نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ – کرج

بررسی برخی خواص فیزیکی و مکانیکی آلو رقم سیاه

احمد جهان بخشی[1*]، بهرام قمری[2]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ایلام
۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ایلام
[*]نویسنده مسئول: ahmad.jahanbakhshi67@gmail.com

چکیده

در ایران بیش از ۱۷ درصد محصولات کشاورزی در مراحل مختلف تولید تا عرضه به ضایعات تبدیل می‌شود. اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی در طراحی و ساخت ماشین‌های مورد نیاز در عملیات کاشت، داشت، برداشت و پس از برداشت مفید است. زیرا سبب کاهش تلفات محصول و افزایش بهره‌وری عملیات مختلف می‌شود. در این تحقیق برخی از خواص فیزیکی و مکانیکی میوه آلو تحت شرایط استاندارد و در سه تکرار اندازه‌گیری شد. برای برخی خواص فیزیکی مقدار متوسط طول، عرض، ضخامت، میانگین قطر هندسی، میانگین قطر حسابی، کرویت، سطح رویه، نسبت رعنایی، جرم، حجم، دانسیته ظاهری، دانسیته حقیقی و تخلخل محاسبه گردید. خواص مکانیکی نمونه‌ها در هنگام فشار (لهیدگی) و برش میوه از وسط در دو بعد طولی و عرضی به وسیله ماشین اینسترون Zwick/Roell تحت استانداردهای لازم اندازه‌گیری گردید. در تست فشار حداکثر نیروی لازم برای لهیدگی میوه در جهت افقی (۱٤۸ نیوتن) بیشتر از جهت عمودی (۱۲۵ نیوتن) است. پیشنهاد می‌شود هنگام بسته‌بندی و انبارداری، آلوها در جهت افقی چیده شوند. همچنین در تست برش چون حداکثر نیروی لازم برای برش میوه در جهت عمودی (۲۳/۷ نیوتن) کمتر از جهت افقی (۳۳ نیوتن) است پیشنهاد می‌گردد جهت فرآوری این محصول در کارخانه‌ها این نتیجه موردتوجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آلو، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی.

مقدمه

آلو با نام‌های علمی *Prunssalicina* و *Prunus domestica* از خانواده Rosaceae است. ارقام مختلف آن عبارتند از: زرد، سیاه، شابلون، بخارا و قطره طلا. آلو میوه‌ای تک هسته‌ای از خانواده‌ی هلو و زردآلو است. بیش از هزاران گونه‌ی متفاوت از این میوه در دنیا وجود دارد که از نظر رنگ، شکل و اندازه تنوع زیادی دارند. معروف‌ترین این گونه‌ها نوع ژاپنی است. اندازه‌ی آلو در سراسر جهان از ٦ – ۳ سانتی‌متر متفاوت است. طعم آن از ترش تا شیرین متغیر بوده و به

رنگ‌هـــای زرد، سبـز، قـرمـز و ارغوانـی موجـود اسـت. آلوها منبع بسیار خوبی از ویتامین A، کلسیم، منیزیم، آهن و پتاسیم هستند (جانیک و مور، ۱۹۹٦؛ سستراس و همکاران، ۲۰۰۷). آلو از جمله محصولات با ارزشی است که تولید سالیانه آن در ایران بیش از ۲۹۵ هزار تن می‌باشد، به طوری که در سال ۲۰۱۲ ایران بعد از چین، صربستان، رومانی، شیلی و ترکیه مقام ششم تولید این محصول را در جهان به خود اختصاص داده است (FAO, 2012). پژوهشکده بیوتکنولوژی وزارت جهاد کشاورزی اعلام کرده است که در ایران بیش از ۱۷ درصد از ۱۰٦ میلیون تن محصولات کشاورزی در مراحل مختلف تولید تا عرضه به ضایعات تبدیل می‌شود و ۷ درصد آن نیز در مغازه و منزل به علت نامناسب بودن بسته‌بندی و روش‌های نگهداری از بین می‌رود (رضایی، ۱۳۸۷). مهم‌ترین دلیل خسارت دیدن محصول در فصل برداشت، عملیات مکانیکی است که در حین جمع‌آوری و جابه‌جایی آن اتفاق می‌افتد. کاهش تلفات حاصل از این خسارت‌ها و حفظ کیفیت محصول در صورتی ممکن است که قوانین مربوط و خواص محصولات در نظر گرفته شود. شناخت خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی اجازه می‌دهد ماشین‌های جدید و فرآیندهای صنعتی کارآمدی طراحی شود و بدین ترتیب خسارات کاهش و بهره‌دهی عملیات افزایش یابد. از میان خصوصیات فیزیکی محصولات کشاورزی جرم، حجم و مرکز ثقل اهمیت ویژه‌ای در سامانه‌های درجه‌بندی محصول دارد (صفوت و مصطفی، ۱۹۷۱). حجم و چگالی محصولات کشاورزی اهمیت زیادی در فرآیندهای مختلف و در ارزیابی کیفیت محصولات از جمله تعیین رسیدگی میوه‌ها دارد (سیتکی، ۱۹۸٦). در تحقیقی روی سیب‌زمینی‌های ایرانی پارامترهای فیزیکی ابعاد، جرم، حجم، جرم مخصوص، قطر میانگین هندسی، کرویت و سطح رویه برای چهار واریته ویتال، دراگا، اگریا و آژاکس تعیین کرده‌اند (طباطبایی فر، ۲۰۰۰). در تحقیقی خواص خمشی و برشی ساقه آفتابگردان را مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان داد با افزایش رطوبت مدول الاستیسیته و مقدار تنش خمشی کاهش و استحکام برشی و انرژی برشی افزایش گردید (انسه و همکاران، ۲۰۰۵).

هدف از این تحقیق تعیین برخی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی میوه آلو می‌باشد. نتایج حاصله می‌تواند در زمینه طراحی ادوات مربوطه جهت انتقال، درجه‌بندی، جداسازی، شستشو، بسته‌بندی، نگهداری و فرآوری محصول کاربرد فراوانی داشته باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های این تحقیق در مردادماه ۱۳۹۳ در آزمایشگاه ابزار دقیق، دانشگاه ایلام انجام شد. نمونه‌های مورد آزمایش به صورت تصادفی انتخاب و از نظر میزان رسیدگی در شرایط یکسانی بودند. سپس به صورت دستی تمیز گردیده و در محیطی با دمای ۱۲– ۱۱ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و حدود یک ساعت قبل از انجام آزمایشات از محیط انبار به آزمایشگاه انتقال داده شدند. در این تحقیق برخی از خواص فیزیکی ۳۰ نمونه آلو تحت شرایط استاندارد اندازه‌گیری شد. ابعاد آلو a (طول)، b (عرض) و c (ضخامت)، به وسیله کولیس دیجیتال مدل (DC-515, Taiwan) با دقت ۰/۰۱ میلیمتر اندازه‌گیری شد. سپس قطر میانگین هندسی، حسابی و کرویت با استفاده از رابطه ۱ تا ۳ محاسبه گردید (محسنین، ۱۹۸٦).

$$D_g = (a.b.c)^{1/3} \quad (1)$$

$$D_e = \frac{a+b+c}{3} \quad (2)$$

$$\emptyset = \frac{D_g}{D_e} \times 100 \quad (3)$$

که D_g قطر میانگین هندسی، a بزرگ‌ترین قطر، b بزرگ‌ترین قطر عمود بر a و c بزرگ‌ترین قطر عمود بر a و b می‌باشد. D_e قطر میانگین حسابی و $\emptyset$ کرویت آلوها می‌باشد. مساحت سطح S و نسبت رعنایی R_a، آلوها نیز از رابطه ٤ و ٥ بدست آمد (شاهین و سومنو، ۲۰۰٦).

$$S = \pi D_g^2 \quad (4)$$

$$R_a = \frac{b}{a} \quad (5)$$

جرم آلوها توسط یک ترازوی دیجیتالی مدل (GF 600, USA) با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای تعیین حجم آلوها از روش پلات فرم استفاده گردید (معصومی و تبیل، ۲۰۰۳). روشی که در محدوده وسیعی از میوه‌ها و سبزی جات کاربرد دارد. بدین منظور نمونه‌ها به کمک یک گیره پایه‌دار در داخل بشری که روی ترازو قرار داده شده بود غوطه‌ور شده، قرائت دوم ترازو با میوه غوطه‌ور در آب منهای وزن ظرف و آب برابر است با وزن آب جابه‌جا شده که در عبارت زیر جایگذاری شده و حجم آلوها با استفاده از رابطه ٦ محاسبه می‌شود.

$$V = \frac{W_w}{\rho_w} \quad (6)$$

که WW جرم حجم آب جابجا شده، ρw جرم حجمی آب، M جرم آلوها، V حجم آلوها است و دانسیته حقیقی P_t، دانسیته ظاهری P_b و تخلخل میوه ε، از رابطه ۷، ۸ و ۹ بدست آمد (دشپانده و همکاران، ۱۹۹۱).

$$P_t = \frac{M}{V} \quad (7)$$

$$P_b = \frac{m}{V_b} \quad (8)$$

$$\varepsilon = [1 - \frac{P_b}{P_t}] \times 100 \quad (9)$$

پس از اجرای آزمون‌های مورد نیاز، ضریب تغییرات که بیان‌کننده خطا بر حسب در صد میانگین آزمایش است، مطابق رابطه ۱۰ محاسبه گردید.

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100 \quad (10)$$

که در این رابطه:

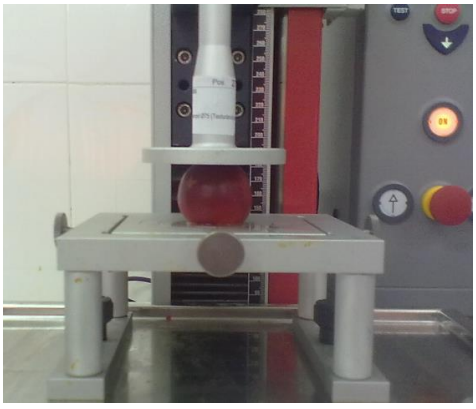
CV ضریب تغییرات

σ انحراف معیار

μ میانگین داده‌ها

سپس برای تعیین ویژگی‌های مکانیکی آلو بر اساس استانداردهای ASTMD 790-03 و DIN 53294 دو تست فشار (لهیدگی) و برش با سرعت تست ۲۰ میلیمتر بر دقیقه انجام گرفت (شکل۲ و ۳). برای انجام هر یک از آزمون‌های فوق بارگذاری در وسط دو بعد طولی و عرضی میوه اعمال گردید. برای انجام این آزمایشات از ماشین اینسترون Zwick/Roell استفاده گردید (شکل۱). که هم‌زمان به رایانه متصل بوده و داده‌برداری صورت می‌گرفت. آزمون‌ها باید قابلیت تکرارپذیری داشته، تا بتوان بر صحت آن‌ها اطمینان داشت. بنابراین هر یک از آزمون‌ها در پنج تکرار انجام گرفت.

شکل۱- ماشین Zwick/Roell



شکل۲- تست فشار (لهیدگی)

شکل۳- تست برش

نتایج و بحث

اطلاعات مربوط به مهمترین خواص فیزیکی نمونه‌ها در جدول۱ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود اختلاف معنی‌داری بین اندازه قطرهای اصلی وجود ندارد به همین لحاظ آلو دارای کرویت بالایی (۰/۹۷)، می باشد. از این خصوصیت می‌توان در طراحی و ساخت ماشین‌های درجه‌بندی و انتقال مورد توجه قرار گیرد. دانسیته ظاهری و حقیقی نمونه‌ها محاسبه گردیده است. با توجه به این که میانگین دانسیته حقیقی نمونه‌ها از آب بیشتر است بنابراین درجه‌بندی به روش هیدرولیکی و انتقال میوه‌ها توسط آب مقدور نمی‌باشد. میانگین تخلخل نمونه‌ها ٤۱٪ بدست آمده که در صنایع بسته‌بندی باید مورد توجه قرار گیرد. در تحقیق‌های مشابهی محسنین (۱۹۸٦) و اوموبواجو و همکارانش (۲۰۰۰)، در باره اهمیت این خواص برای تعیین اندازه‌گیری ماشین‌آلات خصوصاً ماشین‌آلات جداسازی و سورتینگ بحث و بر اهمیت آن‌ها تأکید کرده‌اند.

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی آلو رقم سیاه

خواص فیزیکی آلو	میانگین	بیشترین	کمترین	انحراف معیار	CV%
طول (mm)	٤۱/٦٤	٤۹/۲۱	۲۹/۷۵	٦/۳٤	۱۵/۲۲
عرض (mm)	٤۲/۲۵	۵۳/۳٤	۲۹/۰۸	۷/٤۷	۱۷/٦۸
ضخامت (mm)	٤۲/۱۷	۵۳/۳۳	۲۹/۰۱	۷/٤۳	۱۷/٦۱
قطر میانگین هندسی (mm)	٤۲/۰۱	۵۱/۸٦	۲۹/۲۷	۷/۰۲	۱٦/۷۱
قطر میانگین حسابی (mm)	٤۲/۰۲	۵۱/۹	۲۹/۲۸	۷/۰۳	۱٦/۷۳
کرویت %	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۵	۰/۰۳	۳/۰۹
مساحت سطح (mm^2)	۵٦۹۰/۰۵	۸٤٤۷/۰۵	۲٦۹۱/٦۳	۱۸۱۳/۵۳	۳۱/۸۷
نسبت رعنایی	۱/۰۱	۱/۰۹	۰/۹۳	۰/۰۵	٤/۸۵
جرم (gr)	۵۹/۹۸	۸۸/٤۵	۲۵/٤٦	۲۵/۳۷	٤۲/۲۹
حجم (mm3)	۳۵/٦۲	٤۷/۰۰	۲٤/۰۰	۷/۹۷	۲۲/۳۷
دانسیته ظاهری (gr/mm^3)	۰/۸۷	۰/۹۸	۰/٦۸	۰/۰۸۵	۹/۷۷
دانسیته حقیقی (gr/mm^3)	۱/٦	۲/۱۵	۰/۹۹	۰/٤۰	۲۵/۱۸
تخلخل %	٤۱	٦٤	۱۲	۱۸/۱۱	٤٤/۱۷

خواص مکانیکی آلو حین بارگذاری شبه استاتیکی در تست فشار (لهیدگی) در جدول ۲ آورده شده است. در تست فشار میوه مقادیر میانگین (مدول الاستیسیته، حداکثر نیروی لازم برای لهیدگی میوه، تغییر شکل میوه هنگام اعمال حداکثر نیرو، کار انجام‌شده برای رسیدن به حداکثر نیروی لازم برای لهیدگی میوه) تحت بارگذاری عمودی و افقی بدست آمد. حداکثر نیروی لازم برای لهیدگی میوه در جهت افقی بیشتر از جهت عمودی است، بنابراین پیشنهاد می‌شود در بسته‌بندی و انبارداری آلوها در جهت افقی چیده شوند.

جدول۲- خواص مکانیکی میوه آلو حین بارگذاری شبه استاتیکی در تست فشار (لهیدگی)

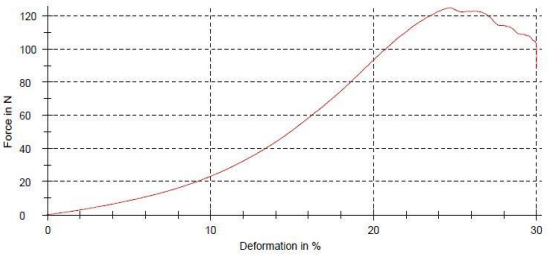
خواص مکانیکی آلو در تست لهیدگی		میانگین	بیشترین	کمترین	انحراف معیار	CV%
مدول الاستیسیته (Gpa)	عمودی	۱۱۸×۱۰$^{-۷}$	۱۸×۱۰$^{-٦}$	۸×۱۰$^{-٦}$	٤/۱۸	۳٥/٤۲
	افقی	۱۱۱×۱۰$^{-۷}$	۱٥×۱۰$^{-٦}$	٦×۱۰$^{-٦}$	۳/۰۳	۲۷/۰٥
حداکثر نیرو (N)	عمودی	۱۲٥	۱٤٦	۱۰٤	۱۸/۰٥	۱٤/٤٤
	افقی	۱٤۸	۱٦۱	۱۲۳	۱٦/٥٥	۱۱/۱۸
تغییر شکل میوه (mm)	عمودی	۱۲/۳	۱٦/۱	۹/۲	۳/۱	۲٥/۲
	افقی	۱۳/٥	۱۹/۰۷	۱۰/۰۹	۳/٥	۲٥/۹۲
کار انجام‌شده (N.mm)	عمودی	٥۷٤/٦۹	٦۸٤/۸۷	٤۲۳/۸۷	۱۰۱/٥۱	۱۷/٦٦
	افقی	۹٦۹/۹	۱۱۸۷/٥٦	۷٥۳/۹۸	۱٦۱/۸۳	۱٦/٦۸

خواص مکانیکی آلو حین بارگذاری شبه استاتیکی در تست برش در جدول ۳ آورده شده است. در تست برش برای آلو میانگین (مدول برشی، حداکثر نیروی لازم برای برش میوه، مقاومت برشی، تغییر شکل میوه هنگام اعمال حداکثر نیرو) تحت بارگذاری عمودی و افقی بدست آمد. میانگین حداکثر نیروی لازم برای برش آلو در جهت عمودی کمتر از جهت افقی است که نشان‌دهنده کم بودن مقاومت آلو به برش در جهت عمودی می‌باشد، لذا جهت فرآوری این محصول در کارخانجات بهتر است آلو در جهت عمودی برش زده شود. مدول برشی در جهت عمودی کمتر از جهت افقی است و نشان‌دهنده نرم بودن و مقاومت کم محصول نسبت به کرنش برشی در جهت عمودی است.

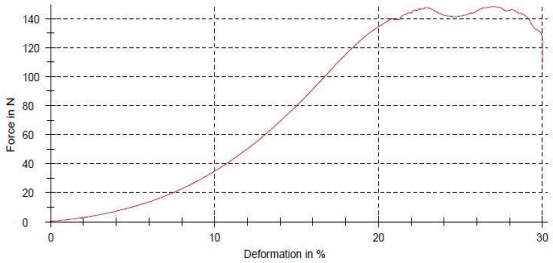
جدول۳- خواص مکانیکی میوه آلو حین بارگذاری شبه استاتیکی در تست برش

خواص مکانیکی آلو در تست برش		میانگین	بیشترین	کمترین	انحراف معیار	CV%
مدول برشی (N/mm^2)	عمودی	۰/۰۸۸۹	۰/۰۹٤۷	۰/۰٦۹۱	۰/۰۱۱	۱۲/۳۷
	افقی	۰/۰۹۰۱	۰/۰۹۹۷	۰/٦۸٥	۰/۰۱۲	۱۳/۳۱
حداکثر نیرو (N)	عمودی	۲۳/۷	۳۲	۱۹/۸	٤/۷۷	۲۰/۱۲
	افقی	۳۳	٤۲	۲٦	٦/۷	۲۰/۳
مقاومت برشی (N/mm^2)	عمودی	۰/۰۰۹٤۸	۰/۰۰۹۹۷	۰/۰۰۷۹٤	۰/۰۰۰۸۷	۹/۱۷
	افقی	۰/۰۱۳۲	۰/۰۱٤۹	۰/۰۱۰۸	۰/۰۰۱٦	۱۲/۱۲
تغییر شکل برشی (mm)	عمودی	۲۲/۳٥	۲۸/۱۱	۱۸/۳۱	۳/٥۷	۱٥/۹۷
	افقی	۲۲/۹۷	۲۹/۳	۱۹/۱۲	۳/۸۱	۱٦/٥۸

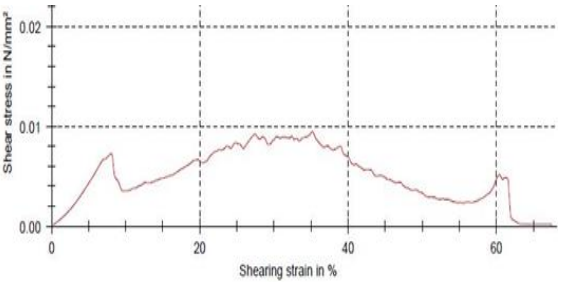
با توجه به نتایج بدست آمده در جدول شماره ۲ و ۳ و شکل‌های ٦، ۷، ۸ و ۹ حداکثر نیروی لازم برای لهیدگی و برش میوه در جهت افقی بیشتر از جهت عمودی را نشان می‌دهند که حاکی از این است در راستای افقی مقاومت میوه نسبت به لهیدگی و برش بیشتر است که باید در طراحی ماشین‌های بسته‌بندی و درجه‌بندی مورد توجه قرار گیرد.



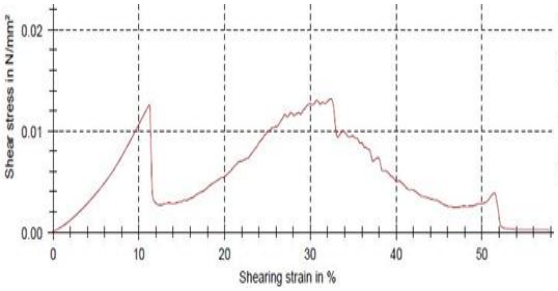
شکل٦- لهیدگی در راستای عمودی



شکل۷- لهیدگی در راستای افقی



شکل۸- برش در راستای عمودی



شکل۹- برش در راستای افقی

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این تحقیق می‌توان از خواص فیزیکی برای طراحی ادوات مربوطه در زمینه بسته‌بندی و درجه‌بندی آلو استفاده کرد. آلو دارای کرویت بالایی می‌باشد، که این ویژگی باید در طراحی سیستم‌های انتقال، جابه‌جایی و درجه‌بندی در نظر گرفته شود. طول، عرض، ضخامت، جرم، حجم و قطر میانگین هندسی رابطه مستقیم و دانسیته (چگالی) رابطه معکوس با اندازه میوه داشت. با توجه به نتایج حاصله از خواص مکانیکی می‌توان نتیجه گرفت که حداکثر نیروی لازم برای لهیدگی و برش میوه در جهت افقی بیشتر از جهت عمودی را نشان می‌دهند که حاکی از این است در راستای افقی مقاومت میوه نسبت به لهیدگی و برش بیشتر است که باید در طراحی ماشین‌های بسته‌بندی و درجه‌بندی مورد توجه قرار گیرد و حتی المقدور سعی گردد آلو در جهت افقی بسته بندی گردد.

منابع

۱. رضایی، م. ۱۳۸۷. اثر نانو پوشش‌های رس در بهبود خواص ارگانولپتیک فرآورده‌های آردی، هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، مشهد مقدس، ایران.

2. Deshpande, S. D. bal, S. & Ojha, T. P. 1991. Physical properties of soybean. Journal of Agricultural Engineening Research, 56, 89-98.

3. FAOSTAT, 2012. Fao International Software. Available et: http:// faostat.fao.org/ faostat.

4. http://zardadi.pcn.ir/Product/3492.

5. Ince, A. urluay, S. Guzel, E. & Ozcan, M. T. 2005. Bending and Shearing Characteristics of Sunflower Stalk Residue. Biosystems Engineer ing 92 (2). 175–181.

6. Janik, J. & Moore, J. 1996. Fruit Breeding, Trees and Tropical Fruits. John Wiley and Sons Press, New York, 632 pp.

7. Masoumi, A. A. & Tabil, L. 2003. Physical properties of chickpea (C.arietinum) cultivars. In ASAE Annual International Meeting. Las Vegas, Nevada, USA (PP. 27-30).

8. Mohsenin, N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials, second ed. Gordon and Breach SciencePublishers, New York.

9. Omobuwajo, T. O. Sanmi, L. A. & Olajide, J. O. 2000. Physical properties of ackee apple seeds. Journal of Food Engineering, 45, 43–48.

10. Safwat, M. A. & Moustafa, M. 1971. Theoretical prediction of volume, surface area, and center of gravity for agricultural products. Transactions of the ASAE, 14(4), 549- 553.

11. Sahin, S. & Sumnu, S. G. 2006. Physical properties of foods. Springer, p. 16-19.

12. Sestras, R. Botu, M. Mitre, V. Sestras, A. & Rosu-Mares, S. 2007. Comparative study on the response of several plum cultivars in centeral Transylvania conditions, Romania. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj- Napoca 35: 69-75.

13. Sitkei, G. 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Elsevier, Amsterdam.

14. Tabatabaeefar, A. 2000. Physical properties of Iranian potato. Proc. Int. Agric. Eng. Conf., December 4-7, Bangkok, Thailand, 501-506.

Evaluation of some physical and mechanical properties of black plum varieties

Abstract

In Iran more than 17% of agricultural products in various stages of production to supply the into wastes converted. Measurement of physical and mechanical properties of agricultural products in the design and construction of machines for planting, harvesting and post-harvest helpful. Because it can reduce the crop losses and increase the efficiency different the operations. In this study, some physical and mechanical properties under standard conditions and plum fruit were measured in triplicate. For some physical properties of length, width, thickness, geometric mean diameter, arithmetic mean diameter, sphericity, surface, aspect ratio, mass, volume, bulk density, true density and porosity were determined. The mechanical properties of the samples during the pressure (rot) in both the longitudinal and transverse cutting the fruit of into Instron testing machine Zwick / Roell was measured by the standards. The pressure test of maximum force to fruit decay in the horizontal direction (148 Nm) than in the vertical direction (125 Nm), respectively. It is suggested that the packaging and warehousing, plums are arranged in a horizontal direction. Shear test as well as the maximum force required to cutting the fruit in the vertical direction (23.7 Nm) than in the horizontal direction (33 Nm) is recommended for this product processed in factories, the result should be considered.

Key words: plum, physical properties, mechanical properties.