مجله مهندسی بیوسیستم ایران
دوره۳۹، شماره۱، ۱۳۸۷ (۹۲-۸۵)

مقایسه برخی خواص فیزیکی دو رقم خرمای حاج‌قنبری و شاهانی

مهدی کرامت جهرمی*[۱]، شاهین رفیعی[۲]، علی جعفری[۳]، سید سعید محتسبی[۴] و رضا میراشه[۵]
۱، ۲، ۳، ۴، ۵، دانش آموخته کارشناسی ارشد، اعضاء هیئت علمی و دانش آموخته کارشناسی ارشد
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت:۸۶/۱/۲۱- تاریخ تصویب:۸۶/۷/۱۸)

چکیده

در روند مکانیزه کردن فعالیت‌های مرتبط با خرما در اولین گام نیاز به اطلاع جامع و کاملی از خصوصیات و شرایط محصول است. دانستن خواص فیزیکی و مکانیکی محصول در بسیاری از مسائل مربوط به طراحی ماشین‌ها و دستگاه‌های پس از برداشت دارای اهمیت است. در این پژوهش ابعاد، جرم و حجم خرما، چگالی هر دانه از خرمای هسته‌دار و بی‌هسته، چگالی‌توده ای، تخلخل، مساحت‌سطوح-تصویرشده، میانگین هندسی قطر، ضریب‌کرویت و مساحت‌سطح‌رویه خرما در دو رقم شاهانی و حاج قنبری تعیین و مقایسه شده است. همچنین ضریب‌اصطکاک‌ایستایی خرما با سه سطح گالوانیزه، شیشه‌ای و تخته چندلا به دست آمد. آزمایشات به ترتیب برای خرمای بی هسته و هسته دار، در رطوبت ۱۲/۹۰٪ و ۱۲/۲۰٪ (بر مبنای تر) در رقم حاج‌قنبری و ۳۰/۵۵٪ و ۲۹/۴۲٪ (بر مبنای تر) در رقم شاهانی انجام شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد میانگین جرم و حجم خرمای شاهانی به ترتیب ۸/۶۹ گرم و۸/۶۶ سانتی-متر مکعب و میانگین جرم و حجم خرمای حاج قنبری به ترتیب ۵/۵۷ گرم و ٤/۷٤ سانتی‌متر مکعب است. میانگین طول، عرض و ضخامت و سطوح تصویر شده خرمای شاهانی بیشتر از خرمای حاج قنبری به دست آمد. متوسط چگالی خرمای هسته دار، خرمای بی هسته شده (بدون تغییر شکل) و چگالی توده-ای خرمای حاج قنبری بیشتر از شاهانی و تخلخل آن کمتر از شاهانی به دست آمد. همچنین میانگین هندسی قطر، مساحت سطح رویه و میانگین ضریب‌اصطکاک‌ایستایی خرمای شاهانی بیشتر از خرمای حاج قنبری به دست آمد در حالی که برای هر دو رقم کرویت مساوی با مقدار ۰/۵۸ محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: ابعاد، حاج قنبری، خرما، خواص فیزیکی، شاهانی

مقدمه

خرما مهم ترین نبات از خانواده پالماسه (Palmaceae) با نام علمی فونیکس داکتیلیفرا (Phoenix dactylifera) است. کشت خرما در ایران از سابقه‌ای طولانی برخوردار بوده و در حال حاضر یکی از محصولات مهم و پرسود کشور به شمار می‌آید. لیکن با وجود این قدمت، فعالیت های در ارتباط با خرما همگام با سایر فعالیت‌های کشاورزی پیشرفت چندانی نکرده و توجه چندانی به آن نشده است.

خرمای حاج‌قنبری از گروه ارقام خشک خرما محسوب می‌شود که ماندگاری آن به دلیل رطوبت پایین زیاد است. خرمای حاج‌قنبری بسیار شیرین و سفت بوده و از جمله بهترین انواع خرما جهت حمل و نقل به فواصل دور است. خرمای شاهانی نیز یکی از مهم‌ترین ارقام خرمای ایران است. خرمای شاهانی از جمله مهمترین و فراوان‌ترین ارقام استان فارس است. رنگ آن زرد طلایی است و بهترین نوع آن در نخلستانهای جهرم (یکی ازمهم‌ترین شهرستان‌های

* نویسنده مسئول: مهدی کرامت جهرمی تلفن: ۰۹۱۲-۶۸۵۸۸۱۵
E-maill: mahdikeramat@gmail.com

خرماخیز استان فارس) تولید می‌شود. خرمای شاهانی دومین خرمای مهم ایران (از نظر سطح زیر کشت و تولید) است و از گروه ارقام تر خرما محسوب می‌شود. خارک این رقم شیرین است و بنابراین مقداری از محصول آن به صورت خارک مصرف می‌شود (۱۵). رطب شاهانی به علت شیرینی وخوش‌رنگی خاصی که دارد از بازارپسندی خوبی برخوردار است.

در روند مکانیزه کردن فعالیت های مرتبط با خرما در اولین گام نیاز به اطلاعاتی جامع و کامل از خصوصیات و شرایط محصول است. دانستن خواص فیزیکی محصول در بسیاری از مسائل مربوط به طراحی ماشین‌ها و دستگاه‌های پس از برداشت دارای اهمیت است.

صفا و خزایی (۲۰۰۳) و همچنین المایمان و احمد (۲۰۰۱) با بررسی خواص فیزیکی انار، مدل هایی برای پیش‌بینی جرم میوه به دست آوردند. طباطبایی‌فر و رجبی پور (۲۰۰۵) با بررسی خواص فیزیکی سیب، مدل هایی برای پیش بینی وزن سیب بر اساس مشخصه های آن به دست آوردند. کلیم اله و گوناسکار (۲۰۰۲) در پژوهشی برخی خواص فیزیکی فوفل[1] شامل اندازه، شکل، گردی، کرویت، وزن مخصوص، چگالی توده‌ای، تخلخل و زاویه استقرار، ضریب اصطکاک ایستایی و دینامیکی را در بازه رطوبتی ۸۸/۹۱-۱۰/۵۱٪ برپایه خشک به دست آوردند. رفیعی و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقی برخی خواص فیزیکی خرما رقم دیری را مطالعه کردند. آنها رابطه جرم را به صورت تابعی از ابعاد و مساحت سطوح تصویر شده به دست آوردند. همچنین برای جرم، ابعاد و مساحت سطوح تصویر شده رابطه رگرسیونی ارائه دادند. کرامت جهرمی و همکاران (۲۰۰۷) نیز در تحقیقی برخی خواص فیزیکی خرما رقم برحی را مطالعه کردند و ابعاد و مساحت سطوح تصویر شده را با استفاده از تکنیک پردازش تصویر به دست آورده و چهار مدل برای محاسبه جرم ارائه دادند. همچنین پژوهش‌هایی در زمینه خواص فیزیکی توسط دمیر و همکاران (۲۰۰۲)، کاباس و همکاران (۲۰۰۶)، اولاراف و همکاران (۲۰۰۶) ارائه شده است.

1. *arecanut*

هدف از این پژوهش تعیین و مقایسه برخی از خواص فیزیکی دو رقم خرمای حاج قنبری و شاهانی است. نتایج این تحقیق در زمینه جدایش خرما، درجه بندی، طراحی هسته‌گیرها، طراحی تجهیزات انتقال، بسته بندی و غیره مفید وکاربردی است.

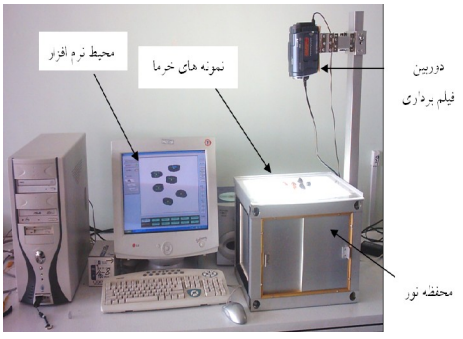
مواد و روش ها

نمونه های تازه خرما که از باغات خرمای شهرستان جهرم تهیه شده بودند، بلافاصله پس از نمونه‌برداری، بسته-بندی شده و به نحوی که به آن ضربه و آسیبی وارد نشود به آزمایشگاه خواص فیزیکی دانشگاه تهران منتقل شده و مورد آزمایش قرار گرفت.

شکل ۱- نمونه های خرما رقم شاهانی و حاج قنبری (بالا به پائین)

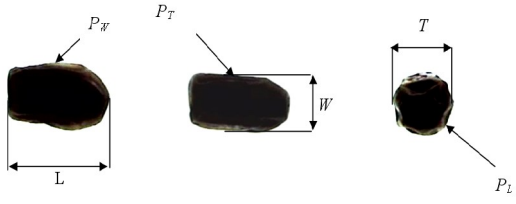
در ابتدا در اندازه‌گیری رطوبت محصول ده نمونه به طور تصادفی انتخاب شد. نمونه‌ها وزن شده و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت سه روز در آون نگهداری شدند. با وزن مجدد نمونه ها و محاسبه کاهش وزن به وزن اولیه قبل از قرار گرفتن در آون، رطوبت نمونه‌ها بر مبنای تر قابل محاسبه گردید (۲).

ابعاد و مساحت سطوح تصویر شده توسط دستگاه اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی (شکل ۲) در ۱۰۰ تکرار اندازه‌گیری شد (۱۱). اصول کار این دستگاه مبتنی بر تکنیک پردازش تصویر می‌باشد.



شکل ۲- دستگاه اندازه‌گیری برخی خصوصیات فیزیکی

با قرار دادن محصول در سه وضعیت مختلف و عمود بر هم، تصاویر به صورت تک به تک از نمونه های خرما گرفته شد. دستگاه با پردازش سه تصویر ابعاد و مساحت‌سطوح-تصویرشده را تعیین می‌کند. بزرگترین بُعد محصول (L)، بزرگترین بُعد عمود بر L (W)، بُعد عمود بر L و W (T) بر حسب میلی‌متر و مساحت سطوح تصویر شده در راستای بزرگترین بُعد محصول (P_L)، در راستای W (P_W) و در راستای T (P_T) ، بر حسب میلی متر مربع برای هر دانه از خرما اندازه گیری و ثبت شد (شکل ۳).



شکل ۳– تصاویر سطوح تصویر شده خرما در سه راستای عمود بر هم

جرم خرما با استفاده از ترازوی حساس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم به دست آمد. برای تعیین و اندازه‌گیری حجم و چگالی هر دانه خرما از روش میزان آب جابه‌جا شده استفاده شد. بدین منظور با صفر کردن وزن بشر محتوی آب بر روی ترازو و سپس غوطه ور کردن خرما با استفاده از یک سوزن نازک، جرم خرما در آب تعیین شد. با استفاده از رابطهٔ زیر چگالی هر دانه از خرما قابل محاسبه گردید(۱۲):

$$\rho_f = \frac{M_a}{M_a - M_w} \times \rho_w \qquad (۱$$

که در آن ρ_f چگالی هر دانه از خرما (g/cm^3)، M_a جرم محصول در هوای آزاد(g) ، M_w جرم محصول در آب (g) و ρ_w چگالی آب در محیط آزمایشگاه (g/cm^3) است. (که مقدار آن در محیط آزمایشگاه با سه تکرار ۱/۰۵g/cm^3 به دست آمد).

چگالی توده‌ای خرما با اندازه‌گیری جرم توده محصول در واحد حجم به دست آمد. بدین منظور با پر کردن ظرف مخصوص (استوانه‌ای شکل با قطر قاعده و ارتفاع به ترتیب ۱۰ و ۱۰ سانتی‌متر) از محصول و به دست آوردن جرم محتویات، چگالی توده‌ای از رابطه زیر قابل محاسبه است - (۱۷،۵):

$$\rho_b = \frac{M}{V} \qquad (۲$$

که ρ_b چگالی‌توده‌ای خرما (g/cm^3) ، M جرم توده خرما (g) و V حجم ظرف (cm^3) است.

تخلخل‌خرما (ε) بر حسب درصد از رابطه زیر محاسبه گردید (۱۲):

$$\varepsilon = (\frac{\rho_f - \rho_b}{\rho_f}) \times 100 \qquad (۳$$

میانگین هندسی قطر، ضریب کرویت و سطح رویه محصول به ترتیب از روابط زیر محاسبه شده است (۱۲):

$$D_g = (LWT)^{1/3} \qquad (۴$$

که در آن D_g میانگین هندسی قطر بر حسب میلی متر است.

$$\Phi = D_g / L \qquad (۵$$

که در آن Φ ضریب کرویت محصول و عددی بدون بعد است.

$$S = \pi . D_g^{\ 2} \qquad (۶$$

که در آن S مساحت سطح رویه بر حسب میلی متر مربع است.

زاویه اصطکاک ایستایی خرما با استفاده از دستگاه شیب سنج ساده و با سه سطح مختلف آهن گالوانیزه، شیشه و تخته‌چندلا اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که توده

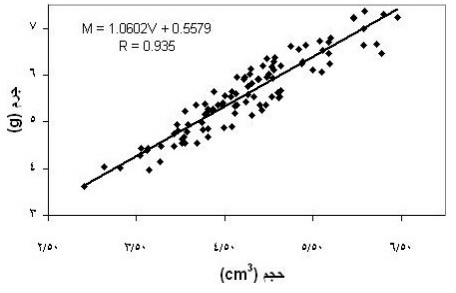
محصول درون قوطی نازک حلبی فاقد سر و ته با ابعاد ۱۰×۸×۳ سانتی‌متر مکعب قرار داده شد و روی سطح قرار گرفت. زاویه شیب سطح به طور تدریجی افزایش یافته و به محض مشاهده کوچکترین لغزش قوطی، شیب دستگاه با دقت یک درجه اندازه گیری شد (۴ ، ۶، ۷). ضریب زاویه اصطکاک ایستایی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شده است:

$$\mu = \tan\phi \qquad (۷$$

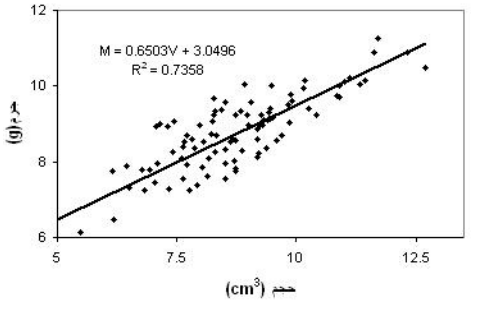
که در آن μ و ϕ به ترتیب ضریب اصطکاک ایستایی و زاویه سطح شیبدار در لحظه لغزش قوطی می‌باشند.

نتایج و بحث

آزمایشات به ترتیب برای خرمای بی هسته و هسته دار، در رطوبت ۱۲/۹۰٪ و ۱۲/۲۰٪ (بر مبنای تر) در رقم حاج-قنبری و ۳۰/۵۵٪ و ۲۹/۴۲٪ (بر مبنای تر) در رقم شاهانی انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که میانگین جرم و حجم خرمای حاج قنبری به ترتیب ۵/۵۷ گرم و ۴/۷۴ سانتی‌متر-مکعب بوده و مقادیر آن به ترتیب بین ۳/۶۲ تا ۷/۳۶ گرم و ۲/۹۰ تا ۶/۴۶ سانتی متر مکعب است. در حالی که میانگین جرم و حجم خرمای شاهانی به ترتیب ۸/۶۹ گرم و ۸/۶۶ سانتی‌مترمکعب بوده و مقادیر آن به ترتیب بین ۵/۲۳ تا ۱۱/۵۶ گرم و ۴/۵۰ تا ۱۲/۶۸ سانتی متر مکعب می‌باشد. طول، عرض و ضخامت خرمای حاج قنبری به ترتیب بین ۳۰/۳۰ تا ۴۳/۱۰، ۱۴/۴۰ تا ۱۹/۹۰ و ۱۳/۷۰ تا ۱۸/۱۰ میلی‌متر با مقادیر میانگین ۳۶/۶۲، ۱۶/۶۷ و ۱۶ میلی‌متر به دست آمد در حالی که مقادیر طول، عرض و ضخامت خرمای شاهانی به ترتیب بین ۳۹/۶۰ تا ۵۳/۹۰، ۱۷/۸۰ تا ۲۵/۴۰ و۱۶/۵۰ تا ۲۳/۸۰ میلی‌متر و با مقادیر میانگین ۴۶/۹۷، ۲۱/۷۱ و ۱۹/۷۸ میلی‌متر به دست آمد. میانگین سطوح تصویر شده خرمای حاج قنبری به ترتیب در راستای عمود بر بزرگترین طول، عرض و ضخامت خرما ۲۱۷/۶۴، ۴۷۴/۰۴ و۴۸۷/۹۶ میلی‌متر مربع و تغییرات آن به ترتیب بین ۱۵۱/۰۰ تا ۲۸۱/۰۰، ۳۵۲/۰۰ تا ۶۰۲/۰۰ و ۳۷۶/۰۰ تا ۶۲۰/۰۰ میلی‌متر مربع اندازه‌گیری شد در حالی که میانگین سطوح تصویر شده خرمای شاهانی به ترتیب در راستای عمود بر بزرگترین طول، عرض و ضخامت خرما ۳۷۸/۹۴، ۷۴۹/۴۱ و ۸۱۳/۱۳ میلی‌متر مربع و تغییرات آن به ترتیب بین ۲۸۵/۰۰ تا۴۷۵/۰۰ ، ۵۲۸/۰۰ تا ۹۹۴/۰۰ و ۵۸۲/۰۰ تا ۱۰۲۴/۰۰ میلی‌متر مربع بود. با استفاده از نرم-افزار SPSS بوسیله روش رگرسیون خطی براساس روش استپ وایز۱ سعی شد جرم خرما با هفت متغیر مستقل طول، عرض، ضخامت، سه سطح تصویر و حجم تخمین زده شود که در هر دو رقم تنها حجم توانست جرم را با ضریب همبستگی نسبتا خوبی تخمین بزند. معادله و شکل خط برازش شده به ترتیب در شکل ۴ برای رقم حاج قنبری و در شکل ۵ برای رقم شاهانی آمده است.



شکل ۴- برازش جرم خرما بر اساس حجم خرمای حاج قنبری



شکل ۵- برازش جرم خرما بر اساس حجم خرمای شاهانی

میانگین چگالی هر دانه از خرمای هسته دار و خرمای بی‌هسته شده (بدون تغییر شکل) به ترتیب از ۰/۹۹ تا ۱/۳۲ و از ۱/۲۷ تا ۱/۳۵ گرم بر سانتی متر مکعب در رقم حاج قنبری و از ۰/۸۹ تا ۱/۲۶ و از۱/۲۴ تا ۱/۳۳ گرم بر سانتی متر مکعب در رقم شاهانی اندازه گیری شد که مقدار

1. Stepwise

متوسط آن به ترتیب ۱/۱۸ و ۱/۳۰ گرم بر سانتی متر مکعب در رقم حاج قنبری و ۱/۰۱ و ۱/۲۸ گرم بر سانتی متر مکعب در رقم شاهانی بود. میانگین چگالی توده ای به ترتیب ۰/۶۲ و ۰/۵۱ گرم بر سانتی متر مکعب و میانگین تخلخل نیز ۴۷/۰۴٪ و ۴۹/۰۲٪ به ترتیب برای ارقام حاج قنبری و شاهانی به دست آمد. چگالی توده‌ای رقم حاج قنبری بیشتر از رقم شاهانی و تخلخل آن کمتر است. مقدار متوسط میانگین هندسی قطر، ضریب کرویت و مساحت سطح رویه به ترتیب۲۱/۳۶ میلی متر، ۰/۵۸، و ۱۴۳۸/۰۵ میلی متر مربع در رقم حاج قنبری و۲۷/۲۱ میلی متر، ۰/۵۸، و ۲۳۳۲/۵۶ میلی متر مربع در رقم شاهانی اندازه-گیری شد. مقایسه مشخصه های فیزیکی اندازه گیری شده خرمای حاج قنبری و شاهانی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مقایسه خواص فیزیکی اندازه گیری شده خرما رقم حاج قنبری و شاهانی

متغیر	رقم	تکرار	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	مقدار متوسط	انحراف معیار
جرم (g)	حاج قنبری	۱۰۰	۳/۶۲	۷/۳۶	۵/۵۷	۰/۸۵
	شاهانی	۱۰۰	۵/۲۳	۱۱/۵۶	۸/۶۹	۱/۲۱
حجم(cm^3)	حاج قنبری	۱۰۰	۲/۹۰	۶/۴۶	۴/۷۴	۰/۷۴
	شاهانی	۱۰۰	۴/۵۰	۱۲/۶۸	۸/۶۶	۱/۵۵
Lبزرگترین طول (mm)	حاج قنبری	۱۰۰	۳۰/۳۰	۴۳/۱۰	۳۶/۶۲	۲/۷۷
	شاهانی	۱۰۰	۳۹/۶۰	۵۳/۹۰	۴۶/۹۷	۳/۰۴
W بزرگترین بعد عمود بر L (mm)	حاج قنبری	۱۰۰	۱۴/۴۰	۱۹/۹۰	۱۶/۶۷	۰/۸۹
	شاهانی	۱۰۰	۱۷/۸۰	۲۵/۴۰	۲۱/۷۱	۱/۳۶
T بعد عمود بر W وL (mm)	حاج قنبری	۱۰۰	۱۳/۷۰	۱۸/۱۰	۱۶/۰۰	۰/۸۰
	شاهانی	۱۰۰	۱۶/۵۰	۲۳/۸۰	۱۹/۷۸	۱/۳۷
P_L سطح عمود بر L (mm^2)	حاج قنبری	۱۰۰	۱۵۱/۰۰	۲۸۱/۰۰	۲۱۷/۶۴	۲۲/۷۸
	شاهانی	۱۰۰	۲۸۵/۰۰	۴۷۵/۰۰	۳۷۸/۹۴	۴۲/۱۱
P_W سطح عمود بر W (mm^2)	حاج قنبری	۱۰۰	۳۵۲/۰۰	۶۰۲/۰۰	۴۷۴/۰۴	۵۵/۱۹
	شاهانی	۱۰۰	۵۲۸/۰۰	۹۹۴/۰۰	۷۹۴/۴۱	۹۲/۵۰
P_Tسطح عمود بر T (mm^2)	حاج قنبری	۱۰۰	۳۷۶/۰۰	۶۲۰/۰۰	۴۸۷/۹۶	۵۷/۷۰
	شاهانی	۱۰۰	۵۸۲/۰۰	۱۰۲۴/۰۰	۸۱۳/۱۳	۹۰/۶۹
چگالی واقعی(g/cm^3)	حاج قنبری	۱۰۰	۰/۹۹	۱/۳۲	۱/۱۸	۰/۰۷
	شاهانی	۱۰۰	۰/۸۹	۱/۲۶	۱/۰۱	۰/۱۱
چگالی واقعی خرمای بی‌هسته (g/cm^3)	حاج قنبری	۵	۱/۲۷	۱/۳۵	۱/۳۰	۰/۰۴
	شاهانی	۶	۱/۲۴	۱/۳۳	۱/۲۸	۰/۰۴
چگالی توده‌ای (g/cm^3)	حاج قنبری	۳	۰/۵۹	۰/۶۶	۰/۶۲	۰/۰۳
	شاهانی	۴	۰/۴۷	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۰۳
تخلخل(٪)	حاج قنبری	۳	۴۳/۶۸	۵۰/۰۰	۴۷/۰۴	۳/۱۸
	شاهانی	۴	۴۶/۵۳	۵۳/۴۶	۴۹/۰۲	۳/۱۴
میانگین هندسی قطر (mm)	حاج قنبری	۱۰۰	۱۸/۷۸	۲۳/۹۰	۲۱/۳۶	۱/۱۱
	شاهانی	۱۰۰	۲۳/۱۷	۳۰/۹۹	۲۷/۲۰	۱/۵۲
ضریب کرویت	حاج قنبری	۱۰۰	۰/۵۳	۰/۶۴	۰/۵۸	۰/۰۲
	شاهانی	۱۰۰	۰/۵۳	۰/۶۳	۰/۵۸	۰/۰۲
سطح رویه(mm^2)	حاج قنبری	۱۰۰	۱۱۰۸/۶۵	۱۷۹۴/۸۷	۱۴۳۸/۰۵	۱۴۹/۳۸
	شاهانی	۱۰۰	۱۶۸۶/۷۴	۳۰۱۶/۹۵	۲۳۳۲/۴۱	۲۵۹/۰۱

جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات فیزیکی دو رقم خرمای حاج قنبری و شاهانی

متغیر وابسته	منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مجموع مربعات	F
جرم (g)	تیمار	۴۸۶/۹۴	۱	۴۸۶/۹۴	۴۴۳/۹۵**
	خطای آزمایش	۲۱۷/۱۷	۱۹۸	۱/۱۰	
حجم(cm^3)	تیمار	۱/۳۴	۱	۱/۳۴	۱۵۸/۳۶**
	خطای آزمایش	۱/۶۷	۱۹۸	۰/۰۰	
Lبزرگترین طول (mm)	تیمار	۵۳۶۱/۳۰	۱	۵۳۶۱/۳۰	۶۳۳/۲۷**
	خطای آزمایش	۱۶۷۶/۲۷	۱۹۸	۸/۴۷	
W بزرگترین بعد عمود بر L (mm)	Lتیمار	۱۲۷۰/۰۸	۱	۱۲۷۰/۰۸	۹۶۱/۴۲**
	خطای آزمایش	۲۶۱/۵۷	۱۹۸	۱/۳۲	
T بعد عمود بر W و L (mm)	تیمار	۷۱۳/۲۹	۱	۷۱۳/۲۹	۵۶۷/۲۵**
	خطای آزمایش	۲۴۸/۹۷	۱۹۸	۱/۲۶	
P_L سطح عمود بر L (mm^2)	تیمار	۱۳۰۰۸۸۴/۵۰	۱	۱۳۰۰۸۸۴/۵۰	۱۱۳۴/۹۸**
	خطای آزمایش	۲۲۶۹۴۲/۶۸	۱۹۸	۱۱۴۶/۱۷	
P_W سطح عمود بر W (mm^2)	تیمار	۳۷۹۱۴۳۱/۸۴	۱	۳۷۹۱۴۳۲/۰۰	۶۵۳/۵۵**
	خطای آزمایش	۱۱۴۸۶۵۸/۰۳	۱۹۸	۵۸۰۱/۳۰	
P_Tسطح عمود بر T (mm^2)	تیمار	۵۲۸۶۷۷۶/۴۴	۱	۵۲۸۶۷۷۶/۰۰	۹۱۵/۱۶**
	خطای آزمایش	۱۱۴۳۸۱۷/۱۵	۱۹۸	۵۷۷۶/۸۵	
چگالی دانه‌ای خرما (g/cm^3)	تیمار	۱/۳۳۷۱	۱	۱/۳۳۷۱	۱۵۸/۳۶**
	خطای آزمایش	۱/۶۷۱۸	۱۹۸	۰/۰۰۸۴	
چگالی خرمای بی‌هسته (g/cm^3)	تیمار	۰/۰۰۱۶	۱	۰/۰۰۱۶	۰/۴۲ ns
	خطای آزمایش	۰/۰۳۵۴	۹	۰/۰۰۳۹	
چگالی توده‌ای(g/cm^3)	تیمار	۰/۰۲۱۸	۱	۰/۰۲۱۹	۲۰/۲۸**
	خطای آزمایش	۰/۰۰۵۴	۵	۰/۰۰۱۱	
تخلخل(٪)	تیمار	۶/۶۹	۱	۶/۶۹	۰/۶۷ns
	خطای آزمایش	۴۹/۸۸	۵	۹/۹۸	
میانگین هندسی قطر (mm)	تیمار	۱۷۰۵/۳۳	۱	۱۷۰۵/۳۳	۹۶۳/۹۶**
	خطای آزمایش	۳۵۰/۲۸	۱۹۸	۱/۷۷	
ضریب کرویت	تیمار	۰/۰۰۱۳	۱	۰/۰۰۱۳	۳/۰۵ ns
	خطای آزمایش	۰/۰۸۵۸	۱۹۸	۰/۰۰۰۴	
سطح رویه(mm^2)	تیمار	۳۹۹۹۴۰۶۵/۶۴	۱	۳۹۹۹۴۰۶۵/۶۴	۸۹۴/۷۲**
	خطای آزمایش	۸۸۵۰۶۱۹/۶۷	۱۹۸	۴۴۷۰۰/۱۰	

** معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ns بی معنی

مطابق با جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) ابعاد خرمای شاهانی به طور معنی داری از خرمای حاج قنبری بیشتر بود در نتیجه همانگونه که انتظار می رفت حجم، سطوح تصویر شده و سطح رویه نیز بیشتر به دست آمد. چگالی دانه‌ای و چگالی توده‌ای خرمای حاج قنبری نیز با اختلاف معنی‌داری بیشتر از شاهانی بود. مقادیر حاصل از آزمایش ضریب اصطکاک بوسیله آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل دو فاکتور رقم (در دو سطح حاج‌قنبری و شاهانی) و نوع سطح اصطکاک (سه سطح شیشه ای، آهن

گالوانیزه و تخته چند لا) بود. نتایج بدست آمده در جدول۳ آورده شده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس دو فاکتور رقم و نوع سطح اصطکاکی

منابع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مجموع مربعات	F
تیمار	۰/۰۸	۷	۰/۰۱	۱۱۳/۹۹**
رقم خرما	۰/۰۷	۱	۰/۰۷	۷۴۲/۹۸**
نوع سطح اصطکاکی	۰/۰۰	۲	۰/۰۰	۱۲/۱۹**
تکرار	۰/۰۰	۲	۷/۲۲	۰/۷۳ns
رقم × نوع سطح	۰/۰۰	۲	۰/۰۰	۱۴/۵۵**
خطای آزمایش	۰/۰۰	۱۰	۹/۸۹	
خطای کل	۲/۴۰	۱۸		

** معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ns بی معنی

مطابق جدول تجزیه واریانس اثر ضریب زاویه اصطکاک ایستایی تیمار، رقم، نوع سطح و اثر متقابل رقم و نوع سطح در سطح احتمال ۵٪ بسیار معنی دار بود و تنها تکرار معنی‌دار نبود که نشان دهنده آن است که می توان در قالب طرح کاملاً تصادفی نیز داده‌ها را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

میانگین ضریب اصطکاک تیمارها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن نیز مقایسه شده و در جدول ۴ آورده شده است. در رقم شاهانی ضریب اصطکاک ایستایی سطح گالوانیزه و سطح شیشه‌ای یکسان و کمتر از سطح تخته-چندلا به دست آمد در حالی که در رقم حاج‌قنبری ضریب اصطکاک ایستایی با سطح تخته چندلا بیشتر از سطح شیشه‌ای و کمتر از سطح گالوانیزه بود. به طور کلی ضریب اصطکاک ایستایی رقم شاهانی بیشتر از رقم حاج‌قنبری به دست آمد. در این جدول مشاهده می شود که کمترین ضریب اصطکاک مربوط به رقم حاج‌قنبری بر روی سطح شیشه‌ای است که به طور معنی داری از تیمارهای دیگر کمتر بوده و برای انتقال با زاویه شیب کمتری منتقل می‌شود. رقم شاهانی با سطح اصطکاکی آهن گالوانیزه دارای بیشترین ضریب اصطکاک ایستایی است که نشان دهنده چسندگی بیشتر این رقم با سطح گالوانیزه است.

جدول ۴- مقایسه میانگین ضریب اصطکاک در دو رقم و سه نوع سطح اصطکاکی براساس آزمون چند دامنه دانکن

	زیر مجموعه			
	۱	۲	۳	۴
رقم قنبری و سطح شیشه	۰/۲۸			
رقم قنبری و سطح تخته چندلا		۰/۳۰		
رقم قنبری و سطح گالوانیزه		۰/۳۱		
رقم شاهانی و سطح گالوانیزه			۰/۴۱	
رقم شاهانی و سطح شیشه			۰/۴۱	
رقم شاهانی و سطح تخته چندلا				۰/۴۵

نتایج این تحقیق در طراحی دستگاه‌های درجه‌بندی و جدا کننده، طراحی هسته‌گیرها، بسته‌بندی خرما، طراحی دستگاهای فرآوری و تجهیزات انتقال و ... مفید وکاربردی است.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت و همکاری دانشکده مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران انجام شد. در پایان لازم است از زحمات و همکاری‌های آقایان مهندس عنایت‌اله جان‌فزا، احمد رنجبر، و مهدی خانی تشکر و قدردانی به عمل آید.

REFERENCES

1. Al-Maiman, S., & Ahmad, A. 2001. Changes in physical and chemical properties during pomegranate fruit maturation, Department of Food Science and Nutrition, King Saud University.
2. AOAC. 1984. Official methods of analysis. 14th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
3. Demir, F., Dogan, M. Ozcan, H., & Haciseferogullari, H. 2002. Nutritional and physical properties of hackberry (Celtis australis L.). Journal of Food Engineering.54, 241–247.
4. Dutta, S. K., Nema, V.K., & Bhardwaj, R.J. 1988. Physical properties of gram, Journal of Agricultural Engineering Research. 39, 259–268.

5. Fraser, B.M., Verma, S.S., & Muir, W.E. 1978. Some physical properties of fababeans. J. Agric. Eng. Res. 23, 53-57.
6. Gezer, I., Haciseferogullari, H., & Demir, F. 2002. Some physical properties of Hacihaliloglu apricot pit and its kernel, Journal of Food Engineering.56, 49–57.
7. Jain, R. K., Bal, S. 1997. Properties of pearl millet. Journal of Agricultural Engineering Research. 66, 85-91.
8. Kabas, O., Ozmerzi, A., & Akinci, I. 2006. Physical properties of cactus pear (Opuntia ficus India L.) grown wild in Turkey. Journal of Food Engineering. 73, 198-202.
9. Kaleemullah, S., & Gunasekar, J. J. 2002. Moisture-dependent physical properties of arecanut kernels, Biosystems Engineering. 82 (3): 331–338.
10. Keramat Jahromi, M., Rafiee, S. Jafari, A., and Tabatabaeefar, A. 2007. Determination of dimension and area properties of date (Berhi) by Image analysis. International Conference on Agricultural, Food and Biological Engineering and Post Harvest/Production Technology, Khon Kaen, Thailand, 21-24 January.
11. Mirasheh, R. 2006. Designing and making procedure for a machine determining Olive Image Dimensions. M.Sc. Thesis. Mechanical Engineering of Agricultural Machinery. Faculty of Biosystems Engineering. University of Tehran. Karaj. Iran (In Farsi).
12. Mohsenin, N. N. 1986. Physical properties of plant and animal materials, 2nd Ed. Gordon and Breach Sci. Pub. N. Y.
13. Owolarafe, O.K., Olabige, M.T., & Faborode, M.O. 2006. Physical and mechanical properties of two varieties of fresh oil palm fruit. Journal of Food Engineering. 78, 1228-1232.
14. Rafiee, S., Keramat Jahromi, M. Jafari, A. Keyhani, A.R., & Mirasheh, R. 2006. Determination of dimension and weight of date (Deiri). International Conference on Innovations in Food and Bioprocess Technologies. Thailand, 12-14 December.
15. Roohani, I. 1988. Date Fruit. University publication center, Iran. (In Farsi)
16. Safa, M., & Khazaei, J. 2003. Determining and modeling some physical properties of pomegranate fruits of saveh area related to peeling and packaging, Proceedings of the International Congress, Food and Environment, Izmir Turkey, Octobr 7-10
17. Suthar, S.H., & Das, S. K. 1996. Some physical properties of karingda seeds, Journal of Agricultural Engineering Research. 65, 15–22.
18. Tabatabaeefar, A., & Rajabipour, A. 2005. Modeling the mass of apples by geometrical attributes. Scientia Horticulture. 105, 373-382.
19. Topuz, A., Topakci, M. Canakci, M. Akinci, I., & Ozdemir, F. 2005. Physical and nutritional properties of four orange varieties. Journal of Food Engineering Research. 66, 519-523

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.