

برخی خواص فیزیکی و مکانیکی میوه خرمالو رقم خرمندی

حسن صفی یاری^{1*}، حسین رحمانیان¹، فرهاد سلمانی زاده¹، علی زمردیان²

¹ دانشجویان کارشناسی ارشد بخش مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

² دانشیار بخش مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: 1391/10/16 تاریخ پذیرش: 1391/12/23

چکیده

در این تحقیق برخی از خواص مهم فیزیکی و مکانیکی میوه خرمالو رقم خرمندی، در سطح رطوبتی 44/26 درصد (بر پایه خشک) اندازه گیری شد. خواص فیزیکی شامل طول، عرض، ضخامت، قطر میانگین هندسی، قطر میانگین حسابی، قطر معادل، ضریب کرویت، نسبت نما، وزن، مساحت رویه و حجم بودند که میانگین هریک از آنها به ترتیب $4/80 \pm 56/01$ میلی متر، $4/84 \pm 54/19$ میلی متر، $2/74 \pm 36/72$ میلی متر، $3/76 \pm 48/07$ میلی متر، $3/92 \pm 48/95$ میلی متر، $3/89 \pm 48/70$ میلی متر، $0/02 \pm 0/8590$ ، $0/03 \pm 0/6548$ ، $11/34 \pm 72/99$ گرم، $18/41 \pm 72/80$ میلی متر مربع، $13/68 \pm 59/18$ میلی متر مکعب بدست آمد. آگاهی از مقدار نیروی اصطکاکی در طراحی تجهیزات و فرآیند ها حائز اهمیت است. اصطکاک بر مقدار توان لازم جهت حمل و نقل مواد تاثیر گذار است. ضریب اصطکاک ایستایی بر روی سه سطح: چوب، شیشه و ورق گالوانیزه مورد مقایسه قرار گرفت که میانگین آن ها به ترتیب $0/03 \pm 0/35$ ، $0/02 \pm 0/37$ و $0/03 \pm 0/35$ بودند. نتایج نشان دادند که در سطح 5 درصد، اختلاف معنی داری بین ضریب اصطکاک ایستایی در سطوح چوب و ورق گالوانیزه با سطح شیشه وجود دارد. خصوصیات رنگی نیز توسط نرم افزار متلب مورد محاسبه قرار گرفت. مقادیر رنگی L^* ، a^* و b^* به ترتیب برابر بود با $33/29$ تا $37/75$ ، $6/23$ تا $9/28$ و $9/55$ تا $11/86$. آزمون مکانیکی میوه خرمالو برای تعیین ویژگی های مقاومت به شکستگی آن انجام شد. خواص مکانیکی با استفاده از تست فشار (شبه استاتیکی) و با دستگاه تست یونیورسال اندازه گیری گردید. این خواص شامل نیروی تسلیم، تغییر شکل، سختی و انرژی شکست بودند که میانگین آن ها به ترتیب $18/57 \pm 2/45$ ، $0/46 \pm 5/59$ ، $10/57 \pm 1/17$ و $52/13 \pm 9/73$ بودند.

واژه های کلیدی: خواص فیزیکی، خواص مکانیکی، میوه خرمالو، خصوصیات رنگی.

1- مقدمه

جعفری و همکاران (1387) برخی خواص فیزیکی دانه آفتابگردان مانند ابعاد، چگالی، زاویه استقرار و ضریب اصطکاک را در محتوی رطوبتی 6/2 تا 17/5 درصد را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج حاصله، با افزایش رطوبت، چگالی توده دانه ها کاهش یافته در حالی که چگالی حقیقی، تخلخل، زاویه استقرار استاتیکی و ضریب اصطکاک استاتیکی افزایش یافته است (1). پلیستیج و همکاران (2006) خواص فیزیکی و نیروی شکستن فندق و مغز فندق رقم محلی کشور کرواسی را بصورت تابعی از رطوبت در چهار سطح رطوبت در محدوده رطوبت 6/2% تا 28/7% بر پایه تر تعیین کرده و برای آن ها روابط رگرسیونی ارائه کردند (10).

هدف از این تحقیق تعیین برخی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی میوه خرمالو برای طراحی تجهیزات پس از برداشت، انتقال، فرآوری و انبارداری می باشد. در این تحقیق طول، عرض، ضخامت، قطر میانگین هندسی، قطر میانگین حسابی، قطر معادل، ضریب کرویت، نسبت نما، وزن، مساحت رویه، حجم، ضریب اصطکاک ایستایی، خصوصیات رنگی، نیروی تسلیم، تغییر شکل، سختی و انرژی شکست با روش های متداول اندازه گیری گردید.

2- مواد و روش ها

جهت انجام این پژوهش تعداد 70 عدد میوه خرمالو از باغات شهرستان شیراز تهیه گردید. زمان برداشت میوه ها بر اساس عرف منطقه یعنی زمانی که کشاورزان هر منطقه شروع به برداشت میوه ها کردند، در نظر گرفته شد. میوه های سالم و یکنواخت و عاری از هر گونه ضایعات از سایر میوه ها جدا کرده و به بخش مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه شیراز منتقل گردیدند و در دستگاه ژرمیناتور¹ (به منظور کنترل نور، رطوبت و دما در طول شبانه روز)، در دمای 18 درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی 45 درصد نگهداری گردیدند. میزان رطوبت اولیه میوه های خرمالو به وسیله آون در دمای 70 ± 2 درجه سانتی گراد پس از رسیدن به وزن ثابت تعیین گردید، که میزان رطوبت اولیه میوه های خرمالو 44/26% (بر اساس وزن خشک) بود.

ابعاد میوه های خرمالو (طول L، عرض W و ضخامت T) با استفاده از یک کولیس الکترونیکی (CD-515) با دقت 0/01 میلی متر اندازه گیری شد (5) و (9). سپس قطر میانگین حسابی

خرمالو از خانواده *Ebenaceae* بوده و نام علمی آن *Diospyros Kaki* است. منشأ درخت خرمالو کشور چین است که بعدها از آنجا به ژاپن و کره و در دهه 1970 به آمریکا برده شد. این میوه در جنگل های شمال و جنوب ایران نیز می روید و در تهران و شهر های دیگر آن را پرورش می دهند. کشور چین بیش ترین میزان تولید میوه خرمالو در دنیا را دارد به طوری که این کشور در سال 2007 موفق به تولید بیش از 1655000 تن میوه خرمالو شد (7). طبق آمار، میزان تولید خرمالو در ایران بالغ بر 1006406 تن و سطح زیر کشت سالانه خرمالو در ایران 244429/6 هکتار می باشد (4).

تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی به عنوان مبنایی برای طراحی و ساخت ماشین ها و تجهیزات انتقال، درجه بندی، فرآوری و انبارداری محصولات کشاورزی و دستیابی به محصولی با کیفیت بالا همیشه مورد توجه بوده است. از مهم ترین خواص فیزیکی محصولات کشاورزی می توان ابعاد مشخصه، جرم، حجم، مساحت رویه، سطح تصویر، ضریب کرویت، نسبت نما، تخلخل و ضریب اصطکاک ایستایی نام برد. از مهم ترین خواص مکانیکی محصولات کشاورزی می توان به نیروی تسلیم، تغییر شکل، سختی و انرژی شکست اشاره کرد.

تحقیقات زیادی در دنیا در زمینه تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات مختلف کشاورزی صورت گرفته است که به چند مورد اشاره می شود. خیراله پور و همکاران (2008) خواص فیزیکی و مکانیکی دو رقم سیب را مورد بررسی قرار دادند (6). در تحقیقی که توسط مسعودی و همکاران (1384) انجام شد خواص فیزیکی و مکانیکی سه رقم سیب صادراتی مورد مقایسه قرار گرفت. ضریب الاستیسیته ظاهری، تنش گسیختگی، کرنش گسیختگی، انرژی گسیختگی و چقرمگی از جمله خواص مکانیکی بودند که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند (3). رضوی و همکاران (1388) خصوصیات مهندسی دانه بارهنگ را در رطوبت اولیه 7/93 درصد (بر مبنای ماده خشک) بررسی کردند (2). لرستانی و همکاران با اندازه گیری ابعاد، جرم، حجم، سطوح تصویر و میانگین قطر هندسی دو رقم کیوی ایرانی، مدل هایی را برای پیش بینی جرم میوه از روی ابعاد، حجم و سطوح تصویر بدست آوردند (8).

$$e = \left(\frac{r_t - r_b}{r_t} \right) \times 100 \quad (8)$$

برای اندازه گیری ضریب اصطکاک استاتیکی (μ_s)، از سطوح اصطکاکی شیب دار متفاوتی از جنس چوب، شیشه و ورق گالوانیزه متصل به یک نقاله مدرج استفاده شد. ابتدا مکعب مستطیل فلزی بدون سر و ته با ابعاد (50×50×100 میلی متر) روی سطوح شیب دار قرار داده و با میوه ها پر شد. بدون آن که مکعب با سطح شیبدار اصطکاکی تماس داشته باشد، زاویه سطح شیب دار افزایش داده شد تا اینکه مکعب به سمت پائین حرکت کند. با اندازه گیری زاویه سطح شیب دار (α) از رابطه زیر، ضریب اصطکاک استاتیکی محاسبه شد (9و5).

$$\mu_s = \tan(\alpha) \quad (9)$$

برای تهیه عکس‌ها از اتاقک نورپردازی با تابش غیرمستقیم که اصطلاحاً آسمان ابری نامیده می‌شود استفاده گردید (شکل 1). این اتاقک از یک گنبد به قطر 90 سانتیمتر با سطح داخلی صیقلی و سفید رنگ تشکیل شده که نمونه‌های مورد عکسبرداری در زیر آن قرار می‌گیرند. در این نورپردازی، لامپ‌ها در محیط اطراف سکوی عکسبرداری قرار گرفته‌اند به شکلی که نور مستقیم از لامپ‌ها به نمونه نمی‌رسد. پرتو لامپ‌ها پس از برخورد به سطح داخلی گنبد منعکس شده و بر روی نمونه تابیده می‌شوند. از آنجا که پرتوهای بازتابش شده از همه طرف بر روی نمونه تابیده می‌شود هیچ سایه‌ای در اطراف نمونه تشکیل نمی‌شود. این نحوه نورپردازی بطور خاص برای پردازش شکل نمونه‌ها ضروری می‌باشد.

اثر فلیکر لامپ‌های فلورسنت موجب می‌شود که بسته به زمان بسته شدن شاتر دوربین، تغییرات زیادی در شدت سطوح خاکستری² تصاویر ایجاد شود. تغییر شدت نور تاثیر زیادی دیگر مولفه‌های تصویر مانند مولفه‌های بافت تصاویر دارد. به همین دلیل شدت نور فضای عکسبرداری بایستی تا حد امکان ثابت و در یک مقدار کنترل شده برای کلیه عکسها نگه داشته شود.

برای حصول این هدف فضای عکس برداری با فضای بیرون در ارتباط نبوده و دیگر اینکه از لامپ‌های هالوژن با منبع تغذیه جریان مستقیم استفاده شد که نور پیوسته تولید می‌کنند. جهت اخذ تصاویر رنگی از دوربین دیجیتال (CDC) مدل Canon IXUS 960IS استفاده شد که درست در ارتفاع 45 سانتی متری در

(D_a)، قطر میانگین هندسی (D_g) و قطر معادل (D_{eq}) به ترتیب با استفاده از روابط 1، 2 و 3 محاسبه گردید (9).

$$D_a = \frac{L+W+T}{3} \quad (1)$$

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (2)$$

$$D_{eq} = (L/4)(W+T)^{2/3} \quad (3)$$

هم چنین حجم خرمالو ها نیز به کمک ابعاد هندسی مورد محاسبه قرار گرفت (9).

$$V = \frac{pLWT}{6} \quad (4)$$

مساحت رویه¹ (S) میوه خرمالو برابر مساحت سطح گره ای با قطری معادل قطر متوسط هندسی آن‌ها در نظر گرفته شد و از رابطه (6) محاسبه گردید (9).

$$S = p D_g^2 \quad (5)$$

معیاری که عموماً برای توصیف شکل مورد استفاده قرار می‌گیرد، ضریب کرویت (f) است که با جایگذاری ابعاد به دست آمده در رابطه 8 محاسبه گردید (9).

$$f = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \times 100 \quad (6)$$

نسبت نما نیز طبق فرمول (7) و از تقسیم طول به عرض میوه خرمالو محاسبه شد (9).

$$R = \frac{W}{L} \quad (7)$$

دانسیته واقعی (ρ_t) با استفاده از روش جابجایی مایع اندازه گیری شد. برای این منظور از تولوئن به دلیل کشش سطحی کم و جذب ناچیز آن توسط نمونه استفاده گردید. دانسیته توده (ρ_b) با استفاده از ظرفی با حجم مشخص که از ارتفاع 15 سانتی متری از نمونه پر شده بود، اندازه گیری شد. میوه ها پهلو به پهلو در کنار یکدیگر قرار گرفتند. پس از پر شدن ظرف، میوه های اضافی با سه حرکت زیکزاک به طوری که میوه ها فشرده نشوند، تخلیه گردید. سپس ظرف حاوی میوه های خرمالو توسط ترازوی الکتریکی با دقت 0/01 گرم توزین و نسبت وزن خرمالو های درون ظرف به حجم ظرف به عنوان دانسیته توده در نظر گرفته شد. تخلخل (ε) نیز با استفاده از رابطه بین دانسیته حقیقی (ρ_t) و دانسیته توده ای (ρ_b) و با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید (9).

آزمون مکانیکی میوه های خرمالو برای تعیین ویژگی‌های مقاومت به گسیختگی آن انجام شد. خواص مکانیکی برای میوه های خرمالو در راستای ضخامت با استفاده از تست نفوذ پذیری و با دستگاه تست یونیورسال سری STM-20 اندازه گیری شد. این ماشین به یک دستگاه رایانه متصل است و از طریق نرم افزار مربوطه تنظیمات آزمایش اعمال شده و نمودار نیرو - تغییر شکل برای هر آزمایش ثبت می گردد. دستگاه با یک پراب به قطر 5 میلی متر تجهیز شد. در قسمت تنظیمات دستگاه، سرعت تست 10 میلی متر بر دقیقه و فاصله اولیه پراب از سطح رویی نمونه 10 میلی متر بود. عمل بارگذاری تا آنجا ادامه می یافت تا نمونه گسیخته شود. نیروی تسلیم و تغییر شکل متناظر با آن در نقطه گسیختگی اندازه گیری شد. در نمودار تنش - کرنش (نیرو - جابجایی) اولین تنش (نیرو) بعد از تنش (نیرو)ی حداکثر را که باعث افزایش کرنش (جابجایی) بدون اضافه شدن تنش (نیرو) می شود را تنش (نیرو)ی تسلیم¹ می نامند. این در حالی است که شیب منحنی تنش - کرنش در قسمت خطی را سختی² گویند. انرژی شکست (Fracture energy) از محاسبه مساحت سطح زیر منحنی نیرو - تغییر شکل تا نقطه گسیختگی تعیین می شود. همچنین به تغییر در شکل یا اندازه محصول کشاورزی که در نتیجه اعمال نیروی وارده به محصول ایجاد می شود تغییر شکل³ گویند که معمولاً به عنوان کرنش در نظر گرفته می شود.

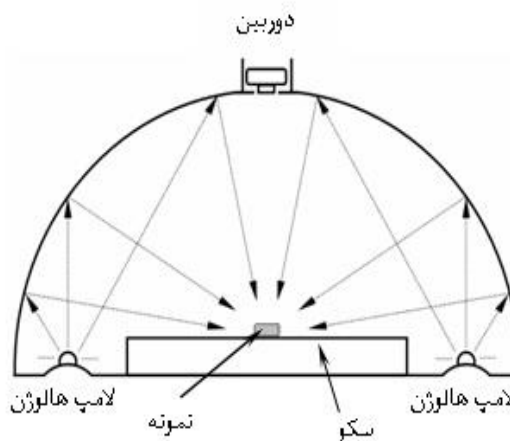
کلیه آزمایشات (به غیر از آزمایش های مربوط به ابعاد) حداقل با 3 تکرار و و اندازه گیری ابعاد با 70 تکرار صورت گرفت. تجزیه و تحلیل داده ها نیز با استفاده از نرم افزار Excel انجام گرفت.

3- نتایج و بحث

جدول های شماره 2 و 3 نتایج مقادیر میانگین، انحراف معیار، ویژگی های ابعادی (طول، عرض، ضخامت)، قطر میانگین حسابی، قطر میانگین هندسی، قطر معادل، حجم، مساحت رویه، وزن، ضریب کرویت و نسبت نما را در سطح رطوبتی 44/26 درصد (بر پایه خشک) برای میوه خرمالو نشان می دهد.

نتایج حاصل از اندازه گیری خواص فیزیکی نشان داد که مقادیر طول، عرض و ضخامت به ترتیب از 47/45 تا 64/63 میلی

بالای نمونه های مورد آزمایش قرار داده شد. تصاویر دیجیتال اخذ شده از میوه های خرمالو با وضوح 12 مگاپیکسل (3000*4000 پیکسل) دریافت گردیدند. پس از آن، تصاویر جهت پردازش توسط نرم افزار مطلب به کامپیوتر انتقال داده شد.



شکل 1 - اتاقک نورپردازی و عکس برداری از نمونه های میوه

تصاویر ورودی در نرم افزار مطلب در ابتدا به صورت رنگی (RGB) بودند که برای انجام عملیات پردازشی برای استخراج اطلاعات، در وهله اول به شکل باینری (صفر و یک) در می آیند. اما قبل از آن بایستی عملیات ارتقای تصویر انجام گیرد. تصاویر بایستی قبل از آنالیز شدن پیش پردازش شوند تا نویز از تصویر حذف شده و کنتراست افزایش یابد.

پیکسل های نمونه و زمینه در تصویر رنگی دارای مقادیر متفاوتی می باشند. از آنجایی که مقادیر عددی پیکسل های زمینه در تصویر سیاه و سفید برابر با صفر است با انجام یک عملیات AND منطقی بین تصویر سیاه و سفید و تصویر اصلی رنگی، مقادیر عددی پیکسل های زمینه تصویر جدید حاصله برابر با صفر شد. از سوی دیگر با توجه به اینکه مقادیر عددی مربوط به نمونه ها در تصویر سیاه و سفید برابر با 1 بود، در تصویر حاصله مقادیر عددی پیکسل های مربوط به نمونه برابر با مقادیر آنها در تصویر رنگی اولیه خواهد شد. بنابراین تصویری بدست آمد که در آن نمونه رنگی کاملاً از زمینه جدا شد و زمینه تصویر کاملاً سیاه و به عبارت دیگر دارای مقادیر عددی صفر بود. در این تصویر شاخص رنگی $L^*a^*b^*$ اندازه گیری شد، که L^* درجه تیرگی و روشنی میوه، a^* درجه قرمزی و سبزی و b^* درجه زردی و آبی بودن میوه را نشان می دهد.

¹ Yield strength

² Stiffness

³ Deformation

مقاومت به نیروهای فشاری، دینامیکی و ارتعاشی رفتار متفاوتی از خود نشان می دهند. به منظور کمینه سازی صدمات مکانیکی باید تنش های ناشی از جابجایی به کمترین مقدار ممکن کاهش یابند.

4- نتیجه گیری

علاوه بر اهمیت مطالعه ی خواص مکانیکی در رابطه با حداقل سازی صدمات مکانیکی، این ویژگی ها در طراحی ماشین آلات و تجهیزات حین برداشت و پس از برداشت جزو اطلاعات پایه محسوب می شود.

مقادیر طول، عرض و ضخامت میوه خرما لور در رطوبت 44/46 درصد به ترتیب از 47/45 تا 64/63 میلی متر، 44/26 تا 63/55 میلیمتر و 30/99 تا 42/72 میلی متر بود.

حجم، مساحت رویه و وزن میوه های خرما لور به ترتیب از 36/88 تا 84/29 میلی متر مکعب، 53/57 تا 92/95 میلی متر مربع و 42/09 تا 111/05 گرم بود.

ضرب کرویت و نسبت نما به ترتیب برابر بود با 0/85 و 0/65. میانگین چگالی حقیقی، چگالی توده ای و تخلخل به ترتیب برابر است با 1/05 گرم بر سانتی متر مکعب، 0/43 گرم بر سانتی متر مکعب و 58/67.

مقادیر رنگی *L، *a و *b به ترتیب برابر است با 33/29 تا 37/75، 6/23 تا 9/28 و 9/55 تا 11/86.

میانگین نیروی تسلیم، تغییر شکل، سختی و انرژی شکست به ترتیب $2/45 \pm 18/57$ ، $0/46 \pm 5/59$ ، $1/17 \pm 10/57$ و $9/73 \pm 52/13$ بودند.

جدول 1- مقادیر میانگین، انحراف معیار، مینیمم و ماکزیمم

خصوصیات رنگی میوه خرما لور

انحراف معیار	میانگین	خصوصیات رنگی میوه
1/54	35/10	L*
1/06	8/22	a*
0/80	10/82	b*

متر، 44/26 تا 63/55 میلیمتر و 30/99 تا 42/72 میلی متر بود. این ابعاد را می توان در زمینه طراحی و بهینه سازی عناصر و پارامترها مورد استفاده قرار داد. قطر میانگین حسابی، قطر میانگین هندسی و قطر معادل به ترتیب بین 41/88 تا 55/67 میلی متر، 41/31 تا 54/41 میلی متر و 41/62 تا 55/33 قرار داشت. دانستن اطلاعات مرتبط با قطر میانگین حسابی، قطر میانگین هندسی و قطر معادل در طراحی فرآیند درجه بندی دستگاه ها به ویژه برای مواد جامد نامنظم با ارزش خواهد بود. حجم، مساحت رویه و وزن میوه های خرما لور به ترتیب از 36/88 تا 84/29 میلی متر مکعب، 53/57 تا 92/95 میلی متر مربع و 42/09 تا 111/05 گرم بودند. این در حالی است که میانگین آن ها به ترتیب برابر است با 59/18 میلی متر مکعب، 72/99 میلی متر مربع و 72/80 گرم بود. شکل میوه بر اساس کرویت و نسبت نما ارزیابی و مشخص می شود. میانگین کرویت میوه خرما لور 0/85 بود، این در حالی است که محدوده ضریب کرویت توسط محسنین (1996)، 1 - 0/32 بیان شده است. نسبت نما دارای میانگین 0/65 با انحراف معیار 0/03 بود. جدول شماره 2 نتایج مقادیر میانگین، انحراف معیار، مینیمم و ماکزیمم چگالی حقیقی، چگالی توده ای، تخلخل و ضریب اصطکاک استاتیکی برای چهار سطح مختلف چوب، شیشه و ورق گالوانیزه را برای میوه خرما لور نشان می دهد. مقادیر میانگین چگالی حقیقی، چگالی توده ای و تخلخل به ترتیب برابر است با 1/05 گرم بر سانتی متر مکعب، 0/43 گرم بر سانتی متر مکعب و 58/67 با انحراف معیار 0/08، 0/05 و 6/27. ضریب اصطکاک ایستایی شیشه بیشتر از چوب و ورق گالوانیزه بود و در سطح 5 درصد اختلاف معنی داری داشتند.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مقادیر رنگی نشان داد که *L، *a و *b به ترتیب از 33/29 تا 37/75، 6/23 تا 9/28 و 9/55 تا 11/86 بودند که در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول شماره 4 نتایج میانگین و انحراف معیار برخی خواص مکانیکی شامل نیروی تسلیم، تغییر شکل، سختی و انرژی شکست را در سطح رطوبتی 44/26 درصد (بر پایه خشک) برای میوه خرما لور نشان می دهد. طبق این جدول نیروی گسیختگی بین 14/54 تا 21/88 نیوتن، تغییر شکل تا نقطه گسیختگی بین 5/01 تا 6/04 میلیمتر، مدول الاستیسیته تا نقطه گسیختگی بین 9/25 تا 11/74 مگاپاسکال و انرژی تا نقطه گسیختگی بین 36/18 تا 64/83 نیوتن - میلیمتر متغیر بود. اغلب محصولات کشاورزی از نظر

جدول 2- مقادیر میانگین، انحراف معیار، مینیمم و ماکزیمم خواص فیزیکی میوه خرمالو در محتوای رطوبتی 44/26 درصد

خواص فیزیکی	میانگین	انحراف معیار	مینیمم	ماکزیمم
طول (میلی متر)	56/01	4/80	47/45	64/63
عرض (میلی متر)	54/19	4/84	44/26	63/55
ضخامت (میلی متر)	36/72	2/74	30/99	42/72
قطر میانگین حسابی (میلی متر)	48/95	3/92	41/88	55/67
قطر میانگین هندسی (میلی متر)	48/07	3/76	41/31	54/41
قطر معادل (میلی متر)	48/70	3/89	41/62	55/33
حجم (میلی متر مکعب)	59/18	13/68	36/88	84/29
مساحت رویه (میلی متر مربع)	72/99	11/34	53/57	92/95
وزن (گرم)	72/80	18/41	42/09	111/05
ضریب کروییت	0/85	0/02	0/78	0/89
نسبت نما	0/65	0/03	0/55	0/72

جدول 3- مقادیر میانگین، انحراف معیار، مینیمم و ماکزیمم خواص فیزیکی میوه خرمالو در محتوای رطوبتی 44/26 درصد

خواص فیزیکی	میانگین	انحراف معیار	مینیمم	ماکزیمم
چگالی حقیقی (گرم بر سانتی متر مکعب)	1/05	0/08	0/96	1/14
چگالی توده ای (گرم بر سانتی متر مکعب)	0/43	0/05	0/37	0/51
تخلخل %	58/67	6/27	50/68	67/15
چوب	0/35	0/03	0/33	0/38
ضریب اصطکاک استاتیکی	0/38	0/02	0/35	0/39
ورق گالوانیزه	0/35	0/03	0/33	0/39

جدول 4 - مقادیر میانگین، انحراف معیار، خواص مکانیکی میوه خرمالو در راستای ضخامت در محتوای رطوبتی 44/46 درصد

خواص مکانیکی	نیروی گسیختگی (N)	تغییر شکل تا نقطه گسیختگی (mm)	مدول الاستیسیته تا نقطه گسیختگی (Mpa)	انرژی تا نقطه گسیختگی (Nmm)
میانگین	17/76	5/47	10/3	48/93
انحراف معیار	2/78	0/47	1/17	11/04
ماکزیمم	21/88	6/04	11/74	64/83
مینیمم	14/54	5/01	9/25	36/18

5- منابع

- 1- جعفری، ص.، خزائی، ج.، محمد حسینی، ا.ع.، مساح، ج. 1387. خصوصیات فیزیکی دانه آفتابگردان رقم دانه ریز مشهدی. پنجمین کنگره ماشین های کشاورزی. مشهد.
- 2- رضوی، س.م.ع.، زاهدی، ی. و مهدویان مهر، ه.، 1388، بررسی برخی خصوصیات مهندسی دانه بارهنگ، نشریه پژوهش های صنایع غذایی ایران، 2، 96-88.
- 3- مسعودی، ح.، طباطبائی فر، س.ا.، برقعی، م.ع. و شاه بیگ، م.ع. 1384، تعیین و مقایسه خواص فیزیکی و مکانیکی سه رقم سیب صادراتی، مجله علوم کشاورزی، 11، 17-1.
- 4- Food and Agriculture Organization, 2006. Biodiversity: Agricultural biodiversity in FAO. From <http://www.FAO.org/statistics.Htm>.
- 5- Galedar M., Tabatabaeefar A., Jafari A., Sharifi A., O'Dogherty M.J., Rafee S., and Richard G., 2008a. Effects of moisture content and level in the crop on the engineering properties of alfalfa stems. *Biosys. Eng.*, 101(2), 199-208.
- 6- Kheiralipour K, Tabatabaeefar, Mobli H, Rafiee S, Sharifi M, Jafari A and Rajabipour A. 2008. Some physical and hydrodynamic properties of two varieties of apple (*Malus domestica* Borkh L.). *Int. Agrophysics*, 22, 225-229.
- 7- Liu H.F., Zhang J.G., and Guo L.P., 2007. Study on technology of storage and fresh-keeping of 'Mopan' persimmon (in Chinese). *Tianjin Sci. Technol. Agric. Fores.*, 1-23.
- 8- Lorestani A.N, Tabatabaeefar A. 2006. Modeling the mass of Kiwi fruit by geometrical attributes. *Int. Agrophys*, 20, 135-139.
- 9- Mohsenin N.N., 1996. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon & Breach, New York, USA.
- 10- Pliestic, S., Dobricevic, N., Filipovic, D., & Gospodaric, Z. (2006). Physical properties of filbert nut and kernel. *Biosystems Engineering*, 93(2), 173-178.