







دانشکده کشاورزی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی مکانیک ماشین های کشاورزی

طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه جداساز پنوماتیک مغز بادام از  
پوست چوبی

استاد راهنما:

دکتر رحیم ابراهیمی

استادان مشاور:

دکتر وحید روحی

دکتر محمدرضا نوری

پژوهشگر:

محمد جواد اعرابی

تیر ماه ۱۳۹۱



دانشکده کشاورزی

گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی

پایان نامه آقای محمدجواد اعرابی جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مکانیک ماشین‌های کشاورزی با عنوان: طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه جداساز پنوماتیک مغز بادام از پوست چوبی، در تاریخ ۱۳۹۱/۴/۱۳ با حضور هیأت داوران زیر بررسی و با نمره ۱۹/۷۵ مورد تصویب نهایی قرار گرفت.

۱. استاد راهنمای پایان نامه

.....

دکتر رحیم ابراهیمی، (استادیار)

۲. استادان مشاور پایان نامه

.....

دکتر وحید روحی، (استادیار)

.....

دکتر محمدرضا نوری، (استادیار)

۳. استادان داور پایان نامه

.....

دکتر علی ملکی، (استادیار)

.....

دکتر عبدالرحمن محمدخانی، (استادیار)

دکتر سید حسن طباطبائی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی



کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات  
و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه  
متعلق به دانشگاه شهرکرد است

## چکیده

به دست آوردن مغز بادام از پوست چوبی آن گام مهمی در فرآوری بادام بعد از شکستن است. برای شکستن بادام از دستگاه بادام شکن استفاده می‌شود. خروجی بادام شکن مخلوطی مرکب از تکه‌های پوست چوبی و مغز بادام خواهد بود که مرحله جداسازی به صورت دستی و به وسیله نیروی انسانی انجام می‌شود. هدف این پژوهش مکانیزه نمودن این مرحله است که تاثیر زیادی در تسریع عملیات فرآوری بادام خواهد داشت و از طرف دیگر باعث کاهش هزینه‌های کارگری و لذا افزایش سوددهی تولید این محصول خواهد شد. براین اساس هدف از این تحقیق به کارگیری جداساز پنوماتیک برای تمیز کردن و جداسازی محصول بادام از پوست چوبی خواهد بود. از این رو با انتخاب نمونه‌ای از مخلوط خروجی از بادام شکن، خواص فیزیکی و آنرویدینامیکی نمونه‌ها بررسی شد. نتایج بررسی نشان داد به دلیل شبیه بودن خواص فیزیکی تکه‌های پوست چوبی با مغزهای بادام، جداسازی این دو از یکدیگر با روش‌های غربال‌گری و استفاده از الک‌ها ممکن نخواهد بود. تحلیل خواص آنرویدینامیکی نشان داد با توجه به هم‌پوشانی سرعت حد اجزای مخلوط جداسازی کامل آن‌ها از یکدیگر با استفاده از جریان هوا ممکن نخواهد بود. هر چند با انتخاب سرعت جریان هوای مناسب می‌توان قریب به ۷۰٪ پوست‌ها را از مغز بادام جداسازی کرد. با توجه به نتایج به دست آمده در بررسی خواص فیزیکی و آنرویدینامیکی، دستگاه جداساز پنوماتیک عمودی مناسب با محصول بادام طراحی و ساخته شد. نتایج ارزیابی دستگاه نشان داد جداسازی پنوماتیک مغز بادام (رقم مامایی) از تکه‌های پوست چوبی، از تغییرات سرعت جریان هوای دستگاه، نرخ تغذیه مخلوط، زاویه ورود مخلوط به دستگاه و فاصله بین محل ورود مخلوط تا خروج مغز تاثیر می‌پذیرد. همچنین تکرار عملیات نیز میزان بازده جداسازی را تحت الشعاع قرار می‌دهد. با افزایش سرعت هوا، میزان جداسازی پوست از مغز افزایش می‌یابد اما با افزایش سرعت بیش از ۷/۵ (متر بر ثانیه) خطای جداسازی (وجود مغز در خروجی پوست‌ها) مشاهده می‌شود. با افزودن بر تعداد تکرار عملیات، بازده جداسازی سیر صعودی به خود می‌گیرد. میزان افزایش بازده تا تکرار ششم میزان قابل توجهی است، اما پس از تکرار ششم تغییرات بازده در مقابل افزایش تعداد تکرارها چندان قابل توجه نیست. با افزایش زاویه ورود مخلوط به تونل هوا، بازده جداسازی کاهش می‌یابد. چنان‌که هر چه زاویه ورود مخلوط کاهش می‌یابد شاهد افزایش بازده خواهیم بود. افزایش فاصله بین محل ورود مخلوط تا خروج مغز نیز باعث کاهش بازده جداسازی می‌گردد. به طوری که بیشترین بازده در کمترین طول اتفاق می‌افتد. با تحلیل مخلوط نهایی خروجی از دستگاه، مشخص شد که جداسازی پوست‌هایی با طول ۲۰ تا ۳۰ میلی‌متر به خوبی انجام نشده است. لذا در صورت انتخاب روش پنوماتیک برای جداسازی مغز بادام از تکه‌های پوست چوبی، باید راه‌کاری جهت جداسازی بهتر پوست‌های با طول متوسط اندیشید. می‌توان به عنوان راه حل حتی الامکان در مرحله شکستن هسته بادام از به وجود آمدن پوست‌هایی با طول متوسط اجتناب کرد.

**کلمات کلیدی:** بادام، جداساز پنوماتیک، سرعت جریان هوا، زاویه ورود مخلوط، نرخ تغذیه مخلوط، فاصله بین ورود مخلوط تا خروج مغز، تکرار عملیات جداسازی، بازده جداسازی پوست و خطای جداسازی مغز

۸	فصل اول - مقدمه
۱۰	فصل دوم - کلیات و هدف
۱۰	۱-۲- شناخت بادام
۱۰	۱-۱-۲- منشا بادام و انتشار آن
۱۱	۲-۱-۲- پیشینه کشت بادام
۱۱	۳-۱-۲- ترکیبات بادام و موارد استفاده آن
۱۲	۴-۱-۲- برداشت و عملکرد
۱۳	۵-۱-۲- تولید کنندگان اصلی بادام در جهان
۱۳	۶-۱-۲- قطب‌های تولید بادام کشور
۱۴	۱-۶-۱-۲- بادام‌های تولید شده در چهارمحوال و بختیاری
۱۵	۷-۱-۲- عملیات برداشت
۱۶	۱-۷-۱-۲- بادام آماده برداشت
۱۶	۲-۷-۱-۲- چینش بادام از درخت
۱۶	۳-۷-۱-۲- پوست کنی بادام
۱۷	۴-۷-۱-۲- خشکاندن بادام
۱۷	۵-۷-۱-۲- شکستن هسته بادام
۱۸	۶-۷-۱-۲- جداسازی مغز بادام
۱۹	۲-۲- برخی روش‌های جداسازی
۱۹	۱-۲-۲- جداسازی بر اساس اندازه
۱۹	۲-۲-۲- جداسازی بر اساس شکل و بافت
۲۰	۳-۲-۲- جداسازی بر اساس قطر
۲۰	۴-۲-۲- جداسازی بر اساس خواص الکتریکی و مغناطیسی
۲۱	۵-۲-۲- جداسازی بر اساس وزن
۲۱	۶-۲-۲- جداسازی بر اساس رنگ
۲۲	۷-۲-۲- جداسازی بر اساس دانسیته
۲۲	۸-۲-۲- جداسازی بر اساس خواص آئروپدینامیک
۲۳	۳-۲- پیشینه تحقیق و بررسی منابع
۲۶	۴-۲- هدف
۲۶	فصل سوم - خواص فیزیکی، اصطکاک و آئروپدینامیکی نمونه‌ها
۲۷	۱-۳- بررسی خواص فیزیکی
۲۷	۱-۱-۳- تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها
۲۸	۱-۱-۳- گروه‌بندی نمونه‌ها



## فهرست مطالب

شماره	عنوان	صفحه
۳۰	۳-۱-۲- ابعاد نمونه‌ها	۳۰
۳۰	۳-۲- خواص اصطکاکی	۳۰
۳۰	۳-۲-۱- زاویه اصطکاک ایستایی	۳۱
۳۱	۳-۲-۲- زاویه پایداری در غلتش	۳۱
۳۱	۳-۳- خواص آئرودینامیکی	۳۱
۳۱	۳-۳-۱- سرعت حد	۳۳
۳۳	۳-۳-۱-۱- روش‌های اندازه‌گیری سرعت حد	۳۴
۳۴	۳-۳-۲- نیروی بادبردگی (دراگ)	۳۶
۳۶	۳-۴- نتایج	۳۶
۳۶	۳-۴-۱- خواص فیزیکی	۳۶
۳۶	۳-۴-۲- خواص اصطکاکی	۳۸
۳۸	۳-۴-۳- خواص آئرودینامیکی	۴۰
۴۰	۳-۴-۴- پیش‌بینی تئوری	
<b>فصل چهارم- طراحی و ساخت دستگاه</b>		
۴۱		۴۱
۴۲	۴-۱- انتخاب طرح	۴۲
۴۲	۴-۱-۱- اجزای اصلی تشکیل دهنده طرح انتخاب شده	۴۳
۴۳	۴-۲- طراحی قسمت‌های مختلف دستگاه	۴۳
۴۳	۴-۲-۱- تونل دستگاه	۴۳
۴۳	۴-۲-۱-۱- جریان کاملاً توسعه یافته	۴۵
۴۵	۴-۲-۲- طول جداسازی	۴۵
۴۵	۴-۲-۳- مخزن	۴۶
۴۶	۴-۲-۴- ورودی مخلوط به دستگاه	۴۶
۴۶	۴-۲-۴-۱- جنس لوله	۴۷
۴۷	۴-۲-۴-۲- زاویه قرارگیری لوله سقوط	۴۷
۴۷	۴-۲-۵- خروجی مواد از دستگاه	۴۸
۴۸	۴-۲-۵-۱- جنس سطح شیب‌دار	۴۹
۴۹	۴-۲-۵-۲- زاویه خروج	۴۹
۴۹	۴-۲-۶- انتخاب دمنده هوا	۵۰
۵۰	۴-۲-۶-۱- محاسبه ضریب افت در مقطع دستگاه	۵۰
۵۰	۴-۲-۶-۲- ضریب افت در توری‌ها	۵۱
۵۱	۴-۲-۶-۳- ضریب افت در اتصالات	۵۲
۵۲	۴-۲-۶-۴- مجموع ضرایب افت	

## فهرست مطالب

شماره	عنوان	صفحه
	<b>فصل پنجم- ارزیابی</b>	
۵۶	۱-۵- معیارهای ارزیابی	
۵۷	۱-۱-۵- بازده جداسازی پوست	
۵۸	۲-۱-۵- خطای جداسازی مغز	
۵۸	۲-۵- پارامترهای متغیر	
۶۰	۱-۲-۵- زاویه ورود مخلوط	
۶۰	۲-۲-۵- فاصله بین ورود مخلوط تا خروجی مغز	
۶۱	۳-۲-۵- نرخ تغذیه	
۶۱	۴-۲-۵- سرعت جریان هوا	
۶۲	۵-۲-۵- تکرار عملیات جداسازی	
۶۲	۶-۲-۵- اندازه پوست‌ها	
۶۲	۳-۵- تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها	
۶۴	۴-۵- نتایج و بحث	
۶۴	۱-۴-۵- تاثیر تکرار عملیات بر بازده جداسازی پوست در سرعت‌های مختلف جریان هوا	
۶۶	۲-۴-۵- تاثیر تکرار عملیات بر بازده جداسازی پوست در سه زاویه ورود مخلوط به دستگاه	
۶۶	۳-۴-۵- تاثیر تکرار عملیات بر بازده جداسازی پوست در سه نرخ تغذیه مخلوط به دستگاه	
۶۷	۴-۴-۵- تاثیر تکرار عملیات بر بازده جداسازی پوست در سه طول جداسازی	
۶۸	۵-۴-۵- تاثیر تغییرات سرعت جریان هوا بر بازده جداسازی پوست و خطای جداسازی مغز	
۷۰	۶-۴-۵- تاثیر تکرار عملیات بر خطای جداسازی مغز	
۷۱	۷-۴-۵- تاثیر تغییرات زاویه ورود مخلوط، طول جداسازی و نرخ تغذیه بر بازده جداسازی پوست	
۷۶	۸-۴-۵- تاثیر تغییرات زاویه ورود مخلوط، طول جداسازی و نرخ تغذیه بر خطای جداسازی مغز	
۷۸	۹-۴-۵- تاثیر اندازه پوست‌ها بر بازده جداسازی پوست	
۸۰	۵-۵- نتیجه‌گیری کلی	
۸۲	<b>فصل ششم- نتایج و پیشنهادات</b>	
۸۲	۱-۶- نتیجه‌گیری	
۸۳	۲-۶- پیشنهادات	

## فهرست شکل‌ها

شماره	عنوان	صفحه
۱۵		صفحه
۱۶	۱-۲- عملیات تولید، برداشت و فرآوری بادام	
۱۶	۲-۲- بادام آماده برداشت	
۱۷	۳-۲- چینش بادام از درخت به روش سنتی	
۱۷	۴-۲- دستگاه بادام پوست کن	
۱۸	۵-۲- خشک کردن بادام به روش سنتی	
۱۸	۶-۲- دستگاه بادام شکن	
۱۹	۷-۲- مخلوط خروجی از بادام شکن	
۱۹	۸-۲- نمونه‌ای از الک استفاده شده در جداسازی محصولات کشاورزی	
۲۰	۹-۲- جداسازی بر اساس کرویت	
۲۰	۱۰-۲- جداسازی بر اساس قطر	
۲۱	۱۱-۲- جداسازی بر اساس خواص مغناطیسی	
۲۱	۱۲-۲- جداسازی بر اساس وزن	
۲۲	۱۳-۲- جداسازی بر اساس رنگ	
۲۲	۱۴-۲- جداسازی بر اساس دانسیته	
۲۳	۱۵-۲- جداساز پنوماتیک افقی	
۲۳	۱۶-۲- جداساز پنوماتیک عمودی	
۲۴	۱۷-۲- طرح ارائه شده توسط تامسون برای فرآوری بادام	
۲۵	۱۸-۲- طرح ارائه شده توسط شرکت بورل برای بادام	
۲۶	۱۹-۲- دستگاه استفاده شده توسط مک‌میلان و فران	
۲۷	۲۰-۲- دستگاه استفاده شده توسط پاناسیوویچ و همکاران	
۲۸	۱-۳- اجاق آزمایشگاهی	
۲۹	۲-۳- فراوانی بازه‌های طول اندازه‌گیری شده برای نمونه‌ها	
۲۹	۳-۳- درصد جرمی گروه‌های موجود در مخلوط اولیه	
۳۰	۴-۳- نمونه‌های شماره‌گذاری شده از هر گروه	
۳۰	۵-۳- سه بعد اندازه‌گیری شده برای نمونه‌ها	
۳۱	۶-۳- دستگاه سنجش زاویه اصطکاک ایستایی	
۳۲	۷-۳- روش اندازه‌گیری زاویه پایاری غلتش	
۳۴	۸-۳- دیاگرام آزاد نیروهای وارد بر جسم در شرایط سقوط آزاد	
۳۵	۹-۳- نمایی از دستگاه استفاده شده برای اندازه‌گیری سرعت حد	
۳۵	۱۰-۳- نمونه‌ای از تعلیق پوست بادام در تونل باد	
۳۸	۱۱-۳- اندازه‌گیری سطح روبروی جریان به روش کاغذ میلی‌متری	
۳۸		
۴۲		
۴۴		

- ۳-۱۲- دامنه تغییرات سرعت حد برای گروه‌بندی انجام شده  
 ۳-۱۳- پیش‌بینی نیروی اعمالی بر نمونه‌های شماره‌گذاری شده  
 ۴-۱- قسمت‌های تشکیل دهنده جداساز پنوماتیک جریان عمودی  
 ۴-۲- توزیع سرعت در ناحیه ورودی و جریان کاملا توسعه یافته

### فهرست شکل‌ها

شماره	عنوان	صفحه
۴۵		
۴۶	۴-۳- طول جداسازی در جداساز پنوماتیک	
۴۷	۴-۴- نمایی از مخزن ونحوه قرارگیری دریچه کشویی	
۴۸	۴-۵- زاویه ورود مخلوط به دستگاه	
۴۹	۴-۶- استقرار توری در خروجی مغزها	
۵۲	۴-۷- زاویه قرارگیری توری در خروجی مغز	
۵۳	۴-۸- دمنده استفاده شده در ساخت دستگاه	
۵۵	۴-۹- مجموعه لوله پیتو و مانومتر تفاضلی	
۵۵	۴-۱۰- توزیع سرعت در شرایط مختلف	
۵۶	۴-۱۱- نحوه محاسبه سرعت متوسط جریان هوا در لوله	
۵۶	۴-۱۲- منحنی کالیبراسیون برای سرعت سنج ساخته شده	
۵۹	۴-۱۳- جداساز پنوماتیک طراحی و ساخته شده	
۶۰	۵-۱- شماتیک جداساز پنوماتیک طراحی و ساخته شده	
۶۰	۵-۲- زوایای ورود مخلوط استفاده شده در ارزیابی دستگاه	
۶۱	۵-۳- فواصل مختلف ورود مخلوط تا خروجی مغز	
۶۱	۵-۴- حالت‌های قرارگیری دریچه مخزن برای ایجاد نرخ تغذیه‌های مختلف	
۶۳	۵-۵- حالت‌های قرارگیری دریچه دمنده هوا برای ایجاد سرعت‌های مختلف جریان هوا	
۶۴	۵-۶- نحوه انجام هشت تکرار عملیات جداسازی	
۶۶	۵-۷- تاثیر تکرار عملیات بر بازده جداسازی پوست در سرعت‌های مختلف جریان هوا	
۶۷	۵-۸- تاثیر تکرار عملیات بر بازده جداسازی پوست در سه زاویه ورود مخلوط به دستگاه	
۶۸	۵-۹- تاثیر تکرار عملیات بر بازده جداسازی پوست در سه نرخ تغذیه مخلوط به دستگاه	
۶۹	۵-۱۰- تاثیر تکرار عملیات بر بازده جداسازی پوست در سه طول جداسازی	
۷۰	۵-۱۱- تاثیر تغییرات سرعت جریان هوا بر بازده جداسازی پوست و خطای جداسازی مغز	
۷۰	۵-۱۲- خروجی‌های پوست و مغز در حالت کارکرد بدون خطای جداسازی مغز	
۷۱	۵-۱۳- خروجی‌های پوست و مغز در حالت کارکرد با خطای جداسازی مغز ۱۰٪	
۷۲	۵-۱۴- تاثیر تکرار عملیات بر خطای جداسازی مغز	
۷۳	۵-۱۵- تاثیر زاویه ورود مخلوط، طول جداسازی و نرخ تغذیه بر بازده جداسازی در سرعت ۷/۵ متر بر ثانیه	
۷۴	۵-۱۶- تغییرات بازده جداسازی در برابر زمان طی شده در انجام شش تکرار عملیات برای سه نرخ تغذیه	
۷۵	۵-۱۷- تاثیر زاویه ورود مخلوط، طول جداسازی و نرخ تغذیه بر بازده جداسازی در سرعت ۶/۵ متر بر ثانیه	
۷۵	۵-۱۸- تاثیر زاویه ورود مخلوط، طول جداسازی و نرخ تغذیه بر بازده جداسازی در سرعت ۷/۰ متر بر ثانیه	
۷۶	۵-۱۹- تاثیر زاویه ورود مخلوط، طول جداسازی و نرخ تغذیه بر بازده جداسازی در سرعت ۸/۵ متر بر ثانیه	
۷۷		
۷۸		
۷۹		
۷۹		

- ۲۰-۵- تاثیر زاویه ورود مخلوط، طول جداسازی و نرخ تغذیه بر بازده جداسازی در سرعت ۹/۵ متر بر ثانیه
- ۲۱-۵- تاثیر تغییرات زاویه ورود مخلوط، طول جداسازی و نرخ تغذیه بر خطای جداسازی مغز
- ۲۲-۵- درصد جرمی گروه‌های موجود در مخلوط اولیه
- ۲۳-۵- اجزای موجود در خروجی مغز
- ۲۴-۵- درصد جرمی پوست‌های جدا نشده

### فهرست شکل‌ها

شماره صفحه	عنوان
۸۰	۲۵-۵- بازده جداسازی پوست منحصر به هر گروه
۸۰	۲۶-۵- قرار گیری پوست‌های مربوط به قسمت‌های انتهایی هسته بادام در میان پوست‌های گروه (۲)
۸۴	۱-۶- جایگزینی شش جداساز پنوماتیک همسان به جای انجام شش تکرار عملیات
۸۴	۲-۶- استفاده از دو جداساز پنوماتیک با سرعت‌های مختلف جریان هوا

## فهرست جداول

شماره صفحه	عنوان
۱۲	۱-۲- بیست تولید کننده برتر بادام در دنیا
۱۴	۲-۲- ده استان برتر در تولید بادام کشور
۲۸	۱-۳- نحوه گروه‌بندی اجزای مخلوط
۳۶	۲-۳- خواص فیزیکی به دست آمده برای اجزای مخلوط
۳۷	۳-۳- نتایج بررسی زاویه اصطکاک ایستایی
۳۷	۴-۳- نتایج بررسی زاویه پایداری غلتش
۵۱	۱-۴- مشخصات توری استفاده شده در طراحی
۵۲	۲-۴- داده‌های استفاده شده در محاسبه توان دمنده
۵۴	۳-۴- تغییرات رژیم جریان با عدد رینولدز
۶۲	۱-۵- نحوه گروه‌بندی اجزای مخلوط
۶۵	۲-۵- نرخ افزایش بازده جداسازی پوست در اثر تکرار عملیات
۷۷	۳-۵- شرایط کارکرد دستگاه برای اندازه‌گیری تاثیر اندازه پوست بر بازده جداسازی

## فصل اول

### مقدمه

محصول بادام علاوه بر دارا بودن ارزش غذایی بالا یکی از اقلام مهم صادراتی کشور می‌باشد. این امر زمینه‌ساز توجه ویژه به این محصول در سطح برنامه ریزی کلان کشور بوده است به‌نحوی که در برنامه دوم توسعه، کشت باغات بادام مرتبه نخست را در بخش باغبانی به خود اختصاص داده و در برنامه سوم توسعه سطح زیر کشت بادام در رتبه اول قرار گرفته است (یزدانی و اشراقی، ۱۳۸۴). یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر تولید محصول بادام همانند دیگر محصولات کشاورزی شرایط اقلیمی است. با اینکه کشور ایران دارای وسعت زیادی است اما تنها بخش‌هایی از کشور دارای استعداد لازم جهت تولید بادام می‌باشند. استان چهارمحال و بختیاری با دارا بودن شرایط طبیعی مناسب همانند نه میلیارد مترمکعب آب خروجی در سال و ۸۱۰۰۰ هکتار زمین مناسب شیب‌دار جهت کشت بادام زمینه‌ای را فراهم نموده است که به یکی از قطب‌های مهم توسعه کشت بادام در ایران تبدیل شود (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۴). بادام تولیدی در این استان جهت فروش در بازارهای داخلی و خارجی احتیاج به طی مراحل فراوری دارد. یکی از گام‌های مهم در فراوری بادام به دست آوردن مغز، پاک‌سازی و درجه‌بندی آن است. در فراوری بادام به روش سنتی بادام پس از پوست‌گیری و خشکاندن، هسته بادام به همراه پوست سخت در دستگاه بادام شکن ریخته شده و خروجی به صورت مخلوطی از تکه‌های پوست چوبی و مغز بادام حاصل می‌شود که مرحله جداسازی به صورت دستی و به‌وسیله نیروی انسانی انجام می‌شود. هدف این پژوهش مکانیزه نمودن این مرحله است که تاثیر زیادی در تسریع عملیات فراوری بادام خواهد داشت و از طرف دیگر باعث کاهش هزینه‌های کارگری و لذا افزایش سوددهی تولید این محصول خواهد شد. براین اساس هدف از این تحقیق به‌کارگیری جداساز پنوماتیک برای تمیز کردن و جداسازی محصول بادام از پوست چوبی خواهد بود.

## فصل بندی

مطالب پایان نامه حاضر در پنج فصل گرد آوری شده است.

### فصل اول: مقدمه

### فصل دوم: کلیات و هدف

اطلاعات موجود در این فصل در سه بخش اصلی طبقه‌بندی شده اند. در بخش اول این فصل اطلاعاتی درباره درخت بادام و محصولات آن آورده شده است. این اطلاعات شامل گیاه‌شناسی بادام، تاریخچه کشت بادام، موارد مصرف آن، مناطق مهم تولید بادام جهان و قطب‌های تولید بادام کشور می‌باشد. هم‌چنین در ادامه به عملیات برداشت بادام پرداخته شده و وضعیت فعلی دستگاه‌های مورد استفاده در مراحل برداشت بادام مورد تحلیل قرار گرفته است. در بخش دوم این فصل برخی روش‌های جداسازی محصولات کشاورزی از مواد اضافی اجمالا بررسی شده و با معرفی جداسازهای پنوماتیک، اصول تئوری حاکم بر کارکرد آن‌ها ذکر شده است. بخش سوم این فصل در برگزیده پیشینه تحقیق و منابع موجود در زمینه بررسی جداسازهای پنوماتیک می‌باشد.

### فصل سوم: خواص فیزیکی، اصطکاکی و آئرو‌دینامیکی نمونه‌ها

مطالب موجود در این فصل در دو بخش ارائه شده است. بخش اول و بخش دوم به بررسی خواص فیزیکی و اصطکاکی اجزای مخلوط خروجی از دستگاه بادام‌شکن اختصاص دارد. در بخش سوم خواص آئرو‌دینامیکی نمونه‌ها بررسی شده و امکان استفاده از جداسازهای پنوماتیک بر اساس نتایج به دست آمده تحلیل شده است.

### فصل چهارم: طراحی و ساخت دستگاه

در این فصل بر اساس نتایج مبتنی بر، بررسی خواص فیزیکی و آئرو‌دینامیکی نمونه‌ها، به طراحی و ساخت دستگاه جداساز پنوماتیک مناسب برای محصول بادام مبادرت ورزیده شده است.

### فصل پنجم: ارزیابی دستگاه

در این فصل پارامترهای ارزیابی دستگاه معرفی شده اند و با کمک آن‌ها دستگاه ساخته شده مورد ارزیابی قرار گرفته است. با ایجاد تغییر در پارامترهای طراحی شده دستگاه، اثرات آن‌ها بر بازده جداسازی پوست سنجیده شده و کارایی دستگاه تحت شرایط مختلف ارزیابی شده است.

### فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مطالب این فصل شامل نتایج کلی حاصل شده از انجام پژوهش و پیشنهادات ارائه شده در زمینه مبحث انجام تحقیق است.



## فصل دوم

### کلیات و هدف

**مقدمه:** در این فصل اطلاعاتی درباره درخت بادام و محصولات آن آورده شده است. این اطلاعات شامل گیاهشناسی بادام، تاریخچه کشت بادام، موارد مصرف آن، مناطق مهم تولید بادام جهان و قطب‌های تولید بادام کشور می‌باشد. هم‌چنین در ادامه به عملیات برداشت بادام پرداخته شده و وضعیت فعلی دستگاه‌های مورد استفاده در مراحل برداشت بادام مورد تحلیل قرار گرفته است. هم‌چنین برخی روش‌های جداسازی محصولات کشاورزی از مواد اضافی اجمالا بررسی شده و با معرفی جداسازهای پنوماتیک، اصول تئوری حاکم بر کارکرد آن‌ها ذکر شده است. در نهایت پیشینه تحقیق و منابع موجود در زمینه بررسی جداسازهای پنوماتیک مورد بررسی قرار گرفته است.

### ۲-۱- شناخت بادام

#### ۲-۱-۱- منشا بادام و انتشار آن

درخت بادام با نام علمی *prunus dulcis* (یا مترادف آن *p. amygdalus*) به خانواده Rosaceae تعلق دارد (آیدین، ۲۰۰۳). و بومی مناطق کوهستانی آسیای مرکزی (پاکستان، هند و ایران) است. در این مناطق هنوز هم گونه‌های وحشی بادام به وفور یافت می‌شود. در گذشته گونه‌های وحشی بادام تا سواحل مدیترانه وجود داشته است. بر اساس تحقیقات دانشمندان روسی بادام زراعی هیبریدی از دو گونه *Prunus fenziliana* و *P. bucharica* است و هر دو گونه فوق قرابت نزدیک با بادام زراعی دارند (تهرانی‌فرد و همکاران، ۱۳۷۷). بادام زراعی درختی با ارتفاع متوسط که در روی شاخه‌هایی با رشد عمودی میوه تولید می‌کند. در اکثر ارقام مدیترانه‌ای، برگ‌ها نوک تیز یا تخم مرغی شکل بوده و دارای برگچه هستند. جوانه انتهایی بادام نوک تیز می‌باشد (مردنی و همکاران، ۱۳۷۷).

تا اواخر سال ۱۸۰۰ میلادی ازدیاد بادام به وسیله بذر صورت می‌گرفت. این عمل به دلیل این که بذر از دگر گرده افشانی به دست می‌آید موجب ظهور تعداد زیادی گروه‌های جغرافیایی یا اکوتیپ شده‌است. با وجود این که در بسیاری کشورها ازدیاد بادام به وسیله پیوند صورت می‌گیرد ولی این عمل در کاهش تنوع بین مغز بادام‌های تجارتي چندان موثر نبوده است زیرا هنوز هم اکوتیپ‌ها بدون این که انتخابی در آن‌ها صورت گرفته باشد استفاده می‌شوند. بادام عمدتاً در کشورهایی که در عرض جغرافیایی بین ۳۶ و ۴۵ درجه شمالی قرار دارند کشت می‌شود. البته در شرایط آب و هوایی معتدل معین، کشت بادام در نواحی شمالی‌تر نیز صورت می‌گیرد. بادام در آفریقای جنوبی، آمریکای جنوبی، استرالیا و هند نیز وجود دارد. عامل محدود کننده کشت بادام سرمای بهاره بخصوص در زمان تمام گل است و حتی اگر باغداران چندین رقم بادام با تاریخ‌های گلدهی متفاوت نیز داشته باشند، بروز سرمای بهاره در این مرحله موجب باردهی نامنظم می‌شود. در گذشته و حتی در حال حاضر در برخی کشورهای مدیترانه‌ای کاشت بادام منحصر به نواحی دیم و حاشیه‌ای بوده و در این نواحی گونه‌های بزرگ و پر رشدی دیده شده است. در چنین کشورهایی میزان تولید بادام ثابت بوده و یا کاهش یافته‌است. در اوایل دهه ۱۸۳۰ بادام از اروپا به آمریکا وارد گردید و از سال ۱۹۳۰ در اراضی حاشیه‌ای کاشته شد. باغداران آمریکایی بر خلاف باغداران کشورهای دیگر، با استفاده از روش‌های بسیار پیشرفته کشاورزی اقدام به کاشت درخت بادام در زمین‌های کاملاً حاصلخیز کرده و آنها را آبیاری نمودند. در نتیجه آمریکا به تولید کننده اصلی بادام تبدیل شد (تهرانی فرد و همکاران، ۱۳۷۷).

## ۲-۱-۲- پیشینه کاشت بادام

کشت و کار بادام از دیر باز در دنیا و ایران رایج بوده است. ایران به عنوان یکی از قدیمی‌ترین کشورهای تولید کننده بادام و زیستگاه بادام‌های وحشی شناخته می‌شود. از جمله بادام‌های بومی ایران می‌توان بادام منقا (در اکثر نواحی خشک کشور)، بادام کوهی (نواحی کوهستانی اطراف تهران، اصفهان و دامغان) و بادام وامچک (ارتفاعات ۱۴۰۰ متری کوه‌های کرج، پشند و سیاه کوه) را نام برد. در حال حاضر کشور ایران به عنوان یکی از بزرگ‌ترین تولید کنندگان بادام در سطح جهان شناخته می‌شود (مرندی و همکاران، ۱۳۷۷).

## ۲-۱-۳- ترکیبات بادام و موارد استفاده آن

مغز بادام انرژی زیادی دارد به طوری که ۱۰۰ گرم مغز تازه حاوی ۵۹۸ کالری انرژی، ۱۹ گرم پروتئین، ۵۴ گرم چربی، ۲۱ گرم کربوهیدرات و ۵ گرم آب است. به علاوه در مغز بادام اسیدهای آمینه، قند و عناصر معدنی نیز یافت شده است. میوه‌های بادام پس از رسیدن قابل خوردن هستند. مغز میوه پس از پوست کنی، بودادن، خشک کردن و نمک زدن خیلی خوشمزه شده و خواهان زیادی دارد. روغن بادام در شیرینی سازی، داروسازی و تولید لوازم آرایشی کاربرد دارد. کره بادام عاری از نشاسته بوده و برای بیماری دیابت غذایی مناسبی محسوب می‌شود. چغاله بادام نیز قابل خوردن است و یکی از موارد مصرف آن به این ترتیب است که چغاله‌های بادام را قبل از آن که پوست خارجی تغییر رنگ دهد از درخت جدا می‌کنند سپس میوه‌ها را باز کرده و مغزها را که در مرحله شیری بوده و دارای شیرینی ملایمی هستند به صورت کرم همراه با پنیر مصرف می‌کنند. تعیین مقدار مصرف بادام در صنایع شیرینی سازی مشکل است ولی این مقدار در حدود ۷۵ تا ۸۰ درصد تخمین زده می‌شود. و حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد نیز به صورت مستقیم مصرف می‌شود. مغزهای تلخ در

تهیه عطر، داروسازی و به مقدار کمی در شیرینی پزی استفاده می‌شوند. همچنین محصولات فرعی بادام در صنعت شیمی کاربرد دارند (مرندی و همکاران ۱۳۷۷).

## ۲-۱-۴- برداشت و عملکرد

میوه‌های بادام را می‌توان به صورت سبز (چغاله) و یا خشک برداشت کرد. میوه‌های بادام رقم کاغذی (پوست نازک) نیز در مرحله سبز به منظور مصرف مستقیم برداشت می‌شود ولی این موضوع فقط به برخی کشورهای مدیترانه‌ای محدود می‌شود. برداشت میوه‌های خشک از نیمه دوم مرداد تا اواخر مهر صورت می‌گیرد. میوه‌های بادام در باغاتی که آبیاری نمی‌شوند زودتر از باغاتی که آبیاری می‌شوند می‌رسند (تهرانی‌فرد و همکاران، ۱۳۷۷). مغزهای بادام با توجه به اندازه، رقم و یا منطقه محل تولید طبقه بندی و به فروش می‌رسند. یکی از روش‌های طبقه بندی بر اساس عملکرد مغز می‌باشد. عملکرد مغز به صورت نسبت مغز به وزن هسته تعیین می‌شود. این میزان برای ارقام مختلف متفاوت است. و به ضخامت پوست بستگی دارد و عموماً به شرح زیر تقسیم بندی می‌شود.

۱- بادام سنگی یا بادام با پوست خیلی سخت (عملکرد: ۲۰ تا ۲۵ درصد)

۲- بادام پوست سخت (عملکرد ۲۵ تا ۳۵ درصد)

۳- بادام پوست نیمه سخت (عملکرد ۳۵ تا ۴۵ درصد)

۴- بادام پوست نازک (عملکرد ۴۵ تا ۵۵ درصد)

۵- بادام پوست کاغذی (عملکرد ۵۵ تا ۶۵ درصد)

در مورد مغزها، درجه بندی در تجارت بین المللی به صورت زیر است (مرندی و همکاران، ۱۳۷۷):

۱- **مغزهای گزینش نشده:** محتوی ناخالصی شامل مغزهای دوقلو و شکسته که معمولاً بعد از خرد کردن و یا آسیاب در شکلات سازی و یا صنعت شیرینی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲- **مغزهای گزینش شده:** این مغزها بر اساس اندازه و یا وزن گزینش شده‌اند و بعد از پوست گیری مکانیکی در صنایع غذایی (بستنی، قنادی، بادام نمک زده، بادام با پوشش شکر یا بادام بو داده) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳- **مغزهای تلخ، شکسته، دوقلو و بدون شکل و فرم مناسب:** این مغزها به صورت آسیاب شده و یا خلال شده در قنادی‌ها و یا ممکن است برای تهیه روغن به منظور استفاده در کرم‌های آرایشی و داروسازی مورد استفاده قرار گیرند.

بادام‌های ایران از نظر اندازه به چهار گروه تقسیم می‌شود:

۱- دست چین یا عالی (تا ۱۲۰۰ دانه در یک کیلوگرم)

۲- درشت (۱۲۰۰ تا ۱۲۸۰ دانه در یک کیلوگرم)

۳- ریز (بیش از ۱۲۸۰ دانه در یک کیلوگرم)

۴- مخلوط (مخلوطی از بادام با اندازه های مختلف)

## ۲-۱-۵ - تولید کنندگان اصلی بادام در جهان

جدول شماره (۱-۲) نشان‌دهنده میزان بادام تولیدی در جهان در سال ۲۰۰۸ میلادی می‌باشد. از داده‌های جدول مشخص است که آمریکا با تولید ۱۴۱۰ (هزار تن) بادام با پوست رتبه اول تولید جهانی را در اختیار دارد. اسپانیا با تولید ۱۷۳ (هزار تن) بادام با پوست رتبه دوم را به خود اختصاص داده‌است. پس از این دو کشور جمهوری اسلامی ایران با تولید ۱۲۶ (هزار تن) بادام با پوست در رتبه سوم قرار دارد (فائو ۲۰۰۸)

جدول (۱-۲): بیست تولیدکننده برتر بادام

رتبه	نام کشور	میزان تولید (هزار کیلوگرم)
۱	ایالات متحده آمریکا	۱۴۱۰۰۰۰
۲	اسپانیا	۱۷۳۷۰۰
۳	ایران	۱۲۶۶۷۹
۴	ایتالیا	۱۱۸۷۲۳
۵	مراکش	۸۶۹۰۲
۶	سوریه	۸۲۶۱۶
۷	ترکیه	۵۲۷۷۴
۸	تونس	۵۱۵۰۰
۹	افغانستان	۴۲۰۰۰
۱۰	الجزایر	۳۹۵۲۱
۱۱	یونان	۳۴۵۰۰
۱۲	چین	۳۲۰۰۰
۱۳	لبنان	۲۹۴۰۰
۱۴	پاکستان	۲۶۶۱۴
۱۵	لیبی	۲۵۰۰۰
۱۶	استرالیا	۱۹۰۰۰
۱۷	ازبکستان	۱۸۵۰۰
۱۸	شیلی	۱۰۵۰۰
۱۹	پرتغال	۹۷۹۶
۲۰	اسرائیل	۶۲۷۶

## ۲-۱-۶ - قطب‌های تولید بادام کشور