.....	۶-۳ آزمون غیر مخرب اشعه ایکس .....
۴۲.....	۱-۶-۳ اصول کار دستگاه سی‌تی اسکن .....
۴۳.....	۲-۶-۳ اجزای اصلی دستگاه سی‌تی اسکن .....
۴۴.....	۱-۲-۶-۳ منبع تولید اشعه ایکس .....
۴۵.....	۲-۲-۶-۳ آشکارسازها .....
۴۵.....	۳-۲-۶-۳ دریافت داده‌ها .....
۴۶.....	۳-۶-۳ پردازش داده‌ها و اعداد سی‌تی اسکن .....
۴۶.....	۷-۳ پردازش تصاویر .....
۴۸.....	۱-۷-۳ قطعه‌بندی تصویر .....
۵۱.....	۲-۷-۳ عنصر سازه .....
۵۳.....	۳-۷-۳ جداسازی زمینه از تصویر اصلی .....
۵۶.....	۴-۷-۳ استخراج ویژگی‌های تصاویر .....
۵۷.....	۵-۷-۳ بخش‌بندی ساختار درونی تصاویر میوه انار .....
۵۸.....	۸-۳ تجزیه و تحلیل آماری .....

۶۱.....	<b>فصل چهارم</b> .....
۶۲.....	نتایج و بحث .....
۶۲.....	۱-۴ کلیات .....
۶۲.....	۲-۴ درصد رطوبت اولیه آریل و پوست .....
۶۳.....	۳-۴ وزن، حجم و جرم حجمی میوه انار .....
۶۷.....	۴-۴ وزن، حجم و جرم حجمی آب میوه انار .....
۷۰.....	۵-۴ وزن، حجم و درصد وزن آریل به وزن میوه انار .....
۷۳.....	۶-۴ وزن، حجم و درصد وزن پوست به وزن میوه انار .....
۷۶.....	۷-۴ وزن، حجم و درصد وزن هسته به وزن میوه انار .....
۷۹.....	۸-۴ درصد وزن آب به وزن میوه، درصد وزن آب به وزن آریل و درصد وزن هسته به آریل .....
۸۲.....	۹-۴ روابط تخمین حجم .....
۸۲.....	۱-۹-۴ روابط تخمین حجم کل میوه انار .....

۸۶.....	۲-۹-۴ روابط تخمین حجم پوست میوه انار.....
۹۰.....	۳-۹-۴ روابط تخمین حجم آریل میوه انار.....
۹۴.....	۴-۹-۴ روابط تخمین حجم هسته میوه انار .....
۹۸.....	۵-۹-۴ روابط تخمین حجم آب میوه انار .....
۱۰۲.....	۱۰-۴ مقایسه روابط رگرسیون تخمین حجم.....
۱۰۳.....	۱-۱۰-۴ مقایسه روابط رگرسیون تخمین حجم کل میوه انار.....
۱۰۴.....	۲-۱۰-۴ مقایسه روابط رگرسیون تخمین حجم پوست میوه انار .....
۱۰۵.....	۳-۱۰-۴ مقایسه روابط رگرسیون تخمین حجم آریل میوه انار .....
۱۰۸.....	۴-۱۰-۴ مقایسه روابط رگرسیون تخمین حجم هسته میوه انار .....
۱۰۸.....	۵-۱۰-۴ مقایسه روابط رگرسیون تخمین حجم آب میوه انار.....
۱۱۱.....	۱۱-۴ نتیجه گیری کلی .....
۱۱۲.....	۱۲-۴ پیشنهادات .....
۱۱۳.....	منابع.....

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱ سطح زیر کشت، تولید و صادرات هفت کشور برتر تولید کننده‌ی انار جهان .....	۴
جدول ۱-۲ تقسیم بندی انار .....	۱۱
جدول ۱-۴ جدول آزمون t به منظور مقایسه میانگین داده‌های مربوط به درصد رطوبت اولیه آریل و پوست (برمبنای وزن تر) .....	۶۳
جدول ۲-۴ مقادیر پارامتر آماری F حاصل از تجزیه واریانس مربوط به داده‌های وزن، حجم و جرم حجمی میوه انار .....	۶۴
جدول ۳-۴ مقادیر پارامتر آماری F حاصل از تجزیه واریانس مربوط به داده‌های وزن آب، حجم آب و جرم حجمی آب میوه انار .....	۶۷
جدول ۴-۴ مقادیر پارامتر آماری F حاصل از تجزیه واریانس مربوط به داده‌های وزن آریل، حجم آریل و درصد وزن آریل به وزن میوه انار .....	۷۰
جدول ۵-۴ مقادیر پارامتر آماری F حاصل از تجزیه واریانس مربوط به داده‌های وزن پوست، حجم پوست و درصد پوست به وزن میوه انار .....	۷۳
جدول ۶-۴ مقادیر پارامتر آماری F حاصل از تجزیه واریانس مربوط به داده‌های وزن هسته، حجم هسته و درصد وزن هسته به وزن میوه انار .....	۷۷
جدول ۷-۴ مقادیر پارامتر آماری F حاصل از تجزیه واریانس مربوط به داده‌های درصد وزن آب به وزن میوه، درصد وزن آب به وزن آریل و درصد وزن هسته به وزن آریل .....	۸۰
جدول ۸-۴ روابط تخمین حجم کل برای میوه انار رقم رباب ملس بر اساس حجم بدست آمده از تصاویر و تحلیل آماری .....	۸۳
جدول ۹-۴ روابط تخمین حجم کل برای میوه انار رقم رباب ترش بر اساس حجم بدست آمده از تصاویر و تحلیل آماری .....	۸۵
جدول ۱۰-۴ روابط تخمین حجم پوست برای میوه انار رقم رباب ملس بر اساس حجم بدست آمده از تصاویر و تحلیل آماری .....	۸۷
جدول ۱۱-۴ روابط تخمین حجم پوست برای میوه انار رقم رباب ترش بر اساس حجم بدست آمده از تصاویر و تحلیل آماری .....	۸۹

- جدول ۴-۱۲ روابط تخمین حجم آریل برای میوه انار رقم رباب ملس بر اساس حجم بدست آمده از تصاویر و تحلیل آماری ..... ۹۱
- جدول ۴-۱۳ روابط تخمین حجم آریل برای میوه انار رقم رباب ترش بر اساس حجم بدست آمده از تصاویر و تحلیل آماری ..... ۹۳
- جدول ۴-۱۴ روابط تخمین حجم هسته برای میوه انار رقم رباب ملس بر اساس حجم بدست آمده از تصاویر و تحلیل آماری ..... ۹۵
- جدول ۴-۱۵ روابط تخمین حجم هسته برای میوه انار رقم رباب ترش بر اساس حجم بدست آمده از تصاویر و تحلیل آماری ..... ۹۷
- جدول ۴-۱۶ روابط تخمین حجم آب برای میوه انار رقم رباب ملس بر اساس حجم بدست آمده از تصاویر و تحلیل آماری ..... ۹۹
- جدول ۴-۱۷ روابط تخمین حجم آب برای میوه انار رقم رباب ترش بر اساس حجم بدست آمده از تصاویر و تحلیل آماری ..... ۱۰۱
- جدول ۴-۱۸ جدول آزمون F (روش چاو) به منظور مقایسه روابط رگسیون مربوط به تخمین حجم کل میوه انار ..... ۱۰۴
- جدول ۴-۱۹ جدول آزمون F به منظور مقایسه روابط رگسیون مربوط به تخمین حجم پوست میوه انار ..... ۱۰۶
- جدول ۴-۲۰ جدول آزمون F به منظور مقایسه روابط رگسیون مربوط به تخمین حجم آریل میوه انار ..... ۱۰۷
- جدول ۴-۲۱ جدول آزمون F به منظور مقایسه روابط رگسیون مربوط به تخمین حجم هسته میوه انار ..... ۱۰۹
- جدول ۴-۲۲ جدول آزمون F به منظور مقایسه روابط رگسیون مربوط به تخمین حجم آب میوه انار ..... ۱۱۰

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲ خط تولید مجهز به سیستم ماشین بینایی	۱۵
شکل ۲-۲ تصویر سیاه و سفید	۱۸
شکل ۳-۲ تصاویر رنگی با شاخص	۱۸
شکل ۴-۲ تصاویر غیررنگی با شدت نور	۱۹
شکل ۵-۲ تصویر جسمی که از چهار قسمت با جرم حجمی‌های مختلف تشکیل شده	۲۱
شکل ۱-۳ کولیس مورد استفاده شده برای اندازه‌گیری ابعاد	۳۹
شکل ۲-۳ ترازوی مورد استفاده برای اندازه‌گیری وزن	۴۱
شکل ۳-۳ ابزار مورد استفاده برای اندازه‌گیری حجم	۴۲
شکل ۴-۳ آب انار گیر دستی	۴۲
شکل ۵-۳ وضعیت قرارگیری تیوب اشعه ایکس و آشکارسازها	۴۵
شکل ۶-۳ یک مقطع عکس برداری شده از میوه انار توسط دستگاه سی تی اسکن	۴۸
شکل ۷-۳ فلوجارت مراحل مختلف مربوط به آماده‌سازی و قطعه بندی تصاویر	۵۰
شکل ۸-۳ نمودار هیستوگرام خاکستری یک نمونه از مقطع انار	۵۱
شکل ۹-۳ چگونگی یافتن مقدار حد آستانه از روی نمودار هیستوگرام	۵۱
شکل ۱۰-۳ سازه دایره‌ای (الف)، سازه لوزی شکل (ب) و سازه هشت گوش (ج)	۵۳
شکل ۱۱-۳ (الف) تصویر سیاه و سفید، (ب) حذف نوفه های زمینه تصویر، (ج) پر کردن داخل شیء اصلی	۵۴
شکل ۱۲-۳ فلوجارت عملیات جداسازی زمینه از تصویر اصلی	۵۵
شکل ۱۳-۳ مقادیر خاکستری زمینه تصویر اصلی (بالا) و تصویر حاصل از عملیات AND منطقی (پایین)	۵۶
شکل ۱۴-۳ (الف) تصویر اصلی با زمینه کاملا سیاه، (ب) سطح کل مقطع انار حاصل از عملیات قطعه‌بندی، (ج) سطح آرپل‌ها حاصل از تابع بخش‌بندی، (د) سطح هسته‌ها حاصل از تابع بخش‌بندی، (ذ) سطح پوست حاصل از تابع بخش‌بندی	۶۱
شکل ۱-۴ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر وزن میوه انار	۶۹
شکل ۲-۴ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر حجم میوه انار	۶۹
شکل ۳-۴ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر جرم حجمی میوه انار	۷۰
شکل ۴-۴ مقایسه میانگین بر هم کنش فاکتورهای رقم و اندازه بر جرم حجمی میوه انار	۷۰

- شکل ۴-۵ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر وزن آب میوه انار ..... ۷۲
- شکل ۴-۶ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر حجم آب میوه انار ..... ۷۳
- شکل ۴-۷ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر جرم حجمی آب میوه انار ..... ۷۳
- شکل ۴-۸ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر وزن آریل میوه انار ..... ۷۵
- شکل ۴-۹ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر حجم آریل میوه انار ..... ۷۶
- شکل ۴-۱۰ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر درصد آریل به وزن میوه انار ..... ۷۶
- شکل ۴-۱۱ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر وزن پوست میوه انار ..... ۷۸
- شکل ۴-۱۲ مقایسه میانگین بر هم کنش فاکتورهای رقم و اندازه بر وزن پوست میوه انار ..... ۷۹
- شکل ۴-۱۳ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر حجم پوست میوه انار ..... ۷۹
- شکل ۴-۱۴ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر درصد پوست به وزن میوه انار ..... ۸۰
- شکل ۴-۱۵ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر وزن هسته میوه انار ..... ۸۲
- شکل ۴-۱۶ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر حجم هسته میوه انار ..... ۸۲
- شکل ۴-۱۷ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر درصد هسته به وزن میوه انار ..... ۸۳
- شکل ۴-۱۸ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر درصد آب به وزن میوه انار ..... ۸۵
- شکل ۴-۱۹ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر درصد آب به وزن آریل میوه انار ..... ۸۵
- شکل ۴-۲۰ مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و اندازه بر درصد هسته به وزن آریل میوه انار ..... ۸۶
- شکل ۴-۲۱ نمودارهای رگرسیون خطی بین حجم تخمینی و حجم واقعی کل میوه انار رقم رباب ملس، (الف) اندازه ۱ (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۸۸
- شکل ۴-۲۲ نمودارهای ارزیابی و خط  $Y=X$  به منظور ارزیابی روابط تخمین حجم کل میوه انار رقم رباب ملس، (الف) اندازه ۱، (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۸۸
- شکل ۴-۲۳ نمودارهای رگرسیون خطی بین حجم تخمینی و حجم واقعی کل میوه انار رقم ترش، (الف) اندازه ۱ (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۸۹
- شکل ۴-۲۴ نمودارهای ارزیابی و خط  $Y=X$  به منظور ارزیابی روابط تخمین حجم کل میوه انار رقم ترش، (الف) اندازه ۱ (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۹۰
- شکل ۴-۲۵ نمودارهای رگرسیون خطی بین حجم تخمینی و حجم واقعی پوست میوه انار رقم رباب ملس، (الف) اندازه ۱ (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۹۲
- شکل ۴-۲۶ نمودارهای ارزیابی و خط  $Y=X$  به منظور ارزیابی روابط تخمین حجم پوست میوه انار رقم رباب ملس، (الف) اندازه ۱، (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۹۲
- شکل ۴-۲۷ نمودارهای رگرسیون خطی بین حجم تخمینی و حجم واقعی پوست میوه انار رقم ترش، (الف) اندازه ۱، (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۹۳
- شکل ۴-۲۸ نمودارهای ارزیابی و خط  $Y=X$  به منظور ارزیابی روابط تخمین حجم پوست میوه انار رقم ترش، (الف) اندازه ۱، (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۹۴
- شکل ۴-۲۹ نمودارهای رگرسیون خطی بین حجم تخمینی و حجم واقعی آریل میوه انار رقم رباب ملس، (الف) اندازه ۱ (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۹۶



شکل ۴-۳۰ نمودارهای ارزیابی و خط  $Y=X$  به منظور ارزیابی روابط تخمین حجم آریل میوه انار رقم رباب ملس،  
 (الف) اندازه ۱ (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۹۶

شکل ۴-۳۱ نمودارهای رگرسیون خطی بین حجم تخمینی و حجم واقعی آریل میوه انار رقم ترش، (الف) اندازه ۱،  
 (ب) اندازه ۲ (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۹۷

شکل ۴-۳۲ نمودارهای ارزیابی و خط  $Y=X$  به منظور ارزیابی روابط تخمین حجم آریل میوه انار رقم ترش، (الف)  
 اندازه ۱، (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۹۸

شکل ۴-۳۳ نمودارهای رگرسیون خطی بین حجم تخمینی و حجم واقعی هسته میوه انار رقم رباب ملس، (الف)  
 اندازه ۱، (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۱۰۰

شکل ۴-۳۴ نمودارهای ارزیابی و خط  $Y=X$  به منظور ارزیابی روابط تخمین حجم هسته میوه انار رقم رباب ملس،  
 (الف) اندازه ۱، (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۱۰۰

شکل ۴-۳۵ نمودارهای رگرسیون خطی بین حجم تخمینی و حجم واقعی هسته میوه انار رقم ترش، (الف) اندازه ۱،  
 (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۱۰۱

شکل ۴-۳۶ نمودارهای ارزیابی و خط  $Y=X$  به منظور ارزیابی روابط تخمین حجم هسته میوه انار رقم ترش، (الف)  
 اندازه ۱، (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۱۰۲

شکل ۴-۳۷ نمودارهای رگرسیون خطی بین حجم تخمینی و حجم واقعی آب میوه انار رقم رباب ملس، (الف)  
 اندازه ۱، (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۱۰۴

شکل ۴-۳۸ نمودارهای ارزیابی و خط  $Y=X$  به منظور ارزیابی روابط تخمین حجم آب میوه انار رقم رباب ملس،  
 (الف) اندازه ۱، (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۱۰۴

شکل ۴-۳۹ نمودارهای رگرسیون خطی بین حجم تخمینی و حجم واقعی آب میوه انار رقم ترش، (الف) اندازه ۱،  
 (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۱۰۵

شکل ۴-۴۰ نمودارهای ارزیابی و خط  $Y=X$  به منظور ارزیابی روابط تخمین حجم آب میوه انار رقم ترش، (الف)  
 اندازه ۱، (ب) اندازه ۲، (ج) کلیه اندازه‌ها ..... ۱۰۶

# فصل اول

## مقدمه

انار (*Punica granatum* L.) از خانواده Punicaceae است، یکی از قدیمی‌ترین میوه‌هایی است که به طور وسیع در بسیاری از کشورهای گرمسیری و نیمه گرمسیری کشت می‌شود (Fadavi et al., 2006). انار به دلیل کیفیت مرغوب از نظر صادرات در بین محصولات کشاورزی محصولی بی رقیب بوده و از نظر اقتصادی دارای اهمیت فراوان است. علاوه بر این انار توجه بسیاری از مصرف کنندگانی که علاقه‌مند به غذای مغذی با طعم عالی هستند را نیز به خود جلب کرده است (Patil, 1976). میوه انار که بیشتر به صورت تازه یا فراوری شده (رب انار، آب انار، شربت انار و انار دانه) مصرف یا صادر می‌گردد بخشی از منابع اقتصادی جهان را به خود اختصاص داده است (Li et al., 2005; Seeram et al., 2006). بخش خوراکی میوه که آریل<sup>۱</sup> نام دارد حدود ۵۲ درصد وزن میوه را تشکیل می‌دهد، که شامل ۷۸ درصد آب میوه و ۲۲ درصد بذر می‌باشد. آب میوه حاوی مقادیر قابل توجهی از مواد جامد محلول، قندهای احیاء، قند کل، آنتوسیانین<sup>۲</sup>، ترکیبات فنولی<sup>۳</sup>، اسید اسکوربیک<sup>۴</sup> و پروتئین‌ها می‌باشد (Kulkarni et al., 2004).

پژوهش‌های جدید پزشکی نشان می‌دهد که میوه انار طیف وسیعی از ویژگی‌های دارویی مانند اثرات ممانعت‌کنندگی از سرطان، بیماری‌های قلبی و عروقی و اثرات ضد تورمی، ضد ویروسی و ضد باکتری در ممانعت از تورم لته را دارا می‌باشد. این اثرات سودمند مربوط به خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالای انار می‌باشد (Martinez et al., 2006).

---

<sup>۱</sup> - Aril

<sup>۲</sup> - Anthocyanin

<sup>۳</sup> - Phenolic compounds

<sup>۴</sup> - Ascorbic acid

انار در آسیای مرکزی بومی ایران و ترکمنستان تا شمال هند می‌باشد و به صورت وحشی در این مناطق رشد می‌کند. درخت انار قابلیت سازگاری با اقلیم‌های مختلف را دارا می‌باشد که باعث پراکنش آن در مناطق مختلف دنیا شده است. کشت و کار انار به دوران قبل تاریخ بر می‌گردد. شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای که دارای ویژگی‌هایی مانند نور زیاد خورشید، زمستان‌های ملایم با کمترین دمای ۱۲- درجه سلسیوس و تابستان‌های گرم و خشک بدون بارندگی در طی مراحل آخر نمو میوه است، بهترین شرایط اقلیمی برای پرورش انار می‌باشد (Levin, 2006). در چنین شرایطی میوه انار به بلوغ کامل می‌رسد.

انار علاوه بر ایران در ۳۵ کشور دیگر جهان از جمله هندوستان، ترکیه، افغانستان، عراق، پاکستان، سمرقند، ارمنستان، گرجستان، ازبکستان، تاجیکستان، آذربایجان، ترکمنستان، یوگوسلاوی سابق، مصر، تونس، لیبی، سوریه، لبنان، فلسطین، سودان، برمه، بنگلادش، موریتانی، مراکش، قبرس، اسپانیا، ایتالیا، یونان، فرانسه، آلمان، چین، ژاپن، روسیه، استرالیا و آمریکا وجود دارد. در حال حاضر ایران با حدود ۶۵۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت و بیش از ۶۰۰۰۰۰ تن تولید اولین تولید کننده و صادر کننده‌ی انار دنیاست (شاکری، ۱۳۸۷). آمار دقیقی در مورد تولید انار در جهان در دسترس نیست، اما تخمین زده می‌شود که تولید جهانی آن در حدود ۱/۵ میلیون تن در سال باشد. چهار کشور برتر تولید کننده‌ی انار دنیا شامل ایران، هند، چین و آمریکا می‌باشد (جدول ۱-۱) (Holland et al., 2010).

در ایران کشت انار به طور وسیع در مناطق مرکزی و در شهرهای یزد، ساوه، شیراز و اصفهان انجام می‌شود. آثار به جا مانده و حک شده بر دیوارهای سنگی تخت جمشید و نوشته‌های مورخین همه گویای این واقعیت است که انار از میوه‌های بومی ایران بوده است (بهزادی شهربابی، ۱۳۷۷). قسمت خوراکی میوه انار شامل مقدار قابل توجهی اسید، ویتامین‌ها، پلی‌ساکاریدها، پل فنول‌ها، لیپیدها و عناصر معدنی می‌باشد (Melgarejo et al., 2000).

برای تولید محصول انار با کیفیت مطلوب مانند سایر میوه‌ها ایجاد شرایط مناسب برای گیاه از لحاظ تغذیه، آبیاری، هرس و مبارزه با آفات و بیماریها در جهت افزایش فتوسنتز و جلوگیری از تضعیف گیاه به ویژه در مرحله رشد سریع میوه ضروری است (Mengel, 2001).