بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی

گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی

تعیین برخی خواص فیزیکی و مکانیکی لوبیا قرمز

استاد راهنما:

دکتر منصور راسخ

استادان مشاور:

دکتر امیر حسین افکاری سیاح

دکتر عزت ا... عسکری اصلی ارده

توسط :

یاسر سیاه منصور خورین

دانشگاه محقق اردبیلی

پاییز ۱۳۹۲

تقدیم به:

پدر و مادر فداکارم

به پاس تمام زحمات بی دریغ آنها

تقدیر و تشکر

اکنون که به لطف ایزد منان انجام این تحقیق به پایان رسیده، وظیفه خود می‌دانم تا از همه کسانی که به نحوی اینجانب را در انجام و به پایان رساندن این پایان نامه یاوری کردند تقدیر و تشکر نمایم.

از محضر استاد راهنمای بزرگوارم، استاد علم و ادب، جناب آقای دکتر منصور راسخ و استادان مشاور عزیزم جناب آقای دکتر امیر حسین افکاری سیاح و جناب آقای دکتر عزت الله عسکری اصلی ارده که در تمام مراحل انجام پایان نامه از هیچ کمکی دریغ نورزیدند و در طول تحصیل با نظرات ارزشمند و راه گشای خویش اینجانب را در تهیه و تدوین این پایان نامه یاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدر دانی می-نمایم. از مسئول محترم آزمایشگاه خواص بیوفیزیک دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، جناب آقای آرایش مقدم نیز کمال تشکر را می‌نمایم. از همه اساتید گرامی دوران تحصیل، آقایان دکتر شاهقلی، دکتر گلمحمدی، دکتر نجفی، دکتر عباسپور و دکتر مصری صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم.

فهرست مطالب

عنوان .....صفحه

فصل اول: مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

مقدمه ۲

۱-۲- ضرورت و اهداف تحقیق.....۴

۱-۳- کلیات و تعاریف.....۵

۱-۳-۱- خواص فیزیکی.....۵

۱-۳-۱-۱- شکل و اندازه.....۵

۱-۳-۱-۲- حجم، چگالی و تخلخل ۶

۱-۳-۱-۳- رطوبت ۷

۱-۳-۲- خواص مکانیکی ۷

۱-۳-۳- آزمون‌های مکانیکی.....۸

۱-۳-۳-۱- بارگذاری فشاری تک محوری (شبه استاتیک).....۸

۱-۳-۳-۲- پارامتر های استخراج شده از منحنی نیرو-تغییر شکل.....۱۰

۱-۴- معرفی محصول لوبیا قرمز.....۱۴

۱-۴-۱- سطح زیر کشت، عملکرد و میزان تولید لوبیا ۱۴

۱-۴-۲- گیاه شناسی لوبیا.....۱۴

۱-۴-۳- اهمیت محصول لوبیا.....۱۴

۱-۵- پیشینه تحقیق.....۱۵

فصل دوم: مواد و روش ها

۲-۱- آزمایش‌ها.....۲۱
۲-۲- انتخاب و نگهداری نمونه‌ها ۲۱
۲-۳- وسایل و تجهیزات مورد استفاده.....۲۱
۲-۴- تعیین رطوبت اولیه لوبیا قرمز.....۲۲
۲-۵- تهیه نمونه‌ها با ۴ سطح رطوبتی.....۲۳
۲-۶- تعیین برخی خواص فیزیکی لوبیا قرمز.....۲۳
۲-۶-۱- ابعاد.....۲۳
۲-۶-۲- قطر متوسط هندسی، قطر متوسط حسابی، کرویت و سطح تصویر شده.....۲۴
۲-۶-۳- تعیین چگالی حقیقی، چگالی توده و تخلخل.....۲۵
۲-۶-۴- اندازه گیری زاویه استقرار استاتیکی.....۲۶
۲-۷- تعیین برخی خواص مکانیکی لوبیا قرمز.....۲۷
۲-۷-۱- بارگذاری فشاری تک محوری (شبه استاتیک).....۲۷
۲-۸- شرایط تیماری.....۲۸
۲-۹- دسته بندی اطلاعات وتجزیه و تحلیل آماری.....۲۹

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱- مقدمه.....۳۱
۳-۲- نتایج آزمون های فیزیکی لوبیا قرمز.....۳۱
۳-۳- مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن.....۳۳
۳-۴- نتایج آزمون مکانیکی دانه لوبیا قرمز.....۴۴

۳-۴-۱- مشاهده‌های عینی نتایج.....۴۴

۳-۴-۲- نتایج آماری برای خواص مکانیکی دانه لوبیا قرمز تحت آزمون فشاری.....۴۵

۳-۴-۳- نتایج مقایسه میانگین خواص مکانیکی دانه لوبیا قرمز.....۴۸

فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۴-۱- نتیجه گیری.....۵۵

۴-۱-۱- نتایج حاصل از اندازه گیری خواص فیزیکی لوبیا قرمز.....۵۵

۴-۱-۲- خلاصه نتایج حاصل از اندازه گیری خواص مکانیکی.....۵۵

۴-۲- پیشنهادات.....۵۶

فهرست منابع.....۵۷

فهرست اشکال

عنوان .....صفحه

شکل ۱-۱- تفاوت بنیادین در منحنی نیرو تغییر شکل مواد بیولوژیک و مواد پلیمیری.....۱۱

شکل ۱-۲ نقطه مورد نظر (بین مبدا و نقطه تسلیم) در منحنی نیرو- تغییر شکل برای محاسبه ضریب کشسانی-
.....۱۳

شکل ۲-۱- کولیس دیجیتال با دقت۰/۰۱میلی‌متر.....۲۲

شکل ۲-۲- ترازوی دیجیتال.....۲۲

شکل ۲-۳- آون آزمایشگاهی.....۲۲

شکل ۲-۵- اندازه گیری زاویه استقرار استاتیکی.....۲۶

شکل ۲-۴- منحنی نیرو- تغییرشکل لوبیا قرمز.....۲۸

شکل ۳- ۱- نتایج مقایسه میانگین وزن هزار دانه لوبیا قرمز در سطوح مختلف رطوبتی....۳۳

شکل ۳-۲- نتایج مقایسه میانگین زاویه استقرار استاتیکی لوبیا قرمز در سطوح مختلف
رطوبتی.....۳۴

شکل ۳-۳- نتایج مقایسه میانگین طول لوبیا قرمز در ۴ سطح رطوبتی.....۳۵

شکل ۳-۴- نتایج مقایسه میانگین عرض لوبیا قرمز در سطوح مختلف رطوبتی.....۳۶

شکل ۳-۵- نتایج مقایسه میانگین ضخامت لوبیا قرمز در سطوح مختلف رطوبتی.....۳۷

شکل ۳-۶- نتایج مقایسه میانگین قطر متوسط حسابی دانه لوبیا قرمز در سطوح مختلف
رطوبتی.....۳۸

شکل ۳-۷- نتایج مقایسه میانگین چگالی توده لوبیا قرمز در سطوح مختلف رطوبتی.....۳۹

شکل ۳-۸- نتایج مقاسه میانگین تخلخل لوبیا قرمز در سطوح مختلف رطوبتی.....۴۰

شکل ۳-۹- نتایج مقایسه میانگین سطح تصویر شده لوبیا قرمز در سطوح مختلف رطوبتی...۴۱

شکل ۳- ۱۰- نتایج مقایسه میانگین حجم لوبیا قرمز در سطوح مختلف رطوبتی.....۴۲

شکل ۳-۱۱- نمونه لوبیا قرمز گسیخته شده در راستای عرض دانه.....۴۴

فهرست جداول

عنوان .....صفحه

جدول ۳-۱- نتایج حاصل از تجزیه واریانس خواص ابعادی دانه لوبیا قرمز.....۳۱

جدول ۳-۲- نتایج حاصل از تجزیه واریانس خواص ثقلی و زاویه استقرار استاتیکی دانه لوبیا قرمز.....۳۲

جدول ۳-۳ روابط رگرسیونی خواص فیزیکی دانه لوبیا قرمز در سطوح رطوبتی مختلف.....۴۳

جدول ۳-۴ نتایج حاصل از تجزیه واریانس تغییر شکل در نقطه گسیختگی.....۴۵

جدول ۳-۵ نتایج حاصل از تجزیه واریانس نیروی گسیختگی دانه لوبیا قرمز.....۴۶

جدول ۳-۶- نتایج حاصل از تجزیه واریانس انرژی گسیختگی دانه لوبیا قرمز.....۴۷

جدول ۳-۷- نتایج حاصل از تجزیه واریانس چغرمگی دانه لوبیا قرمز.....۴۸

جدول ۳-۸- اثر متقابل سه تایی سرعت بارگذاری، رطوبت و اندازه دانه بر تغییر شکل در نقطه گسیختگی.....۴۹

جدول ۳-۹- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه تایی سرعت بارگذاری، رطوبت و اندازه دانه بر انرژی گسیختگی.....۵۰

جدول۳-۱۰- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه تایی سرعت بارگذاری، رطوبت و اندازه دانه بر چغرمگی ۵۱

جدول ۳-۱۱- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه تایی سرعت بارگذاری، رطوبت و اندازه دانه بر نیروی گسیختگی.....۵۲

فهرست علائم

نماد	کمیت	واحد (SI)
L	طول دانه لوبیا قرمز	میلی‌متر
W	عرض دانه لوبیا قرمز	میلی‌متر
T	ضخامت دانه لوبیا قرمز	میلی‌متر
D_a	قطر متوسط حسابی	میلی‌متر
D_g	قطر متوسط هندسی	میلی‌متر
H	ارتفاع توده نمونه	میلی‌متر
M	وزن دانه در رطوبت مورد نظر وزن دانه لوبیا قرمز	گرمM_b گرم
M_{cd}	میزان رطوبت بر پایه وزن خشک	درصد
M_f	رطوبت ثانویه نمونه	درصد
M_i	رطوبت اولیه نمونه	درصد
Q	میزان آب لازم برای به رطوبت رساندن نمونه	گرم
A	سطح تصویر شده	میلی‌متر مربع
V_t	حجم ظرف اندازه گیر	سانتی‌مترمکعب
X	قطر توده	میلی‌متر
φ	کرویت	درصد
ρ_b	چگالی توده لوبیا قرمز	گرم بر سانتی‌متر مکعب
ρ_t	چگالی حقیقی لوبیا قرمز	گرم بر سانتی‌متر مکعب
ε	تخلخل	درصد
θ	زاویه استقرار	درجه
W_{1000}	وزن هزار دانه	گرم

فصل اول

مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

۱-۱- مقدمه

لوبیا با نام علمی (*Phaseolus vulgaris L.*)، گیاهی است علفی، یکساله و یکی از گونه‌های مختلف خانواده لگومینه و از مهم‌ترین محصولات حبوبات در جهان می‌باشد. لوبیا در پنج قاره جهان کشت گردیده و سطح کشت جهانی آن حدود ۲۴ میلیون هکتار و میزان عملکرد متوسط آن حدود ۵۰۰ کیلو گرم در هکتار می‌باشد. لوبیا به واسطه‌ی داشتن پروتئین بین ۲۰ تا ۳۵ درصد و هیدروکربورها بین ۵۵ تا ۶۰ درصد، از نظر تغذیه محصول بسیار پر ارزشی می‌باشد و قسمت عمده ای از جیره غذایی روزانه مردم جهان به خصوص آمریکای مرکزی و جنوبی آسیا را تشکیل می‌دهد. بر اساس آمار سال ۱۳۸۸، سطح زیر کشت لوبیا در ایران ۹۳۸۸۸ هکتار و تولید آن ۱۸۱۳۷۴ تن بوده و میانگین عملکرد در کشور ۲۲۵۴ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. این محصول در استان‌های آذربایجان، لرستان، مرکزی، زنجان و فارس به‌طور گسترده هر ساله کشت می‌شود که در این بین استان اردبیل دارای ۲۱۵۰ هکتار لوبیا زیر کشت می‌باشد که تولید آن ۲۰۸۲ تن در سال ۱۳۸۸ می‌باشد (بی نام، ۱۳۸۸).

با توجه به مزیت‌های نسبی کشت لوبیا از نظر تغذیه‌ای و اقتصادی، لزوم توسعه روش‌های نوین کاشت و برداشت لوبیا و افزایش عملکرد در واحد سطح ضروری است و از طرفی با توجه به استعداد کشورمان از نظر شرایط آب و هوایی، امکان توسعه سطح زیر کشت این محصول و نیز ایجاد صنایع غذایی وابسته و سیستم‌های فرآوری و بسته‌بندی به‌منظور ورود به بازار های جهانی وجود دارد. از این رو برای موفقیت در تولید و توسعه سطح زیر کشت این محصول، توجه به ایجاد دستگاه‌های فرآوری مناسب برای عرضه محصول مرغوب

و با کیفیت بالا اجتناب ناپذیر است، که این امر مستلزم تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی این محصول می‌باشد.

شناخت خواص محصولات کشاورزی امکان طراحی ماشین‌ها و فرآیندهای جدید بر اساس شرایط و ویژگی‌های فیزیکی محصولات را فراهم می‌کند و بدین ترتیب میزان خسارت کاهش و بهره دهی عملیات افزایش می‌یابد. بیشتر آسیب‌ها در مراحل جابه-جایی و انبارداری ایجاد می‌شود، به این معنی که در طی عملیات جابه‌جایی تنش‌های مکانیکی (به صورت ضربه یا فشار) به پوسته یا بخش کوتیلدون دانه اعمال می‌گردد و در نتیجه باعث کاهش کیفیت محصول فرآوری شده می‌گردد (افکاری سیاح و مینایی، ۱۳۸۸). باید ذکر کرد که کاهش میزان رطوبت محصول قبل از انبار کردن، شدت آسیب‌پذیری آن را در مراحل مختلف فرآوری کاهش می‌دهد. به همین دلیل مطالعه‌ی علم مکانیک محصولات کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و همین امر، دلیل بر توسعه این علم جوان در چند دهه گذشته بوده است. لذا با قطعیت می‌توان گفت که بحث مکانیک محصولات کشاورزی موضوع پایه‌ای مهندسی کشاورزی می‌باشد (توکلی هشجین، ۱۳۸۲).

با توجه به ساختار تولید بخش کشاورزی، تعداد تولید کنندگان و تنوع محصول، لازم است به دنبال روش‌هایی آسان و قابل اجرا برای جلوگیری از اتلاف مازاد مصرف روزانه میوه-جات، سبزی‌جات و سایر محصولات کشاورزی باشیم. از طرفی برای حفظ کیفیت و تداوم عرضه محصولات متناسب با ذائقه مصرف کنندگان، فرآوری محصولات کشاورزی با ارزش اقتصادی بالا، یکی از ضروریات بخش تولیدات مواد غذایی است. بدین طریق هم از ضایعات محصول جلوگیری می‌شود و هم نیاز بازار مصرف به‌طور مطلوب تامین خواهد شد. در این ارتباط اطلاع از خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی در تعیین مدت

انبارداری محصول به‌منظور جلوگیری از تغییرات ناشی از واکنش‌های شیمیایی شامل تنفس و فعالیت آنزیمی، توسعه حسگرهایی به‌منظور کنترل ماشین‌ها و فرآیندها و شناسایی کیفی تفاوت‌های موجود بین محصولات، شناسایی رقم‌هایی از میوه، سبزیجات و دانه که برای کاربردهای خاص مطلوب هستند و همچنین در ارزیابی بافت که خصوصیت کیفی خیلی مهم در بازارهای جهانی است به‌کار می‌رود. لذا تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی محصول در طراحی تجهیزات مخصوص فرآیند-های پس از برداشت از قبیل درجه‌بندی، جداسازی، بسته بندی، حمل و نقل فرآوری در کارخانه‌ها ضروری و مفید می-باشد (استروشاین و هامان[1]، ۱۹۹۴).

با توجه به اهمیت اقتصادی و غذایی لوبیا و همچنین آسیب‌پذیری بالای این محصول در برابر شکست تحت بارگذاری ضربه‌ای یا فشار در طول فرآیند برداشت و فرآوری که برداشت مکانیکی آن را محدود کرده است و ارزش بیولوژیک آن را تحت تاثیر قرار داده است، شناخت و تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی این محصول دارای اهمیت می‌باشد (خزایی[2]، ۲۰۰۹).

۱-۲- ضرورت و اهداف تحقیق

با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی در خصوص خواص فیزیکی و مکانیکی لوبیا به‌خصوص ارقام کشت شده در ایران و آسیب-پذیری بالای محصول در فرآیند برداشت، ضرورت تعیین این خواص احساس می‌شود. از آنجا که فرآیند برداشت لوبیا، حساس‌ترین و بحرانی‌ترین مرحله کاهش تلفات محصول است، لذا طراحی و ساخت ماشین مناسب برداشت، مستلزم تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی لوبیا می‌باشد تا علاوه بر آن از این اطلاعات برای طراحی ماشین‌های فرآوری، انتقال و درجه‌بندی

1- Stroshine and Hamann
2- Khazaei

استفاده شود. در غیر این صورت، عدم تطابق ماشین با محصول سبب افزایش شکست در دانه و تلفات آن و در نهایت کاهش کیفیت نهایی محصول می‌شود. لذا در این تحقیق، خواص فیزیکی و مکانیکی یک رقم لوبیا با نام لوبیا قرمز رقم محلی مشکین شهر که از ارقام محلی استان اردبیل می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفته است. در مجموع، اهداف این تحقیق عبارتند از:

۱-تعیین و بررسی خواص فیزیکی لوبیا شامل ابعاد (طول، عرض، ضخامت)، قطر متوسط حسابی، قطر متوسط هندسی، حجم، سطح رویه، کرویت، وزن هزاردانه، چگالی حقیقی، چگالی توده و تخلخل.

۲-تعیین خواص مکانیکی شامل نیروی گسیختگی، انرژی گسیختگی، تغییرشکل در نقطه گسیختگی و چغرمگی.

۳-بررسی اثر رطوبت، سرعت بارگذاری و اندازه دانه بر خواص مکانیکی لوبیا در اثر بارگذاری فشاری شبه استاتیک.

۱-۳- کلیات تعاریف

۱-۳-۱- خواص فیزیکی

طراحی صحیح ماشین‌ها و فرآیندهای برداشت، جابجایی و انبار کردن محصولات کشاورزی و تبدیل این محصول به غذا و خوراک نیاز به اطلاع از خواص فیزیکی آنها دارد. این خواص شامل، اندازه، شکل، چگالی، خصوصیات جذب و دفع رطوبت، خواص حرارتی، ویژگی‌های اصطکاکی، خواص جریانی، خصوصیات هیدرودینامیکی و آیرودینامیکی، پاسخ به تابش الکترومغناطیسی، سطح رویه، حجم، تخلخل، رنگ و ظاهر می‌باشد. مطالعه این خواص یکی از جنبه‌های منحصر به‌فرد تحقیقات مهندسان کشاورزی و مهندسان فرآوری مواد غذایی و از مسائل مهم در طراحی یک ماشین مخصوص و تحلیل رفتار

های حاصله در انتقال مواد می‌باشد. در این ارتباط به تشریح این خواص می‌پردازیم.

۱-۳-۱-۱- شکل و اندازه

اندازه و شکل غالبا زمانی که سبزیجات، میوه‌ها و دانه‌ها را توصیف می‌کنیم دارای بیشترین اهمیت می‌باشد. اندازه با استفاده از ابعاد سطح تصویر شده با تعریف سه بعد اصلی (طول، عرض و ضخامت) قابل توصیف می‌باشد (محسنین[1]، ۱۹۸۶). ابعاد محصولات کشاورزی با توجه به فصل رشد، محل پرورش و رقم خیلی متنوع هستند. بنابراین، بهتر است که اندازه‌گیری‌ها را روی تعداد زیادی از نمونه‌ها از رقم خاص پرورش یافته تحت شرایط آن ناحیه انجام داد. اقطار بزرگ، متوسط و کوچک به ندرت در صنعت و تجارت به‌کار برده می‌شوند. در مورد دانه‌ها و بذور، طول، عرض و ضخامت غالبا مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابر این تعاریف مورد استفاده در صنعت می‌تواند در استانداردهای تعیین شده برای درجه بندی میوه‌ها و سبزیجات به‌کار رود. اندازه و ابعاد فیزیکی در الک کردن جامدات به‌منظور جداسازی مواد خارجی و در درجه‌بندی میوه و سبزیجات به‌کار می‌رود. اندازه و شکل تعیین می‌کند که چه تعداد میوه می‌تواند در ظروف بسته بندی قرار گیرد. شکل، معمولاً برای توصیف محصولات غیر فرآوری شده به‌کار می‌رود. دانه‌ها، غلات، میوه‌ها و سبزیجات از نظر شکل هندسی نامنظم هستند و برای به‌دست آوردن میانگین اندازه آنها، تعداد زیادی اندازه گیری لازم است. از نظر علمی، اندازه‌گیری در راستای چند محور متعامد کفایت می‌کند. هرچه یک جسم نامتقارن باشد، تعداد اندازه‌گیری‌ها افزایش می‌یابد. شکل می‌تواند با استفاده از تشابه با یک جسم هندسی از قبیل یک کره، کروی

1- Mohsenin

دوکی، کروی پهن شده در قطبین، بیضی سه محوری یا مخروط ناقص قابل شناسایی باشد. بنابراین مهم است که بدانیم چه معیاری را باید در نظر گرفت تا اندازه‌گیری‌های مربوط به شکل کافی باشد. یکی از روش‌های رایج برای کمی نمودن تفاوت‌های موجود در شکل میوه‌ها، سبزی‌ها، دانه‌ها و بذور محاسبه کرویت آنهاست و غالباً بر اساس این فرض است که حجم جامد می‌تواند با محاسبه حجم یک بیضی‌گون سه محوری با اقطار مشابه با محصول مورد مطالعه تقریب زده شود که در فصل دوم روش محاسبه آن شرح داده شده است.

۱-۳-۱-۲- حجم، چگالی و تخلخل

زمانی که دانه‌ها و دیگر جامدات ذره‌ای به‌طور پنوماتیکی (بادی) و یا زمانی که میوه‌ها و سبزی‌ها به‌طور هیدرولیکی انتقال داده می‌شوند، سرعت‌های جریان انتقال آنها بستگی به چگالی و شکل آنها دارد. حجم و سطح رویه جامدات باید برای مدل‌سازی دقیق انتقال حرارت و جرم در طی فرآیندهای خشک کردن و سردسازی تعیین شود و تخلخل که درصد فضاهای هوا در جامدات ذره‌ای است. مقاومت بر جریان هوا را در طی جامدات توده‌ای تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین حجم و چگالی مواد غذایی و محصولات کشاورزی اهمیت زیادی در فرآیندهای مختلف و در ارزیابی کیفیت محصولات از جمله خشک کردن و نگهداری، طراحی سیلوها و مخازن نگهداری، تراکم مکانیکی علوفه سیلویی، جدا نمودن مواد ناخالص، درجه بندی و جدا نمودن، ارزیابی از لحاظ رسیدگی، ترکیب و نرمی در میوه‌ها و دانه‌ها دارد.

۱-۳-۱-۳- رطوبت

میزان رطوبت مواد کشاورزی و محصولات غذایی به میزان زیاد خواصی از قبیل چگالی، خصوصیات نیرو، تغییر شکل، رسانایی حرارتی، ظرفیت گرمایی و مقاومت الکتریکی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. سه مفهوم مهم در بحث محتوای رطوبتی مواد و محصولات کشاورزی وجود دارد که شامل محتوای رطوبتی تعادلی، فعالیت آبی و پتانسیل آبی است. محتوای رطوبتی تعادلی به‌منظور توصیف رطوبت نهایی به‌کار می‌رود که در طی فرآیند خشک کردن حاصل می‌شود. از طرفی به علت اینکه سرعت تخریب محصولات غذایی درطی انبارسازی تحت تاثیر محتوای رطوبتی آن است باید از مفهوم فعالیت آبی استفاده کرد. پتانسیل آبی نیز در توصیف اثر کاهش رطوبت یا افزایش رطوبت در تغییر حجمی و رفتار نیرو- تغییر شکل سبزی‌ها و میوه‌ها ضروری است (استروشاین و هامان، ۱۹۹۴).

۱-۳-۲- خواص مکانیکی

خواص مکانیکی مواد به عنوان هر خاصیتی که رفتار مواد را تحت اثر نیروهای وارده بیان کند، تعریف می‌شود. به‌طور کلی از آزمون کشش- فشار و رفتار نیرو – تغییر شکل (تنش- کرنش) برای تعیین و توصیف ویژگی‌های مکانیکی مواد استفاده می‌شود (محسنین، ۱۹۸۶).

آسیب به میوه‌ها، سبزی‌ها، دانه‌ها و بذور در طول فرآیند برداشت و جابه‌جایی می‌تواند ارزش این محصول را با کاهش کیفیت آنها تحت تاثیر قرار دهد. به‌علاوه آسیب مکانیکی معمولاً آسیب‌پذیری آنها به تخریب و فساد را در طول دوره انبارداری افزایش می‌دهد. آسیب می‌تواند در طول فرآیند برداشت و جابه‌جایی در نتیجه بارهای ضربه‌ای یا نیروهای برشی تولید شده در تماس با سطوح سخت ماشین‌ها یا ظروف انبارسازی ایجاد شود. میوه‌ها و سبزی‌ها می‌توانند در طول فرآیند انبارسازی در نتیجه نیروهای استاتیک یا شبه

استاتیک در نقاط تماس با دیگر میوه‌ها و سبزی‌ها یا ظروف انبارسازی تغییر شکل پیدا کنند. بنابراین در تمامی این موارد هدف نهایی کاهش ضایعات کمی و کیفی محصولات از زمان برداشت تا تولید محصول نهایی خواهد بود. لذا تعیین خواص مکانیکی محصولات کشاورزی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است.

۱-۳-۳- آزمون‌های مکانیکی

یکی از راه‌های اصولی برای جلوگیری از بروز صدمات مکانیکی، شناخت ویژگی‌های مقاومتی محصول تحت شرایط مختلف است. برای دستیابی به این اطلاعات، انجام آزمون‌های استاندارد تحت شرایط کنترل شده مد نظر قرار می‌گیرد. تاکنون آزمون‌های مختلفی برای شناسایی خواص بافت بیولوژیک استفاده شده است که در این میان می‌توان به آزمون‌های مکانیکی اشاره کرد. روش‌های مکانیکی به‌علت سادگی و شباهتی که از لحاظ ماهیت با مراحل برداشت و فرآوری پس از برداشت محصول دارند، از عمومیت بیشتری برخوردارند. در عین حال باید توجه نمود که در روش مکانیکی بسته به نوع بارگذاری و ماهیت تحقیق و همچنین فرضیاتی که محقق در مورد رفتار محصول مورد نظر لحاظ می‌نماید، با گستره وسیعی از پارامترهای مکانیکی مواجه خواهد شد. در صورتی که هدف از تحقیق، کسب اطلاعات از بافت محصول به‌منظور بهینه‌سازی ماشین‌های پس از برداشت باشد، پارامترهای موردنظر باید پارامترهای اساسی باشد تا امکان استفاده از آن‌ها در محاسبات مهندسی وجود داشته باشد. در این رابطه آزمون‌های کشش- فشار و ضربه از متداول‌ترین نوع آزمایش‌ها می‌باشد (توکلی هشجین، ۱۳۸۲).