تعیین برخی خواص فیزیکی و مکانیکی آلوچه سانتریزه

عمارصالحی[۱*]، حمید رضایی[۲] و عاطفه گمار[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، amar.salehi@ag.iut.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان

چکیده

آلوچه سانتریزه، آلوچه‌ای قرمز رنگ با نام علمی Prunus americana می‌باشد. در این تحقیق به بررسی برخی خواص فیزیکی و مکانیکی آلوچه سانتریزه با درصد رطوبت بر پایه‌ی تر ۸۹/۶۶٪ پرداخته شده است. خواص فیزیکی شامل ارتفاع، طول، عرض، وزن، قطر متوسط هندسی، قطر متوسط حسابی، ضریب نسبت شکل، حجم، چگالی واقعی، سطوح تصویر شده در سه راستای P_A ، P_B و P_C، سطح رویه و کرویت بودند که به ترتیب این خواص دارای مقدار متوسط ۱۹/۴۴ (میلی‌متر)، ۱۸/۵۷ (میلی‌متر)، ۱۸/۳ (میلی‌متر)، ۶/۷۱ (گرم)، ۱۸/۷۶ (میلی‌متر)، ۱۸/۷۷ (میلی‌متر)، ۱/۰۶، ۴/۳۹ (میلی‌متر مکعب)، ۱/۰۷ (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، ۳۱۳/۲ (میلی‌متر مربع)، ۳۰۲/۹۷ (میلی‌متر مربع)، ۲۸۴/۳۵ (میلی‌متر مربع)، ۳۰۰/۱۷ (میلی‌متر مربع)، ۱۱۱۲/۴۶ (میلی‌متر مربع) و ۹۶/۲۸ بودند. برای تعیین خواص مکانیکی نیز از بارگذاری تک‌محوری استفاده شد که آلوچه بین دو صفحه موازی (ثابت و متحرک) قرار گرفته و تا نقطه شکست آلوچه نیرو وارد شد. نتایج نشان داد که به طور متوسط نیروی بیشینه، نیروی شکست، کرنش گسیختی، کار تا نیروی بیشینه و کار تا نیروی شکست برای بارگذاری در راستای عمودی به ترتیب دارای مقادیر ۱۵۷/۶۸ (نیوتن)، ۹۶/۱۶ (نیوتن)، ۰/۴۱۴۸، ۰/۵۲۳۷ (نیوتن بر متر) و ۰/۶۸۶۲ (نیوتن بر متر) و برای بارگذاری در راستای افقی به ترتیب دارای مقادیر ۱۷۲/۱۴ (نیوتن)، ۱۱۱/۵۸ (نیوتن)، ۰/۴۲۲۱، ۰/۳۸۹۰ (نیوتن بر متر) و ۰/۶۹۱۴ (نیوتن بر متر) بود. تمامی مقادیر ذکر شده در راستای افقی بیش از مقادیر در راستای عمودی بود، در حالی‌که، برای کار تا نیروی بیشینه، مقادیر بیشتری در راستای افقی ثبت گردید.

واژه‌های کلیدی: آلوچه سانتریزه، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی، نیروی شکست

۱- مقدمه

آلوچه میوه درختان نژاد PRUNUS از خانواده Rosaceae هستند. آلوچه دارای رنگ‌ها و طعم‌های متنوعی است. گونه‌های مختلف آن دارای رنگ‌های زرد، سفید، قرمز و سبز روشن است. آلوچه سانتریزه از انواع قرمز رنگ آلوچه‌ها است که نام علمی آن *Prunus americana* (Elbert, 1950) می‌باشد.

چینی‌ها اولین کسانی بودند که بیش از ۲۰۰۰ سال پیش اقدام به کشت آلوچه کرده‌اند. این میوه از طریق سوریه یا یونان به ایران آورده شده است. آلوچه سانتریزه در مناطق معتدل سراسر جهان کاشته می‌شود. آلوچه سانتریزه را آلوچه آمریکایی، آلوچه کانادایی و آلوچه وحشی نیز خوانده‌اند(Elbert, 1950). درخت این میوه در اکثر نواحی معتدل ایران به‌خصوص شمال غربی ایران کاشته می‌شود. خواص غذایی آلوچه در شکل (۱) نمایش داده شده است. این نمودار که در سیستم رتبه‌بندی مواد غذایی متعلق به بنیاد بین‌المللی جورج متلجان ثبت شده است (The George Mateljan Foundation, 2009) نشان‌دهنده‌ی انرژی مواد مغذی موجود در آلوچه است.

شکل ۱. نوع ویتامین‌ها و انرژی موجود در صد گرم آلوچه

بر اساس آمار سازمان خار و بار جهانی تنها در سال ۲۰۱۱ حدود ۱۱ میلیون تن آلوچه در سراسر جهان تولید شده است که سهم ایران از این تولید حدود ۲۸۸/۲ هزار تن برآورد شده است (FAO, 2011). تولید و کاشت آلوچه در ایران به دلیل وجود آب و هوای مناسب با درخت و همچنین محبوبیت آن در میان مردم به سرعت در حال افزایش است به طوری که در سال ۲۰۰۰ حدود ۱۴۲/۶ هزار تن آلوچه در ایران تولید شد یعنی با گذشت ۱۱ سال، تولید این میوه به دو برابر افزایش یافته است (یعنی نرخ افزایش تولید معادل ۵۰/۵۲ درصد بود) که بالاتر از نرخ تولید جهانی در این مدت مشخص بوده است (نرخ رشد تولید جهانی، ۲۲/۴۳ درصد بود). اما با این وجود به دلیل کمبود تجهیزات و منابع، صادرات این محصول در ایران به خارج از کشور بسیار پایین است.

بنابراین با توجه به رشد روز افزون تولید آلوچه در ایران و برای افزایش صادرات آن به خارج از کشور و جلوگیری از کاهش کیفیت محصولات ناشی از صدمات فرآیندهای برداشت، انتقال، ذخیره‌سازی و ... باید تمامی فرآیندها و سیستم‌های مرتبط با آلوچه از برداشت محصول تا انتقال و ذخیره‌سازی آن دارای سازوکار تکنولوژیک باشد لذا نیاز به توسعه و طراحی تجهیزات برداشت،

انتقال، تفکیک و فرآوری بیش از پیش احساس می‌شود. به همین خاطر طراحی، ساخت و استفاده از ابزارها و ادوات پیشرفته جهت انجام فرآیندهای برداشت، مرتب‌سازی، انتقال،جداسازی آلوچه معیوب از سالم، بسته‌بندی، خشک کردن، ذخیره‌سازی و فرآوری محصول از اهمیت بالایی برخوردار است و می‌تواند علاوه بر افزایش کارآیی فرآیندهای ذکر شده از صدمات وارده به محصولات نیز جلوگیری کند.

تعیین و شناخت خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی و باغبانی می‌تواند یکی از پارامترهای مهم در طراحی و ساخت ماشین‌ها و ادوات برداشت، مرتب سازی، ذخیره سازی، جداسازی، انتقال، شستشودهنده و فرآوری آن‌ها باشد.

همچنین بررسی ابعاد، چگالی و حجم مواد باغی نقش به سزایی در بهبود سیستم‌های نگه‌داری و طراحی سیلوهای بزرگ ایفا می‌کند (Fraeser *et al* , 1987).

لذا سیستم‌ها و تجهیزاتی که بدون در نظر گرفتن این خواص طراحی یا ساخته شوند ناکارآمد خواهند بود. برای همین تعیین و در نظر گرفتن این معیارها می‌تواند نقش مهمی در طراحی و استفاده از این تجهیزات داشته باشد.

تحقیقات فراوانی برای تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی و باغبانی انجام گرفته است. اما در زمینه‌ی تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی تمام گونه‌های آلوچه بررسی گسترده‌ای انجام نشده است و تنها برخی از گونه‌های آن مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

در سال ۲۰۰۵ کالیشر و همکاران (Calısır *et al*., 2005) بر روی برخی خواص تغذیه‌ای و تکنولوژیکی آلوچه وحشی (Prunus spp.) کار کردند و نشان دادند که ابعاد هندسی، جرم و خواص هندسی از قبیل قطر هندسی به شکل و هندسه میوه بستگی دارد.

در سال ۲۰۰۶ ارتکین و همکاران (Ertekin *et al*., 2006) خواص فیزیکی وتغذیه‌ای دو آلوچه (Prunus domestica) در ترکیه را بررسی کردند.

درباره خواص فیزیکی و مکانیکی آلوچه در ایران تحقیقات ثبت شده‌ای یافت نشد و به طور کلی در رابطه با خواص فیزیکی و مکانیکی آلوچه سانتریزه نیز در منابع فارسی و خارجی گزارشی مشاهده نگردید.

با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی در رابطه با خواص فیزیکی و مکانیکی آلوچه سانتریزه، ضرورت تعیین و ارزیابی این خواص احساس می‌شود. هدف از این تحقیق ، تعیین و ارزیابی خواص فیزیکی (از جمله: وزن، ابعاد، قطر متوسط هندسی و حسابی، ضریب نسبت شکل، حجم، چگالی واقعی، سطوح تصویر شده در سه راستای P_A ، P_B و P_C، سطح رویه و کرویت) و خواص مکانیکی (از جمله: نیروی بیشینه، نیروی شکست، کرنش گسیختی، کار تا نیروی بیشینه، کار تا نیروی شکست، تنش گسیختگی و کرنش گسیختگی) آلوچه سانتریزه می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها

برای تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آلوچه سانتریزه، حدود ۵ کیلوگرم نمونه که از باغ‌های استان کرمانشاه برداشت شده بود در سال ۱۳۹۰ تهیه گردید و پس از انتقال به آزمایشگاه خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه، تعداد ۱۰۰ عدد از نمونه‌ها به صورت تصادفی برای انجام آزمایش‌ها انتخاب شده و به دقت تمیز شدند.

۲-۲- خواص فیزیکی

خصوصیات فیزیکی اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل ارتفاع، طول، عرض، وزن، قطر متوسط هندسی، قطر متوسط حسابی، ضریب نسبت شکل، حجم، چگالی واقعی، سطوح تصویر شده در سه راستای P_A، P_B و P_C، سطح تصویر شده معیار، سطح رویه و کرویت بودند. آماده‌سازی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار صفحه گسترده Excel و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS صورت پذیرفت.

الف-تعیین درصد رطوبت نمونه‌ها

رطوبت آلوچه‌ها با توجه به استاندارد ASAE و با استفاده از دستگاه اوون اندازه‌گیری شد (ASAE Standard, 1998). ابتدا جرم اولیه تعدادی از نمونه‌ها (m_s) با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها را به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه اوون (شکل۲) با دمای ۱۰۴ درجه سانتیگراد قرار دادیم.

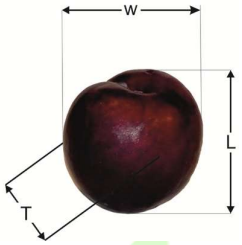
شکل۲. گرمخانه یا اوون مورد استفاده برای تعیین درصد رطوبت آلوچه

سپس جرم ثانویه نمونه‌ها (m_t) پس از خارج کردن آن از دستگاه توسط ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. درصد رطوبت آلوچه ($\%\omega$) از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$\%\omega = \frac{m_s - m_t}{m_s} \times 100 \qquad (۱)$$

ب- ویژگی‌های ابعادی

سه قطر عمود بر هم نمونه‌ها در آزمایشگاه توسط کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد و هر یک آن‌ها به عنوان قطر بزرگ یا ارتفاع (L)، قطر متوسط یا طول (W) و قطر کوچک یا عرض (T) آلوچه مطابق شکل ۳ تعیین گردید.



شکل۳. سه قطر عمود بر هم در آلوچه سانتریزه

پ- خواص هندسی

از آنجا که اشکال محصولات باغی به صورت نامنظم می‌باشد لذا اندازه آن‌ها را با قطر متوسط هندسی و حسابی بیان می‌کنند. قطر متوسط هندسی (D_g) و کرویت (ϕ) نمونه‌ها به ترتیب از روابط (۲) و (۳) محاسبه شدند (Aydın,2003; Mohsenin, 1978):

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (۲)$$

$$\phi = \frac{D_g}{L} \times 100 \quad (۳)$$

قطر متوسط حسابی (D_a) نیز که بیانگر میانگین حسابی قطرهای اندازه‌گیری شده است از طریق رابطه (۴) محاسبه گردید (Goyal *et al*., 2007):

$$D_a = \frac{(L+W+T)}{3} \quad (۴)$$

مطابق نوشته‌های (Baryeh, 2001) و (Mohsenin, 1978) مساحت سطح رویه (S) نمونه‌ها با استفاده از معادله (۵) تعیین می‌شود:

$$S = \pi D_g^2 \quad (۵)$$

ضریب نسبت شکل (R_a) با داشتن ارتفاع و عرض هر یک از آلوچه‌ها توسط رابطه‌ی (۶) محاسبه شد (Omobuwajo *et al*., 1999):

$$R_a = \frac{T}{L} \times 100 \quad (۶)$$

ج- حجم و چگالی واقعی

حجم محاسباتی نمونه‌ها (V) با توجه به تشابه شکل آن‌ها با کره از رابطه (۷) محاسبه گردید (Gopta And Das, 1996):

$$V = \frac{\pi D_g^{\ 3}}{6} \qquad (۷)$$

برای به دست آوردن چگالی واقعی نمونه‌ها از روش جابه‌جایی مایع‌ها (روش ارشمیدس) استفاده شده است. به این منظور تمام نمونه‌ها را به صورت جداگانه درون یک ظرف آب که روی ترازوی دیجیتالی با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۱ قرار دارد (شکل ۴) غوطه‌ور می‌کنیم. به این ترتیب به مقدار حجم خود، آب را جابه‌جا می‌کند. با داشتن جرم میوه‌ها و حجم آن‌ها می‌توان چگالی حقیقی میوه (ρ_s) را با توجه به این‌که در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی گراد) چگالی آب برابر با واحد است از رابطه (۸) بدست آورد که در آن m جرم و v حجم نمونه‌ها است.

$$\rho_s = \frac{m}{v} \qquad (۸)$$

شکل۴. سیستم اندازه‌گیری حجم جابه‌جا شده

د- تصاویر سطح

سپس باید مساحت سه سطح عمود بر هم در آلوچه سانتریزه تعیین گردد. برای اندازه‌گیری مساحت سطح محصولات باغی روش‌های متعددی معرفی شده‌اند. در این آزمایش از روش سیستم اندازه‌گیری مساحت (AMS) برای تعیین مساحت سه سطح عمود بر هم در نمونه‌ها استفاده شده است.

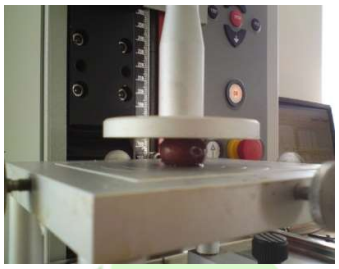
سطح تصویر نمونه‌ها در سه بعد عمود بر هم، عمود بر ارتفاع(P_A)، عمود بر طول(P_B) و عمود بر عرض(P_C) با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشکده رازی کرمانشاه، ساخت شرکت DELTA به‌دست آمد. سطح تصویر شده معیار (A_C) نیز با توجه به داده‌های فوق از رابطه (۹) محاسبه گردید.

$$A_c = \frac{P_A + P_B + P_C}{3} \qquad (۹)$$

۲-۳- خواص مکانیکی

برای تعیین خواص مکانیکی آلوچه سانتریزه از بارگذاری تک‌محوری استفاده شد به این ترتیب که ۵۰ عدد از نمونه‌ها (که به صورت تصادفی انتخاب شدند) در راستای عمودی (محور طولی) و ۵۰ عدد دیگر در راستای افقی (محور عرضی) توسط دستگاه universal testing machin Zwick/roell ساخت کشور آلمان، متعلق به آزمایشگاه گروه مکانیک ماشین‌های

کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه بین دو صفحه موازی (ثابت و متحرک) قرار گرفته و تا نقطه شکست نمونه‌ها نیرو وارد شد (شکل۵). این دستگاه به یک رایانه متصل بود و از طریق نرم‌افزار مربوطه مدول الاستیسیته، نیروی بیشینه، نیروی شکست، تغییر شکل تا نیروی بیشینه، کار تا نیروی بیشینه، تغییر شکل تا نیروی شکست، کار تا نیروی شکست را ثبت نمود و به طور همزمان نمودار نیرو ــ تغییرشکل را برای هر نمونه بر روی رایانه ترسیم می‌کرد.



شکل۵. نحوه بارگذاری افقی آلوچه برای انجام آزمون فشار تک محوری

نقطه تسلیم در محصولات کشاورزی به نقطه‌ای از نمودار اطلاق می‌شود که با افزایش جابه‌جایی مقدار نیروی وارد شده تغییر نکرده و یا کاهش می‌یابد. متغیرهای وابسته تنش گسیختگی (σ) و کرنش گسیختگی نمونه‌ها (ε) با استفاده از روابط (۱۰) و (۱۱) محاسبه شدند

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi D_g^2} \quad (۱۰)$$

$$\varepsilon_L = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (۱۱)$$

که در آن:

F = نیروی شکست، N

A = سطح مقطع نمونه‌ها، mm^2

ΔL = اندازهٔ تغییرشکل تا نقطه‌ی شکست در جهت بارگذاری، mm

L_0= طول نمونه‌ها، mm

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خواص فیزیکی آلوچه سانتریزه

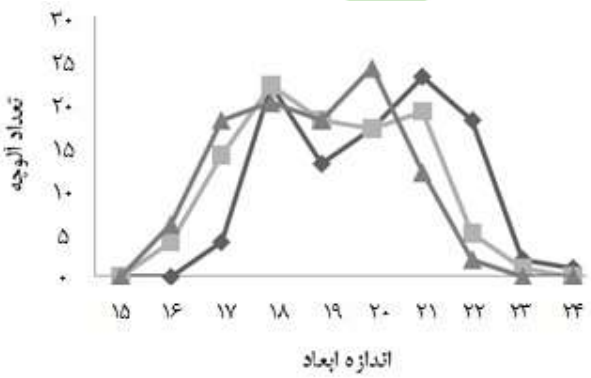
درصد رطوبت نمونه‌ها بر پایه تر ۸۹/۶۶٪ محاسبه شد. این مقدار رطوبت با درصد رطوبتی که ارتکین و همکاران ارائه دادند تفاوت ناچیزی دارد (Ertekin *et al.*, 2006). جدول (۱) خصوصیات فیزیکی ارزیابی شده در این آزمایش را نشان می‌دهد. محدوده تغییرات ابعاد یعنی ارتفاع، طول و عرض به ترتیب ۱۷/۲۶–۲۱/۵۳، ۱۵/۰۹–۲۲/۲ و ۱۵/۸۵–۲۱/۶۱ میلی‌متر به دست آمد

که میانگین مقادیر ارتفاع، طول، عرض، قطر متوسط هندسی و قطر متوسط حسابی به ترتیب ۱۹/۴۴، ۱۵/۵۷، ۱۸/۳، ۱۸/۷۶ و ۱۸/۷۷ میلی‌متر می‌باشد.

جدول۱. خواص فیزیکی مورد مطالعه آلوچه سانتریزه

خواص فیزیکی	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات ٪
L (ارتفاع)	۱۷/۲۶	۲۱/۵۳	۱۹/۴۴	۱/۳۷۲۹	۰/۰۷۰۶
W (طول)	۱۵/۰۹	۲۲/۲	۱۸/۵۷	۱/۳۸۲۸	۰/۰۷۴۵
T (عرض)	۱۵/۸۵	۲۱/۶۱	۱۸/۳	۱/۳۲۰۳	۰/۰۷۲۱
وزن	۳/۵۶	۶/۵	۴/۷۱	۰/۴۴۷۶	۰/۰۹۵
حجم	۳/۳۹	۶/۰۸	۴/۳۹	۰/۴۱۵	۰/۰۹۴۵
ضریب نسبت شکل	۰/۹۳	۱/۱۶	۱/۰۶	۰/۰۳۰۷	۰/۰۲۹
P_A	۲۶۳/۸	۳۹۹/۱	۳۱۳/۲	۲۰/۹۶۸۲	۰/۰۶۶۹
P_B	۲۵۰/۲	۳۸۵/۴	۳۰۲/۹۷	۱۹/۶۳۸	۰/۰۶۴۸
P_C	۲۳۰/۷	۳۶۶/۹	۲۸۴/۳۵	۲۱/۰۰۱	۰/۰۷۳۸
سطح تصویر شده معیار (A_C)	۲۴۹/۴	۳۷۹/۹	۳۰۰/۱۷	۱۹/۶۱۶۳	۰/۰۶۵۳
قطر متوسط هندسی	۱۶/۰۱	۲۲/۳۸	۱۸/۷۶	۱/۳۴۲۳	۰/۰۷۱۵
قطر متوسط حسابی	۱۶/۰۳	۲۲/۳۶	۱۸/۷۷	۱/۳۴۱۸	۰/۰۷۱۵
کرویت (٪)	۹۱	۹۹/۹۹	۹۶/۲۸	۱/۵۶۳۱	۰/۰۱۶۲
سطح رویه	۸۰۴/۴۶	۱۵۷۲/۴۷	۱۱۱۲/۴۶	۱۵۸/۴۳۳۸	۰/۱۴۲۴
چگالی واقعی	۰/۸۴	۱/۵۴	۱/۰۷	۰/۰۲۴۵	۰/۰۲۲۹

منحنی توزیع فراوانی ابعاد آلوچه سانتریزه (شکل۶) نشان می‌دهد که این منحنی‌ها به منحنی توزیع نرمال نزدیک است. نزدیکی داده‌های قطر متوسط حسابی و قطر متوسط هندسی به دلیل یکنواختی نسبی شکل هندسی آلوچه سانتریزه با کره می‌باشد. این نتایج با درصد کرویت که دارای محدوده تغییرات ۹۱-۹۹/۹۹ درصد و مقدار میانگین ۹۶/۲۸ درصد بوده نیز تطابق دارد. میانگین مساحت سطح رویه آلوچه‌ها نیز با توجه به رابطه‌ها، ۱۱۱۲/۴۶ میلی‌متر مربع به دست آمد.



شکل۶. منحنی توزیع فراوانی اندازه‌ی ابعاد آلوچه سانتریزه (طول■، عرض ▲ و ارتفاع♦)

مقادیر وزن و حجم نمونه‌ها به ترتیب دارای محدوده تغییرات ۳/۵۶–۶/۵ گرم و ۳/۳۹–۶/۰۸ سانتی‌متر مکعب و به طور میانگین دارای مقادیر ۴/۷۱ گرم و ۴/۳۹ سانتی‌متر مکعب بودند. انحراف معیار وزن و حجم نمونه‌ها بسیار کم و به ترتیب ۰/۴۴۷۶ و ۰/۴۱۵ به دست آمدند. مشاهده می‌شود که میانگین ضریب نسبت شکل نمونه‌ها ۱/۰۶ محاسبه گردید. چگالی واقعی نیز دارای محدوده تغییرات ۰/۸۴ و ۱/۵۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب و میانگین ۱/۰۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود.

ضریب همبستگی برای برخی از خواص آلوچه سانتریزه حدودا ۸۷/۳ درصد به دست آمد لذا روابط رگرسیونی بین جرم و حجم نمونه‌ها در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول۲.رابطه خطی بین جرم و حجم آلوچه سانتریزه

R^2	خطای استاندارد	رگرسیون خطی
۷۶	۰/۲۹	M=۰/۵۸۴+۰۰/۹۳۹V

M جرم و V حجم

میانگین سطح تصویر شده P_A برابر ۳۱۳/۲ میلی‌متر مربع، میانگین سطح تصویر شده P_B برابر ۳۰۲/۹۷ میلی‌متر مربع و میانگین سطح تصویر شده P_C برابر ۲۸۴/۳۵ میلی‌متر مربع به دست آمده و میانگین سطح تصویر شده معیار A_C برابر ۳۰۰/۱۷ میلی‌متر مربع محاسبه گردید.

۳-۲- خواص مکانیکی آلوچه سانتریزه

نتایج بارگذاری نمونه‌ها در دو راستای عمودی و افقی در جدول (۳) نشان داده شده است. بر این اساس مشاهده شد که مقادیر مدول الاستیسیته و کار تا نیروی بیشینه در راستای عمودی بیش از مقادیر در راستای افقی می‌باشد. علت این اختلاف وجود گوشت میوه کمتر در راستای عمودی نسبت به راستای افقی است. نتایج نشان داد که نیروی شکست و تنش گسیختگی در راستای افقی به صورت معنی‌داری بیش از نیروی شکست و تنش گسیختگی در راستای عمودی است.

جدول۳. خواص مکانیکی مورد مطالعه آلوچه سانتریزه

بعد بارگذاری	خواص مکانیکی	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات ٪
عمودی	مدول الاستیسیته	۰/۲۴۴	۰/۷۲۴	۰/۳۴۰	۰/۰۷۴۴	۰/۲۱۸۸
	نیروی بیشینه	۱۰۳	۳۰۰	۱۵۷/۶۸	۴۰/۹۸۸۸	۰/۲۵۹۹
	نیروی شکست	۵۱/۸	۱۷۷	۹۶/۱۶	۲۹/۲۱۳۳	۰/۳۰۳۸
	تغییر شکل تا نیروی بیشینه	۴/۷	۹/۴	۶/۹۹	۰/۶۹۳۹	۰/۰۹۹۳
	کار تا نیروی بیشینه	۰/۲۲۶۶	۰/۷۵۸۷	۰/۵۲۳۷	۰/۱۲۳۸	۰/۲۳۶۴
	تغییر شکل تا نیروی شکست	۷/۲	۹/۷	۸/۳۶	۰/۶۴۸۰	۰/۰۷۷۵
	کار تا نیروی شکست	۰/۵۰۴	۰/۹۷۴۹	۰/۶۸۶۲	۰/۱۱۴۶	۰/۱۶۷
	تنش گسیختگی	۰/۱۸۳۹	۰/۶۱۹۶	۰/۳۶۹۱	۰/۱۰۵۵	۰/۲۸۵۵
	کرنش گسیختگی	۰/۳۵۴۸	۰/۴۸۶۹	۰/۴۱۴۸	۰/۰۳۲۹۴	۰/۰۷۹۴
افقی	مدول الاستیسیته	۰/۱۷۲	۰/۳۷۱	۰/۲۶۱۰	۰/۰۳۶۶	۰/۱۴۰۲
	نیروی بیشینه	۱۰۹	۲۲۳	۱۷۲/۱۴	۱۳/۶۰۳۲	۰/۰۷۹
	نیروی شکست	۸۸/۹	۱۷۷	۱۱۱/۵۸	۲۶/۱۶۸	۰/۲۳۴۵
	تغییر شکل تا نیروی بیشینه	۵/۲	۷	۵/۹۴۴	۰/۳۷۸۲	۰/۰۶۳۶
	کار تا نیروی بیشینه	۰/۲۱۷۶	۰/۶۶۳۸	۰/۳۸۹۰	۰/۰۵۱۴	۰/۱۳۲۱
	تغییر شکل تا نیروی شکست	۶	۱۰/۲	۸/۴	۱/۴۴	۰/۱۷۱۴
	کار تا نیروی شکست	۰/۳۹۷۴	۰/۹۵۱۳	۰/۶۹۱۴	۰/۱۹۰۷	۰/۲۷۵۸
	تنش گسیختگی	۰/۳۵۵۶	۰/۷۲۸۸	۰/۴۶۲۹	۰/۱۰۹۷	۰/۲۳۶۹
	کرنش گسیختگی	۰/۳۰۳۸	۰/۴۸۳۴	۰/۴۲۲۱	۰/۰۵۹۱	۰/۱۴

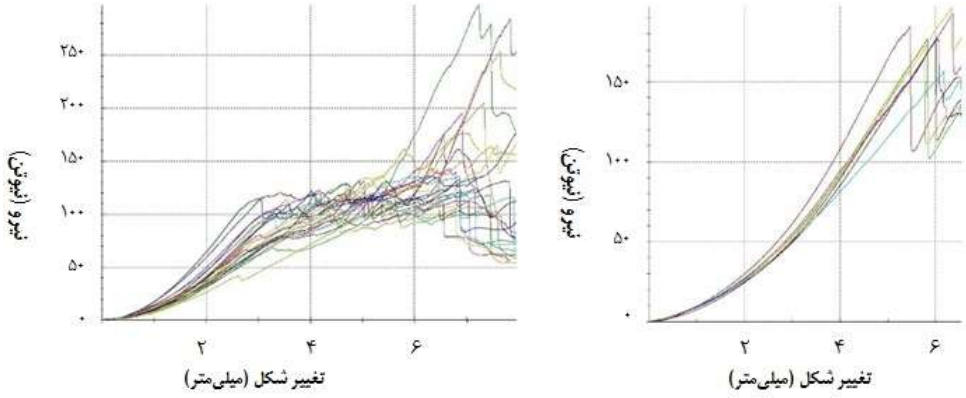
نتایج آزمون برابری واریانس‌ها نشان داد که می‌توان برابری واریانس‌های تنش گسیختگی برای بارگذاری عمودی و افقی را پذیرفت. (جدول۴) نتایج تجزیه واریانس با استفاده از روش آزمون ANOVA جهت بارگذاری عمودی و افقی در آلوچه سانتریزه را نشان می‌دهد.

جدول۴. نتیجه تجزیهٔ واریانس (ANOVA) جهت بارگذاری آلوچه سانتریزه

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات (MS)			
		نیروی شکست	تنش گسیختگی	کرنش گسیختگی	مدول الاستیسیته
جهت بارگذاری	۲	۱۳۵۸/۴۸ ns	۷/۱۳۹ ns	۰/۰۰۲ ns	۲۲۶۳۲۹/۹ *

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ns در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نیست

نمودار نیرو–تغییر شکل برای بارگذاری نمونه‌ها در راستای افقی و عمودی در شکل (۷) نمایش داده شده است. یکنواختی نمودارهای نیرو–تغییر شکل در راستای افقی بیشتر از نمودارهای نیرو–تغییر شکل در راستای عمودی می‌باشد؛ این نتیجه را می‌توان چنین تفسیر کرد که در راستای افقی به دلیل شکل قرارگیری هسته در داخل آلوچه، انرژی کمتری صرف گسست گوشت میوه و هسته آن می‌شود اما در راستای عمودی به دلیل قرار گرفتن هسته به صورت عمودی، بارگذاری نیروی گسست بیشتر صرف شکست هسته می‌شود.



شکل۷. نمودار نیرو–تغییر شکل نمونه‌ها (الف) برای بارگذاری افقی و (ب) برای بارگذاری عمودی

همان‌گونه در شکل (۷–ب) مشاهده می‌شود نمودار نیرو–تغییر شکل تا رسیدن نمودارها به تغییر شکل نزدیک به ۳ میلی‌متر همانند نمودار (۷–الف) می‌باشد. رفتار نمودار برای تغییر شکل بیشتر از ۳ میلی‌متر، غالباً مربوط به شکستن هسته میوه می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادها

با توجه به این‌که درصد رطوبت آلوچه سانتریزه بر پایه تر ۸۹/۶۶٪ محاسبه شد پیشنهاد می‌شود نقش موثر رطوبت در خواص فیزیکی و مکانیکی آلوچه اندازه‌گیری شود. هم‌چنین با استفاده از خواص فیزیکی و مکانیکی تعیین شده در این مقاله، امکان طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه‌های انتقال، ذخیره‌سازی، شستشو و جداسازی آلوچه‌های معیوب از سالم وجود دارد. خواص فیزیکی شامل ابعاد، وزن، حجم، نسبت ضریب شکل، قطر متوسط هندسی و حسابی، سطوح تصویر شده در سه راستا، سطح تصویر شده معیار، ، سطح رویه، کرویت و چگالی و همچنین خواص مکانیکی شامل مدول الاستیسیته، نیروی ماکزیمم، نیروی گسست، تغییر شکل در نیروی ماکزیمم، تغییر شکل در نیروی شکست، کار تا نیروی ماکزیمم، کار تا نیروی گسست، تنش گسیختگی و کرنش گسیختگی در دو راستای افقی و عمودی بررسی شد. پیشنهاد می‌شود تست نفوذ به منظور بررسی سفتی بافت در راستاهای افقی و عمودی با سرعت های بارگذاری مختلف انجام گیرد.

۵- منابع

۱- خزایی، ج.، و برقعی، ع.م.، و راسخ، م. ۱۳۸۲. تعیین بعضی خواص فیزیکی و مکانیکی بادام درختی. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. ۱۱–۳۳
۲- عسکری اصلی ارده، ع. ا.، و شجاعی، س.، و شکربیگی، ص. ۱۳۸۸. تعیین برخی خواص فیزیکی سه رقم شلتوک در رطوبتهای مختلف. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. دوره۷، شماره۲، صفحات ۱۰۶–۹۹.
۳- کرمانی، ع.م. ۱۳۸۷. برخی خواص فیزیکی و مکانیکی فندق و مغز آن. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون. انجمن مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، ایران، مشهد.
۴- مسعودی، ح.، و طباطبائی فر، س.ا.، و برقعی، ع.م.، و شاه بیک، م.ع. ۱۳۸۳. تعیین و مقایسه خواص فیزیکی و مکانیکی سه رقم سیب صادراتی. مجله علوم کشاورزی. سال یازدهم. ۳: ۲۱۵–۲۳۱

5- ASAE Standard .1998. Compression Tests Of Food Materials of Convex Shape. ASAE S368.3 MAR95.
6- Aydın, C. 2003. Physical properties of almond nut and kernel. Journal of Food Engineering. 60: 315–320.
7- Baryeh, E. A. (2001). Physical properties of bambara groundnuts. Journal of Food Engineering. 47: 321–326.
8- Calısır, S., And Hacıseferogulları, H., And Ozcan, M., And Arslan, D. 2005. Some nutritional and technological properties of wild plum (Prunus spp.) fruits in Turkey. Journal of Agricultural Engineering Research. 66: 233-237.
9- Ertekin, C., And Gozlekci, S., And Kabas, O., And Sonmez, S., And Akinci, I. 2006. Some physical, pomological and nutritional properties of two plum (Prunus domestica L.) cultivars. Journal of Agricultural Engineering Research. 75: 508-514.
10- Elbert L., Jr. 1950. Southwestern trees: A guide to the native species of New Mexico and Arizona. Agric. Handb. No. 9. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 109 p.
11- FAO. 2011. Statistical database. http://www.fao.org/.
12- Fraeser, BM., And Verma, SS., and Muir WE. 1978. Some physical properties of Paba bean. J. of Agric. Eng. Res. 23: 53-57.
13- Gopta, R.K., And Das. S. (1996). Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultral Engineers. S 352.2.
14- Goyal, R.K., And Kingsly, A.R.P., And Kumar, P., And Walia, H. 2007. Physical and mechanical properties of aonla fruits. Journal of Food Engineering. 82 (4): 595–599.
15- Mohsenin, N. N. 1978. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers. New York.
16- Omobuwajo, O. T., And Akande, A. E., And Sanni, A. L. (1999). Selected physical, mechanical and aerodynamic properties African Breadfruit (Treculia africana) seeds. Journal of Food Engineering. 40: 241–244.
17- The George Mateljan Foundation. 2009. Plums. Available from: http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=35

Determine some Physical and Mechanical Properties of Prunus americana

Amar Salehi[1*] Hamid Rezaie[2] and Atefeh Gomar[3]

1- MSc Student, Department of Agricultrural Machinery Engineering, Isfahan University of Technology
Amar.salehi@ag.iut.ac.ir
2- MSc Student, Department of Mechanical Engineering, Isfahan University of Technology
3- MSc Student, Department of Mechanical Engineering, Azad University of Hamedan

Abstract

Santarosa plum is the red plum that its scientific name is Prunus americana. In this study, some physical and mechanical properties of Prunus americana with moisture content of 89.66% (w.b.) were discussed. Physical properties such as height, length, width, weight, geometric mean diameter, arithmetic mean diameter, shape, aspect ratio, volume, true density, image rates in line with P_A, P_B and P_C, the surface area and sphericity, respectively, which were 19.44 mm, 18.57 mm, 18.03 mm, 6.71 g, 18.76 mm, 18.77 mm, 1.06, 4.39 (mm^3), 1.07 (g/cm^3), 313.2 (mm^2), 302.97 (mm^2), 284.35 (mm^2), 300.17 (mm^2), 1112.46 (mm^2) and 96.28. Mechanical properties were measured by uniaxial loading. Plums were placed between two parallel plates (fixed and mobile) and forced until reaching the failure point. The results showed that in average peak force, failure force, failure strain, energy to peak force and Energy to break force for loading in vertical line were respectively, 157.68 (N), 96.16 (N), 0.4148, 0.5237 (N/m) and 0.6862 (N/m) and for loading in horizontal line were respectively, 172.14 (N), 111.58 (N), 0.4221, 0.3890 (N/m) and 0.6914 (N/m). All values of loading in horizontal line were greater than vertical values, whiles, for energy to peak force values were greater in the horizontal direction.

Keywords: plum Prunus americana, physical properties, mechanical properties, rupture force