تعیین برخی خواص فیزیکی و ثقلی شلتوک

ناصر فاضلی[۱*]، عمار رفیعی[۱]، محمد زارعین[۲]، محمدرضا بیگی ورزنه[۳]

۱، ۲ و ۳ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشجوی دکترای گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، کارشناس مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشگاه جیرفت

ایمیل مکاتبه:naser.fazeliv@gmail.com

چکیده

اطلاع از خواص محصولات، اساس طراحی و بهینه سازی ماشین های فرآوری را تشکیل می دهد. در این پژوهش خواص فیزیکی دانه ی شلتوک شامل طول، عرض، ضخامت، وزن، حجم، قطر میانگین هندسی، قطر میانگین حسابی، ضریب کرویت، نسبت نما، تخلخل، چگالی ذره، چگالی توده و ضریب اصطکاک استاتیکی بود که میانگین هر یک از آنها به ترتیب ۱۱/۳۰۳، ۹۲۳/ ۱، ۱/۸۰۵ میلی متر، ۰/۰۲۵۳ گرم، ۲۰/٦۷۹ میلی متر مکعب، ۳/۳۹۷، ۵/۰۱۰ میلی متر، ۰/۳۰۰ ، ۰/۱۷ ، ۰/۵۸ ، ۱/۰۳۰ گرم بر سانتی متر مکعب، ۰/٤۳۱گرم بر سانتی متر مکعب و ۰/۵۸۹ بدست آمد. رابطه‌ی اقطار با استفاده از نرم افزار Excle و Tablecurve همراه با نمودار تعیین شد. نتایج نشان داد: با افزایش اقطار، وزن نیز افزایش می یابد و ضریب تبیین اقطار با وزن بین ۸۰/٦۹- ۸۰/۵۱ بدست آمد. نمودار نسبت نما، ضخامت و جرم نشان داد، تغییرات ضخامت اثر بیشتری بر روی جرم محصول دارد.

واژه های کلیدی: شلتوک، خواص فیزیکی، جرم، نسبت نما

مقدمه

غلات از مهم ترین محصولات غذایی در دنیا محسوب می شود. برنج گیاهی است که در سطح بسیار وسیعی از زمین های زراعی کشورهای مختلف جهان کشت می شود. امروزه در میان غلات ترکیبات غذای برنجی، غذای اصلی شمار زیادی از مردم شده است. تولید برنج در جهان از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰٤ از ۵۲۰ میلیون تن به ٦۰۵ میلیون تن رسیده است و این در حالی است که در ایران تولید برنج از سال ۱۹۸۰ تا سال ۲۰۰٤ از ۱/۳ میلیون تن به ۳/٤ میلیون تن افزایش یافته است(FAOSTAT, 2005). 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. حجم و چگالی محصولات کشاورزی اهمیت زیادی در فرآیندهای مختلف و در ارزیابی کیفیت محصولات دارد(Sitkei,1986). هم چنین جرم، حجم و مرکز ثقل اهمیت ویژه ای در سامانه‌های درجه بندی دارند(Safwat and Moustafa, 1971).

تحقیقات زیادی در دنیا در زمینه تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات مختلف کشاورزی صورت گرفته است که به چند مورد اشاره می شود. عسکری اصلی ارده و همکاران (۱۳۹۰) تاثیر محتوای رطوبت دانه بر برخی خواص فیزیکی دو رقم شلتوک برنج را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش محتوای رطوبت محصول ابعاد اصلی، قطر هندسی، قطر حسابی، سطح و حجم دانه‌ها، وزن هزار دانه،چگالی ظاهری و چگالی واقعی به طور معنی داری افزایش می یابد در حالی که حجم واقعی کاهش می یابد. اثر محتوای رطوبت دانه بر ضریب کرویت معنی‌دار نبوده است(عسکری اصلی ارده و همکاران، ۱۳۹۰). در تحقیقی که توسط ذکی دیزجی و همکاران(۱۳۸٦) انجام شد برخی خواص فیزیکی و مکانیکی دانه نخود مورد آزمایش قرار گرفت. طول، ضخامت، عرض، ضریب کرویت، حجم و قطر هندسی میانگین اندازه گیری شد و اثر رطوبت روی این خواص و خواص مکانیکی مورد آزمایش قرار گرفت(ذکی دیزجی و همکاران، ۱۳۸٦) رضوی و همکاران (۱۳۸۹) برخی خواص فیزیکی بذر و لپه نخود دسی واریته کاکا را مورد بررسی قرار دادند که در این مطالعه خواص هندسی، ثقلی، اصطکاکی و آئرودینامیکی مربوط به بذر و لپه‌ی نخود دسی واریته کاکا را در دو میانگین رطوبت ۸/۲ و ۹/۰ درصد(بر اساس وزن رطوبت) بررسی شد. نتایج نشان داد که دانسیته جامد، دانسیته توده و تخلخل در مورد بذر، بیشتر از لپه بودند(رضوی و همکاران، ۱۳۸۹). هسو و همکاران (۱۹۹۱) به بررسی خواص فیزیکی و حرارتی پسته کرمان پرداختند(Hsu and et al,1991). اندازه‌گیری دقیق و سریع خصوصیات هندسی و ثقلی در هنگام فرآوری محصولات کشاورزی، طراحی دستگاه های حمل و نقل، نگهداری و همچنین دستیابی به محصولی با کیفیت بالا بسیار حائز اهمیت است برای مثال شکل و ابعاد فیزیکی برای غربال کردن مواد جامد و جداسازی مواد خارجی مورد استفاده قرار می گیرد. اصولاً ماشین های گوناگون تمیز کردن، درجه بندی، جداسازی، درجه بندی، و نقاله ها بر پایه خواص فیزیکی دانه ها طراحی و ساخته می شوند(رضوی و اکبری، ۱۳۹۱). این امر موجب می شود که اندازه گیری خواص فیزیکی حائز اهمیت قرار بگیرند. در این پژوهش برخی از خواص فیزیکی(طول، عرض، ضخامت،وزن، حجم، سطح، قطر میانگین هندسی، قطر میانگین حسابی، چگالی ذره، چگالی توده، تخلخل و ضریب اصطکاک استاتیکی) شلتوک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

برای انجام این پژوهش مقدار ۲۰ عدد از دانه شلتوک تهیه شد. دانه ها به طور دستی تمیز شدند تا هر گونه مواد خارجی از قبیل سنگ‌ریزه، کاه و کلش و بذر های شکسته و نارس از آنها جدا شود.

ابعاد، وزن، کرویت، سطح، حجم، نسبت نما، قطر هندسی و قطر حسابی

طول(L)، عرض(W) و ضخامت(t) آنها به وسیله کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلیمتر تعیین شد(ابعاد برحسب میلیمتر می باشد).اندازه گیری وزن هر دانه به وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ مدل ANDGF-600 ساخت ژاپن استفاده گردید. قطر هندسی (D_g) و قطر حسابی (D_a) نیز برای ۲۰ دانه شلتوک با استفاده از روابط زیر محاسبه شد(Mohsenin,1970).

$$D_g = (LWt)^{\frac{1}{3}} \quad (۱)$$

$$D_a = \frac{(L+W+t)}{3} \quad (۲)$$

معیاری که عموماً برای توصیف شکل مورد استفاده قرار می گیرد، ضریب کرویت ($\emptyset$) است که با جایگذاری ابعاد به دست آمده در رابطه زیر به دست می آید(صفی یاری و همکاران، ۱۳۹۲).

$$\emptyset = \frac{(LWt)^{\frac{1}{3}}}{L} \times 100 \quad (۳)$$

سطح(S) و حجم(V) دانه ها نیز با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید(سه رقم شلتوک۹)

$$S = \frac{\pi.B.L^2}{2L-B} \quad (٤)$$

$$B = (W.t)^{\frac{1}{2}} \quad (٥)$$

$$V = 0.25\left[\left(\frac{\pi}{6}\right)L(W+t)^2\right] \quad (٦)$$

$$R = \frac{W}{L} \quad (٧)$$

چگالی ظاهری، چگالی واقعی و درصد تخلخل

از آنجا که خواص محصولات کشاورزی با مواد مهندسی متفاوت است، لذا به علت وجود فضاهای خالی (حجم هوا) در بین محصولات کشاورزی چگالی را به دو شکل چگالی ذره و چگالی توده بیان می‌کنند. برای اندازه گیری چگالی ظاهری، ابتدا مقدار مشخصی از دانه را وزن کرده و سپس از ارتفاع ۱۵ سانتیمتری به داخل استوانه مدرجی که به عنوان

حجم‌های مشخصی تقسیم شده بود، ریخته شد که در این صورت ضربه ای به ظرف ایجاد می کند که باعث ته نشین شدن در ظرف می شود که این حالت مشابه شرایطی است که در انبارها در طی ذخیره و انبار کردن برای محصول می شود(شماره ۱۰ از سه رقم شلتوک). روی محصول صاف گردید و ارتفاع بالا آمده در استوانه خوانه شد که به عنوان حجم ظاهری می باشد و از رابطه زیر چگالی ظاهری بدست آمد(Mohsenin, 1970).

$$\rho_b = \frac{M_b}{V_b} \quad (۸)$$

M= جرم دانه (g)

V = حجم دانه (cm^3)

برای بدست آوردن چگالی واقعی از روش جابجایی مایع (تولوئن) استفاده گردید. از تولوئن به دلیل کشش کم و جذب ناچیز آن توسط نمونه استفاده گردید. تولوئن همچنین قدرت انحلال کمی دارد و منافذ سطحی نمونه ها را پر می کند.برای انجام این آزمایش از استوانه مدرج استفاده شد که استوانه مدرج را تا حدود ۱۰سانتیمتر مکعب از مایع ریخته و مقدار ۵ و ٤ گرم در سه تکرار از نمونه را وزن کرده و در استوانه ریخته شد. سپس مایع داخل استوانه که در اثر جرم نمونه بالا آمده، خوانده شد. حجم جابجایی را از حجم اولیه کم کرده و درنهایت جرم مشخص را تقسیم بر حجم جابجایی کرده و طبق رابطه زیر چگالی واقعی بدست آمد.

$$\rho_p = \frac{M_p}{V_p} \quad (۹)$$

M_p= جرم دانه (g)

V_p= حجم دانه (cm^3)

تخلخل (ε) با توجه به رابطه بین چگالی توده (ρ_b) و چگالی ذره (ρ_p) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید(رضوی و همکاران، ۱۳۸۹).

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}\right) \quad (۱۰)$$

ضریب اصطکاک استاتیکی

برای اندازه‌گیری ضریب اصطکاک استاتیکی(μ_s) از یک سطح آهن گالوانیزه متصل به نقاله مدرج استفاده شد. درجه بندی نقاله به منظور اندازه گیری زاویه اصطکاک استاتیکی (α) درج شده بود. ضریب اصطکاک استاتیکی با توجه به رابطه زیر به دست آمد.

$$\mu_s = \tan \alpha \qquad (11)$$

نتایج و بحث

در جدول شماره ۱ و ۲ مقادیر حاصل از اندازه‌گیری خواص فیزیکی شلتوک نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، طول، عرض و ضخامت به ترتیب بین ۱۲/۲۸- ۱۳/٤،۲/۱۰- ۱/۷۷۲و ۱/۹۱-۱/۷ میلی متر متغیر است. همچنین مقادیر وزن نیز بین ۰/۰۳۱-۰/۰۲۱ متغیر است که خود بستگی به ابعاد دانه دارد. بیشترین و کمترین مقدار چگالی توده و ضریب کرویت کمترین تغییر را با یک با هم دارند که خود نشان می دهد مقدار طول، عرض و ضخامت به یک نسبت تغییر می کنند. نتایج نشان می دهد افزایش قطر، طول و ضخامت باعث افزایش جرم دانه می شود.

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی دانه شلتوک

خواص فیزیکی	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	ماکزیمم	مینیمم
طول	۱۱/۳۰۳	۰/۵۷۵	۰/۰۵۰	۱۲/۲۸	۱۰/۴
عرض	۱/۹۲۳	۰/۱۱۱	۰/۰۵۸۲	۲/۱۳	۱/۷۷۲
ضخامت	۱/۸۰۵	۰/۰۶۲۵	۰/۰۳۴۶	۱/۹۱	۱/۷
وزن	۰/۰۲۵۳	۰/۰۰۳۲۳	۰/۱۲۷	۰/۰۳۲	۰/۰۲۱
حجم	۲/۰۶۷	۰/۲۸۸	۰/۱۳۹	۲۵/۹۶۳	۱۶/۷۱۷
سطح	۳۶/۱۰۱	۳/۳۵۷	۰/۰۹۲۹	۴۲/۱۲۴	۳۱/۲۹۲
قطر میانگین هندسی	۳/۳۹۷	۰/۱۵۵	۰/۰۴۵۷	۳/۶۷۰	۳/۱۷۲
قطر میانگین حسابی	۵/۰۱۰	۰/۲۴۲	۰/۰۴۸	۵/۴۳۳	۴/۶۳۶
ضریب کرویت	۰/۳۰۰	۰/۰۰۵۱	۰/۰۱۷۱	۰/۳۱۳	۰/۲۹۰
نسبت نما	۰/۱۷۰	۰/۰۰۵۱	۰/۰۳۰۲	۰/۱۸۰	۰/۱۶۰

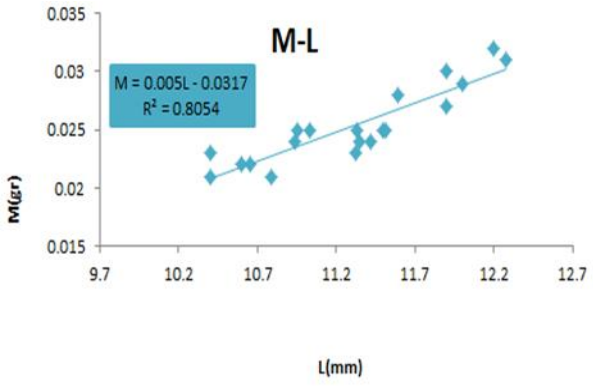
جدول ۲- چگالی توده، ذره، تخلخل و ضریب اصطکاک استاتیکی

خواص فیزیکی	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	ماکزیمم	مینیمم
چگالی توده	۰/۴۳۱	۰/۰۲۱۵	۰/۰۴۹۹	۰/۴۴۴	۰/۴۴۳
چگالی ذره	۱/۰۳۰	۰/۰۱۶	۰/۰۱۵۵	۱/۰۴۸۶	۱/۰۱۷
تخلخل	۰/۵۸۰	۰/۰۲۷۱	۰/۰۴۶۷	۰/۶۱۱	۰/۵۶۲
ضریب اصطکاک استاتیکی	۰/۵۸۹	۰/۰۵۵۷	۰/۰۹۴۴	۰/۶۶۲	۰/۵۲۳

در شکل ۳ رابطه بین قطر و جرم محاسبه شد که نشان می‌دهد با افزایش قطر دانه شلتوک، جرم با شیب کمتری افزایش پیدا می کند. نمودار طبق رابطه زیر ترسیم گریده است.

M=0/005L-0/0317

که در آن M برابر است با جرم دانه و L نیز طول دانه شتلوک می‌باشد. مقدار ضریب تبیین(R^2) نیز با توجه به رابطه بالا برابر ۰/۸۰٥٤ است که در شکل زیر نیز نشان داده شده است.

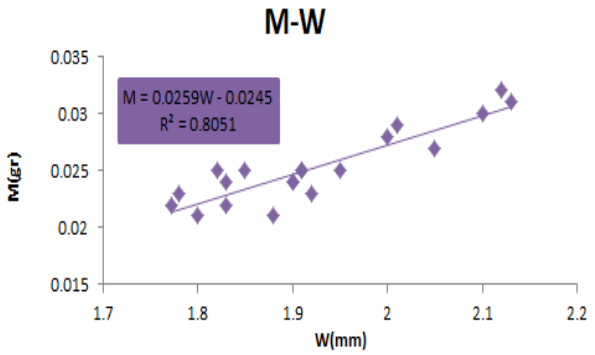


شکل ۳- نمودار و رابطه بین جرم و طول دانه‌های شلتوک

در شکل ٤ رابطه بین عرض و جرم دانه شلتوک را نشان می‌دهد که نشان می دهد عرض نیز با یک شیب ملایم نسبت به جرم آن افزایش پیدا می کند. همچنین داده ها دارای عرض نسبتا مشابهی به یکدیگر دارند. رابطه بین جرم و عرض دانه بصورت زیر است.

M=0/0259W-0/0245

که در آن M بیانگر جرم دانه شلتوک و W بیانگر عرض دانه شلتوک می باشد. با توجه به رابطه بالا ضریب تبیین (R^2) برابر ۰/۸۰۵۱ است که همبستگی که نشان دهنده همبستگی بین عرض دانه و جرم آن می باشد.

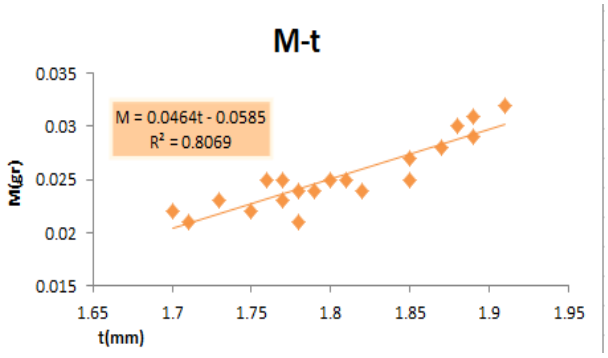


شکل ٤– نمودار و رابطه بین عرض و جرم دانه‌های شلتوک

در شکل ۵ رابطه بین ضخامت و جرم دانه شلتوک محاسبه شده که نشان می‌دهد با افزاش ضخامت، جرم نیز افزایش پیدا میکند. محاسبه ضریب تبیین و همچنین ترسیم نمودار طبق رابطه زیر به دست آمده است.

M=0/0464t-0/0585

که مانند روابط قبل M برابر است با جرم دانه شلتوک و t بیانگر ضخامت دانه شلتوک می باشد. ضریب تبیین(R^2) با توجه رابطه برابر ۸۰٦۹ /۰ است.

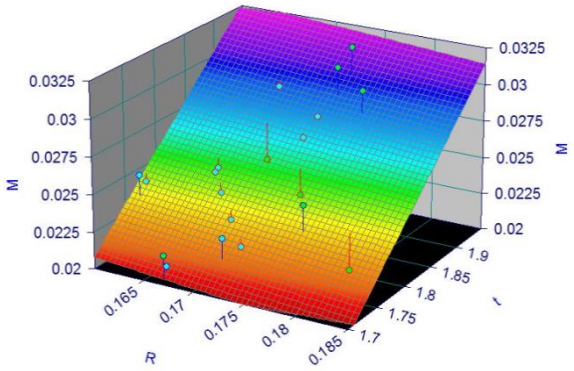


شکل ۵. نمودار و رابطه بین جرم و ضخامت دانه‌های شلتوک

در شکل ٦ نمودار سه بعدی نشان‌دهنده رابطه بین ضخامت، نسبت نما و جرم دانه‌های شلتوک می‌باشد که نشان می‌دهد که از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

M=-0/05175-0/05345t+0/0477R

در این رابطه t ضخامت دانه و R نسبت نما می باشد. در این رابطه R^2 برابر۰/۸۱۳ می باشد.



شکل٦. نمودار سه بعدی ضخامت، نسبت نما و جرم دانه‌های شلتوک

در این شکل با افزایش ضخامت دانه، جرم آن نیز افزایش پیدا می کند و تاثیر مثبتی در افزایش جرم دارد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصله از تحلیل خواص فیزیکی، مقادیر اندازه‌گیری شده از قطر، عرض و ضخامت چنین است که این مقادیر، رابطه‌ی مستقیمی برای افزایش جرم در دانه‌ها دارند. در بین خواص فیزیکی اندازه‌گیری شده دانه ها، کمترین

مقدار تغییر در بین دانه‌ها در ضخامت، وزن و نسبت نما دیده می شود. در نمودار جرم- طول، بیشترین طول دانه‌ها را در محدوده ۱۱/۲ – ۱۱/۷میلیمتر و در محدوده جرم ۰/۰۲۵- ۰/۰۲۰ گرم نشان می‌دهد. در نمودار جرم- عرض نشان می دهد که بیشترین تشابه عرض در محدوده ۱/۹۰- ۱/۷۵ و در محدوده جرم ۰/۰۲۵- ۰/۰۲۰ گرم می‌باشد. در نمودار جرم- ضخامت نشان می‌دهد که بیشترین مقدار دانه ها در محدوده ۱/۸۰ – ۱/۷۵ و در محدوده جرم بین ۰/۰۲۵- ۰/۰۲۰ گرم هستند. بیشترین تجمع دانه در محدوده ۰/۰۲۵ – ۰/۰۲۰ گرم می باشند. کمترین ضریب تغییرات مربوط به ضخامت و بیشترین آن مربوط به حجم دانه‌های شلتوک می‌باشد. کمترین انحراف معیار مربوط به وزن و بیشترین آن مربوط به سطح است، هم چنین بیشترین میانگین خواص فیزیکی در این پژوهش مربوط به سطح و کمترین آن مربوط به وزن دانه‌ها می باشد. بیشترین مقدار ضریب اصطکاک استاتیکی ۰/٦٦۲ و کمترین مقدار ضریب اصطکاک استاتیکی ۰/۵۲۳ اندازه گیری شده است. همچنین با افزایش یا کاهش نسبت نما جرم دانه‌های شلتوک نیز افزایش می یابد.

منابع و مآخذ

۱. ذکی دیزجی، ح. مینایی، س. ۱۳۸٦. تعیین برخی خواص فیزیکی و مکانیکی دانه خود، فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران.

۲. رضوی، س. م. زایرزاده، ا. خفاجی، ن. و پهلوانی،م. ۱۳۸۹. بررسی برخی خواص فیزیکی بذر و لپه نخود دسی واریته کاکا، نشریه پژوهش های حبوبات ایران.

۳. رضوی، م و اکبری، ر. ۱۳۹۱. خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ چهارم.

٤. صفی یاری، ح. رحمانیان، ح. سلمانی زاده، ف و زمردیان، ع. ۱۳۹۲. برخی خواص فیزیکی و مکانیکی میوه خرمالو رقم خردمندی، مجله نوآوری در علوم و فناوری غذایی.

۵. عسکری اصلی ارده، ع. شکر بیگی، ص و شجاعی، س. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر محتوای رطوبت دانه بر برخی خواص فیزیکی دو رقم شلتوک برنج، نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار.

6. FAOSTAT. 2005. Rice Production, Available, http://faostat.fao.org.
7. Hsu, R. H. Mannapperuma, J. D. and Singh, R.P. 1991. Physical and Thermal Properties of Pistachios, Journal of Agricultural Engineering Research., Vol. 49, pp.311–321.
8. Mohsenin,N. N. 1970. Physical Properties of Plants and Animal Materials, Gordon and Breach Science Publishers. Dec.
9. Safwat, M. A. and Moustafa, M.1971. Theoretical Prediction of Volume, Surface Area and Center of Gravity for Agricultural Products, Transactions of the ASAE., Vol. 14, No. 4, pp. 549–553.
10. Sitkei,G. 1986. Mechanics of Agricultural. NewYork: Elsevier.

Determination of some physical and gravity properties of paddy

Abstract

Knowledge of the physical and mechanical properties of agricultural products is the basis for the design and optimization of processing machines. In this research the physical properties of paddy seed including length, width, thickness, weight, volume, mean geometric diameter, mean diameter, sphericity index, power ratio, porosity, particle density, bulk density and coefficient of static friction were studied and the mean value
were as 11/303, 1/923, 1/805 mm, 0/0253gr, 20/679mm^3, 3/397, 5/010 mm, 0/300, 0/170, 0/580, 1/030gr/cm^3, 0/431gr/cm^3 and 0/589, respectively. The relationship of diameters were determined using software of Excle and Tablecurve. The results showed that the weight increased with increasing diameters and the R^2 values obtained between the 80/51-80/69. The illustrate of power ratio, thickness and mass, which showed that thickness changes had greater effect on the mass product.

Keywords: paddy, physical properties, mass, ratio of exponent