

## بررسی برخی خصوصیات فیزیکی ارقام دانه کانولای ایران

سید محمد علی رضوی<sup>۱</sup>، سمیرا یگانه زاد<sup>۲</sup>، علیرضا صادقی<sup>۳</sup>، شیرین ابراهیمزاده<sup>۳</sup>، اعظم نیازمند<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۸۵/۵/۵

### چکیده

در این مطالعه، خواص هندسی، ثقلی و اصطکاکی چهار وارپته کانولای متداول در ایران (به نامهای اس/ال/ام، هایولا، اکاپی و اورینت) با میانگین رطوبتی ۶/۵٪ مورد بررسی قرار گرفت. خواص هندسی و ثقلی شامل: طول و قطر دانه، میانگین هندسی قطر، ضریب کرویت، وزن هزار دانه، حجم، دانسیته واقعی، دانسیته توده ای و تخلخل بودند. نتایج نشان داده است که دامنه طول دانه‌ها از ۱/۹۲۵ تا ۲/۱۵۳ میلی متر، دامنه قطر دانه‌ها ۱/۵۴۱ تا ۱/۹۳ میلی متر، حداکثر میانگین هندسی قطر ۲ میلی متر در وارپته هایولا و حداقل آن ۱/۶۶۹ میلی متر در وارپته اس ال ام، حداکثر ضریب کرویت ۰/۹۳ در وارپته هایولا و حداقل آن ۰/۸۵ در وارپته اس ال ام، وزن هزار دانه از ۳/۰۶ تا ۴/۰۷ گرم، دامنه حجم از ۲/۳۴ تا ۳/۲۵ میلی متر مکعب در وارپته‌های اورینت و هایولا، دانسیته واقعی از ۱۱۵۶ تا ۱۳۰۲ کیلوگرم بر متر مکعب در وارپته‌های اکاپی و اورینت، دانسیته توده ای از ۷۱۰/۹۲ تا ۷۳۸/۷۹ کیلوگرم بر متر مکعب در وارپته‌های هایولا و اس ال ام و تخلخل بین ۳۷٪ تا ۴۴/۰۲٪ در وارپته‌های اکاپی و هایولا می‌باشد. هم چنین در این پژوهش خواص اصطکاکی دانه کانولا شامل زاویه‌های ریبوز پر کردن و تخلیه و ضریب اصطکاک استاتیکی روی پنج سطح اصطکاکی (شامل آهن گالوانیزه، شیشه، فایبرگلاس، لاستیک و تخته سه لا) اندازه گیری شدند. زاویه‌های ریبوز پر کردن و تخلیه به ترتیب در دامنه ۲۸/۵۴ - ۲۷/۸۸ درجه و ۲۵/۴۸ - ۲۷/۶۰ درجه به دست آمدند و در کلیه وارپته‌ها بیشترین ضریب اصطکاک مربوط به سطح لاستیکی و کمترین آن مربوط به شیشه بود.

واژه‌های کلیدی: کانولا، خواص هندسی، خواص ثقلی، خواص اصطکاکی.

### مقدمه

دانه شلغم روغنی (کمتر از ۲٪) و کنجاله ای با حداکثر  $30 \mu\text{moles/g}$  گلوکوزینولات‌ها باشد (۶). با توجه به رشد سریع جمعیت، دستیابی و بهبود منابع غذایی ضروری به نظر می‌رسد. دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین منبع غذایی اصلی در دنیا به شمار می‌آیند (۱). در حال حاضر کانولا پس از سویا، به عنوان مهم‌ترین منبع روغن‌های گیاهی در دنیا مطرح است و این گیاه طی ۲۰ سال اخیر، آفتابگردان، بادام زمینی و هم چنین پنبه‌دانه را به لحاظ میزان تولید جهانی پشت سر نهاده است (۲۳). دانه کانولا حدوداً حاوی ۴۰٪ روغن است و کنجاله حاصل از روغن کشتی آن ۳۵ تا ۴۰٪ پروتئین دارد (۲۳). نسبت ۲:۱

کانولا، عضوی از خانواده بزرگ گیاهان موسوم به براسیکاسه است (۲۲). تاریخچه کانولا به گیاه شلغم روغنی (*Rapeseed*) برمی‌گردد. در دهه ۱۹۷۰ محققین اصلاح نژاد گیاهی در کانادا جهت بهبود ارزش تغذیه‌ای شلغم روغنی، کانولا را عرضه نمودند. در حقیقت کانولا به گیاهانی گفته می‌شود که دارای روغنی با اسید اروسیک کمتر نسبت به

<sup>۱</sup> - استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد. پست

الکترونیکی: [s.razavi@um.ac.ir](mailto:s.razavi@um.ac.ir)

<sup>۲</sup> - دانشجویان کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد.

<sup>۳</sup> - دانش آموختگان کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد.

انبارها ضروری است و ضریب اصطکاک استاتیکی نیز نقش مهمی را در انتقال و انبار نمودن دانه‌ها ایفا می‌کند. بررسی منابع نشان می‌دهد مطالعات متعددی در خصوص خواص فیزیکی بسیاری از دانه‌های روغنی نظیر گلرنگ، ذرت شیرین، سویا، آفتابگردان، دانه انار خشک شده، سورگوم و کنجد صورت گرفته است (۴، ۷، ۸، ۱۲، ۱۵، ۱۷ و ۲۷). علی‌رغم این که برخی از خصوصیات فیزیکی دانه‌های شلغم روغنی نیز توسط کالیسیر و همکارانش در سال ۲۰۰۵ مطالعه شده است (۵)، ولی تاکنون خواص فیزیکی دانه‌های کانولا مورد ارزیابی قرار نگرفته است. در این پژوهش، برخی خواص فیزیکی (ابعاد، میانگین هندسی قطری، ضریب کرویت، وزن هزار دانه، حجم، دانسیته واقعی، دانسیته توده ای، تخلخل، زاویه‌های ریپوز تخلیه و پرکردن و ضریب اصطکاک استاتیکی) چهار وارته رایج دانه کانولا در ایران در سطح رطوبتی اولیه (پس از برداشت و مدت کوتاهی انبار شدن) مورد بررسی قرار گرفته است.

## مواد و روش‌ها

### آماده سازی نمونه

هایولا (*Hyola*)، اس ال ام (*SLM*)، اورینت (*Orient*) و اکاپی (*Okapi*) برخی از رایج ترین وارته‌های کانولای ایران هستند که جهت تعیین خصوصیات فیزیکی در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند. در این میان هایولا یک وارته تابستانی و اس ال ام، اورینت و اکاپی وارته‌های زمستانی هستند (۱). نمونه‌های مورد نیاز در این طرح پژوهشی از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان تهیه شدند. سپس دانه‌ها جهت زدودن مواد خارجی نظیر گرد و غبار، سنگ و کاه به شیوه دستی بوجاری گشتند. میانگین محتوای رطوبت دانه‌ها در محدوده ۵/۲۷ تا

اسید لینولئیک به اسید لینولنیک در روغن کانولا، آن را برای تغذیه انسان بسیار مطلوب کرده است. علاوه بر این، توازن پروتئینی کانولا نیز بسیار حائز اهمیت بوده و تاکنون تحقیقات جالبی در خصوص مصارف انسانی پروتئین آن به انجام رسیده است (۱۱).

کانولا بیشتر در مناطق سرد کانادا، ایالات متحده، آسیا، استرالیا و اروپا رشد می‌کند. تولید جهانی کانولا و شلغم روغنی در سال ۲۰۰۵ با سطح زیر کشت بالغ بر ۲۶/۹۵۰ هکتار، مجموعاً حدود ۴۶/۱۷۱ میلیون تن بوده است (۹). کشت کانولا در ایران از سال ۱۳۷۸ در اکثر نواحی کشور آغاز شده است. میزان تولید کانولا در ایران در سال ۸۰ معادل ۱۱۲۰۰۰ تن و روغن حاصل از آن ۵۵۰۰۰ تن بوده است (۲). پیش‌بینی می‌شود طی برنامه ده ساله استراتژیک مصوب وزارت جهاد کشاورزی جهت گسترش کشت دانه‌های روغنی، میزان کشت کانولا و روغن حاصل از آن به ترتیب به ۱۶۰۰۰۰ تن و ۶۶۴۰۰۰ تن برسد. با توجه به توسعه کشت کانولا در آینده، افزایش میزان مصرف آن و فقدان اطلاعات علمی کافی مربوط به خصوصیات فیزیکی دانه کانولا، استفاده از تجهیزات فراوری نامناسب، منجر به کاهش کارایی و افزایش ضایعات تولید خواهد شد. لذا دسترسی به اطلاعات علمی پایه در رابطه با خصوصیات فیزیکی که نقش مهمی را در طراحی تجهیزات مورد نیاز کاشت، داشت، برداشت، انتقال، انبارداری و فرآیند محصول ایفا می‌کنند، ضروری به نظر می‌رسد. به عنوان مثال، اندازه، شکل و سایر خواص فیزیکی دانه کانولا جهت طراحی تجهیزات فرآیند نظیر خشک‌کن‌ها و سیلوها، ضروری است. میزان تخلخل دانه‌ها در ذخیره سازی، بسته‌بندی و تعیین پایداری توده ای دانه‌ها در برابر جریان هوا حائز اهمیت است. زاویه ریپوز برای تعیین ساختار

$$V = \frac{M_{td}}{\rho_{tol.}} = \frac{(M_t - M_p) - (M_{pts} - M_{ps})}{\rho_{tol.}} \quad (۳)$$

که در این معادله  $M_t$  وزن پیکنومتر حاوی تولوئن،  $M_p$  وزن پیکنومتر،  $\rho_{tol.}$  دانسیته تولوئن،  $M_{pts}$  وزن پیکنومتر حاوی تولوئن و نمونه،  $M_{ps}$  وزن پیکنومتر و نمونه است. سپس دانسیته واقعی ( $\rho_b$ ,  $kgm^{-3}$ ) دانه کانولا با استفاده از معادله (۴) محاسبه شد:

$$\rho_t = \frac{M_{ps} - M_p}{V} \quad (۴)$$

برای اندازه گیری دانسیته توده ای ( $\rho_b$ ,  $kg/m^3$ )، از ظرفی با وزن و حجم مشخص که از بالا با استفاده از دانه‌ها پر می‌شد، استفاده گردید. دانه‌ها با سرعت یکنواخت از ارتفاع ۱۵ سانتیمتری به درون ظرف ریخته می‌شدند (۲۵). پس از پر شدن ظرف، دانه‌های اضافی با دو حرکت مارپیچی یک تخته مسطح روی سطح فوقانی ظرف، تخلیه شده به طوری که دانه‌ها فشرده نشوند. سپس ظرف حاوی دانه‌ها با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شده و نسبت وزن دانه‌های موجود در ظرف به حجم ظرف به عنوان دانسیته توده ای هر وارسته در نظر گرفته شد. تخلخل دانه‌ها ( $\varepsilon$ , %) نیز با استفاده از معادله ذیل محاسبه شده است (۱۶ و ۲۵).

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_t}\right) \times 100 \quad (۵)$$

در این تحقیق جهت تعیین زاویه ریپوز تخلیه، جعبه ای مکعبی شکل از جنس فایبر گلاس، مستقر شده روی یک سطح افقی فایبر گلاس، فاقد سرپوش، به ابعاد  $20 \times 20 \times 20$  سانتیمتر و دارای درب کشویی استفاده گردید. این جعبه توسط دانه‌های کانولا، کاملاً پر شده و پس از هموار کردن سطح فوقانی آن، با برداشتن سریع درب کشویی به دانه‌ها اجازه داده می‌شد جریان یافته و با شیب طبیعی خود تشکیل کپه دهند. سپس زاویه ریپوز تخلیه ( $\theta_c$ ) با اندازه گیری ارتفاع دو سطح آزاد دانه‌ها ( $h_1$  و  $h_2$ ) در دو فاصله افقی

۶/۶۱ درصد با میانگین ۶/۵ درصد (بر اساس وزن مرطوب) به دست آمد. برای سنجش محتوای رطوبت دانه‌ها از یک آون دارای سیستم تبادل هوای گرم با دمای ۳۷۶ درجه کلون به مدت ۷۲ ساعت استفاده گردید (۵).

### تعیین خصوصیات فیزیکی

وزن هزار دانه هر وارسته کانولا با کمک یک شمارنده عددی دانه‌ها مدل الهمل ساخت شرکت همستند<sup>۱</sup> تعیین شد. وزن یک دانه نیز با استفاده از یک ترازوی الکترونیکی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه گیری گردید. جهت تعیین میانگین ابعاد دانه‌ها، ۳۰ عدد دانه به طور تصادفی انتخاب شده و دو بعد آنها یعنی طول ( $L$ ) و قطر ( $D$ ) با استفاده از یک میکرومتر با دقت ۰/۰۰۱ میلیمتر اندازه گیری شد (۲۶). سپس میانگین هندسی قطر ( $D_g$ ) و ضریب کرویت ( $\Phi$ ) با استفاده از فرمول‌های ذیل محاسبه شدند (۵):

$$D_g = (LD^2)^{0.333} \quad (۱)$$

$$\Phi = \frac{(LD^2)^{0.333}}{L} \quad (۲)$$

دانسیته واقعی دانه‌ها به صورت نسبت جرم یک دانه به حجم واقعی آن تعریف می‌شود. حجم واقعی دانه‌ها و دانسیته حقیقی آنها با استفاده از اصل جابجایی مایع<sup>۲</sup> به دست آمد. برای این منظور، به جای آب از تولوئن ( $C_7H_8$ ) استفاده شد، چرا که به میزان خیلی کمتری توسط دانه‌ها جذب می‌شود، کشش سطحی آن کمتر است، قدرت انحلال کمی دارد، منافذ سطحی دانه‌ها را پر می‌کند (۱۹). یکی از روش‌های جابجایی مایع جهت تعیین حجم واقعی هر نمونه، روش استاندارد پیکنومتری است (۱۶). در این روش، حجم واقعی ( $V$ ) دانه کانولا از معادله زیر به دست می‌آید:

<sup>۱</sup> - Elehemel model, Hemstend Company

<sup>۲</sup> - Liquid displacement

تماس نداشته باشد. ساختار مزبور به همراه مکعب فایبر گلاسی مستقر بر روی آن تدریجاً به شکل شیبدار در آمد تا این که مکعب فایبر گلاس حاوی دانه‌های کانولا بر روی سطح استاتیکی به سمت پایین حرکت کند. سپس زاویه حاصل ( $\alpha$ ) با استفاده از یک مقیاس مدرج، خوانده شده و ضریب اصطکاک استاتیکی ( $\mu_s$ ) توسط معادله ذیل به دست آمد (۱۶):

$$\mu_s = \tan \alpha \quad (۸)$$

## نتایج و بحث

### خواص هندسی

داده‌های میانگین و انحراف معیار مربوط به طول، قطر، میانگین هندسی و ضریب کرویت چهار واریته کانولای مورد بررسی (هایولا، اکاپی، اس ال ام و اورینت) در جدول (۱) آورده شده است. در تمامی موارد، هایولا بیشترین مقادیر خواص هندسی را در بین چهار واریته به خود اختصاص داده است. کمترین طول مربوط به واریته اکاپی و کمترین قطر، میانگین هندسی و ضریب کرویت مربوط به واریته اس ال ام است. نتایج انتشار یافته برای خواص هندسی دانه شلغم روغنی نشان داد مقادیر طول، قطر، میانگین هندسی قطر و ضریب کرویت به ترتیب ۲/۰۷، ۱/۸۴، ۱/۹۱ میلی متر و ۹۳٪ است که در مقایسه با نتایج این پژوهش از نظر مقداری مشابه نتایج مربوط به واریته هایولا است (۵).

معین از یک انتهای جعبه ( $x_1$  و  $x_2$ ) و جاگذاری داده‌ها در معادله ذیل به دست آمد (۱۰، ۱۳ و ۲۰):

$$\theta_e = \tan^{-1} \left( \frac{h_2 - h_1}{x_2 - x_1} \right) \quad (۶)$$

برای اندازه گیری زاویه ریپوز پر کردن، از یک استوانه فلزی فاقد سرپوش و کفپوش به قطر ۱۵ سانتیمتر و ارتفاع ۲۵ سانتیمتر استفاده شد که در مرکز یک ظرف فلزی دایره‌ای شکل به قطر ۳۵ سانتیمتر قرار می‌گرفت و توسط دانه‌های کانولا همانند روش قبل کاملاً پر گردید. استوانه فلزی به آرامی به طرف بالا کشیده تا یک توده ای مخروطی شکل از دانه‌ها روی سطح ظرف دایره ای ایجاد شود. بلندترین ارتفاع و قطر این مخروط ( $H$  &  $D$ ) اندازه گرفته شد و با استفاده از معادله ذیل، زاویه ریپوز پر کردن ( $\theta_f$ ) به دست آمد (۱۴):

$$\theta_f = \tan^{-1} \left( \frac{2H}{D} \right) \quad (۷)$$

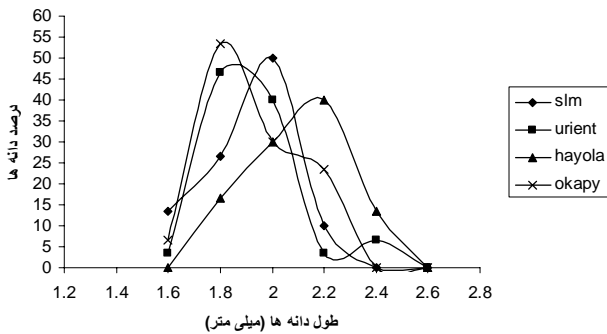
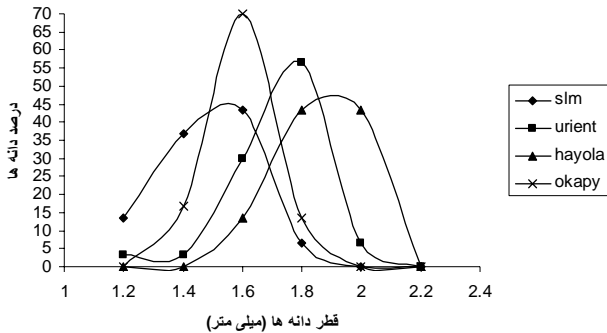
ضریب اصطکاک استاتیکی دانه‌های کانولا روی پنج سطح اصطکاک شامل شیشه، فایبر گلاس، لاستیک، تخته سه لا و ورق آهن گالوانیزه مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، یک مکعب فایبر گلاسی فاقد سرپوش و کفپوش به طول ۱۵، عرض ۱۰ و ارتفاع ۴ سانتیمتر بر روی ساختاری با قابلیت شیبدار شدن که سطوح مورد نظر نیز بر روی آن قرار می‌گرفتند، گذاشته شده و از دانه‌های کانولا پر شد. مکعب فایبر گلاس حاوی نمونه به اندازه کمی (۵ تا ۱۰ میلیمتر) بلند شد تا فایبر گلاس مستقیماً با سطح استاتیکی

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار داده‌های خواص هندسی چهار واریته متداول دانه کانولا در ایران\*

| واريته   | طول (mm)      | قطر (mm)      | میانگین هندسی قطر (mm) | ضریب کرویت (%) |
|----------|---------------|---------------|------------------------|----------------|
| هایولا   | ۲/۱۵۲ ± ۰/۱۵۸ | ۱/۹۳ ± ۰/۱۶۲  | ۲/۰۰۰ ± ۰/۱۴۸          | ۹۳ ± ۴/۳       |
| اکاپی    | ۱/۹۲۵ ± ۰/۱۲۵ | ۱/۶۴۳ ± ۰/۰۸۸ | ۱/۷۳۲ ± ۰/۰۸۵          | ۹۰ ± ۳/۷       |
| اس ال ام | ۱/۹۶۰ ± ۰/۱۶۴ | ۱/۵۴۱ ± ۰/۱۴۰ | ۱/۶۶۹ ± ۰/۱۱۷          | ۸۵ ± ۶/۸       |
| اورینت   | ۱/۹۹۳ ± ۰/۱۷۹ | ۱/۷۷۴ ± ۰/۱۳۹ | ۱/۸۴۰ ± ۰/۱۴۱          | ۹۲ ± ۳/۸       |

\* داده‌های جدول میانگین حداقل ۳۰ تکرار می‌باشند.

تاج خروس، شلغم روغنی، دانه کدو، ماش، پنبه دانه، شاهدانه و کنجد مورد بررسی قرار گرفته است (۳، ۵، ۱۳، ۱۸، ۲۱، ۲۴ و ۲۷).



شکل ۱: توزیع قطر و طول دانه ها

نتایج انتشار یافته برای خواص ثقلی دانه شلغم روغنی نشان داد که مقادیر وزن هزار دانه، حجم، دانسیته توده ای و درصد تخلخل به ترتیب ۵/۱۰ گرم، ۳/۹۶ متر مکعب، ۶۱۲/۱ کیلوگرم بر متر مکعب و ۴۸/۲٪ می باشد (۵). با مقایسه نتایج این دو پژوهش می توان دریافت که درصد تخلخل و وزن هزار دانه بیشتر و دانسیته توده ای کمتر از مقادیر کلیه واریته های مورد بررسی در این مقاله به دست آمده است. تاکنون هیچ گزارشی از اندازه گیری دانسیته واقعی برای دانه شلغم روغنی و کانولا منتشر نشده است.

محققان دیگر نیز خواص هندسی انواع دانه ها نظیر تاج خروس، ماش، پنبه دانه، شاهدانه و کنجد را مورد بررسی قرار داده اند (۳، ۱۸، ۲۱، ۲۴ و ۲۷). برای مثال طول و ضریب کرویت پنبه دانه در اولین سطح رطوبتی (۸/۳۳٪) به ترتیب ۹/۰۲ میلی متر و ۶۲/۶ درصد به دست آمد، در حالی که طول، ضریب کرویت و میانگین هندسی قطر دانه تاج خروس در سطح رطوبتی پس از برداشت (۹/۵٪) به ترتیب ۱/۴۲ میلی متر، ۰/۸۲ و ۱/۱۰ میلی متر گزارش شد. هم چنین طول، میانگین هندسی قطر و ضریب کرویت دانه کنجد در سطح رطوبتی ۳-۴٪ به ترتیب ۲/۸۰، ۱/۵۵، ۰/۵۶ میلی متر و طول و ضریب کرویت شاهدانه در سطح رطوبتی پس از برداشت (۸/۶۲٪) به ترتیب ۳/۷۹ میلی متر و ۷۹/۵٪ به دست آمده اند. منحنی های توزیع اندازه مقادیر میانگین طول و قطر دانه های چهار واریته کانولا تمایل به توزیع نرمال را نشان می دهند (شکل ۱). هم چنین مشاهده می شود که حدود ۹۰٪ دانه های اس/ال/م طولی بین ۱/۶-۲ میلی متر و ۸۶٪ قطری بین ۱/۴-۱/۸ میلی متر دارند. در حالی که ۸۶٪ دانه های هایولا و اکاپی طولی بین ۱/۸ تا ۲/۲ میلی متر، ۸۶٪ دانه های هایولا و اکاپی به ترتیب قطری بین ۱/۸-۲ میلی متر و ۱/۸-۱/۶ میلی متر دارند.

## خواص ثقلی

جدول (۲) نتایج میانگین و انحراف معیار داده های وزن هزار دانه، حجم، دانسیته واقعی، دانسیته توده ای و تخلخل چهار واریته کانولای مورد بررسی در این تحقیق را نشان می دهد. بیشترین مقدار وزن هزار دانه، حجم، تخلخل و کمترین مقدار دانسیته توده ای مربوط به واریته هایولا بوده است، در حالی که کمترین میزان وزن هزار دانه و حجم و بیشترین میزان دانسیته توده ای متعلق به واریته اس/ال/م می باشد. خواص ثقلی برای دانه های متعددی نظیر دانه ی

جدول ۲: میانگین و انحراف معیار داده‌های خواص ثقلی چهار واریته متداول دانه کانولا در ایران

| تخلخل (%) | دانسیتة توده ای** (kg/m <sup>3</sup> ) | دانسیتة واقعی* (kg/m <sup>3</sup> ) | حجم* (mm <sup>3</sup> ) | وزن هزار دانه (g) | واریته   |
|-----------|--|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|----------|
| ۴۴/۰۲     | ۷۱۰/۹۲±۲/۸۰                            | ۱۲۷۰ ±۲۰/۸۱                         | ۳/۲۰±۰/۹۵               | ۴/۰۷±۰/۰۰۹        | هایولا   |
| ۳۷/۰۰     | ۷۲۸/۲۱±۳/۲۴                            | ۱۱۵۶±۴۳/۵۹                          | ۲/۸۳±۰/۴۵               | ۳/۲۷±۰/۰۱۰        | اکابی    |
| ۳۷/۶۰     | ۷۳۸/۷۹±۲/۶۰                            | ۱۱۸۴±۴۱/۶۳                          | ۲/۶۲±۰/۵۴               | ۳/۱۱±۰/۰۰۶        | اس ال ام |
| ۴۳/۳۷     | ۷۳۷/۲۵±۱/۸۲                            | ۱۳۰۲±۱۷/۳۲                          | ۲/۳۴±۰/۸۴               | ۳/۰۶±۰/۰۰۳        | اورینت   |

\*داده‌های حجم و دانسیته واقعی میانگین حداقل پنج تکرار می‌باشند.  
\*\*داده‌های دانسیته توده ای میانگین حداقل ده تکرار می‌باشند.

ضریب اصطکاک استاتیکی برای انواع دانه‌ها نظیر شلغم روغنی، ذرت شیرین، ماش، پنبه دانه، شاهدانه و کنجد توسط محققان اندازه گیری شده است (۵، ۷، ۱۸، ۲۱، ۲۴ و ۲۷). نتایج ضریب اصطکاک استاتیکی و دینامیکی دانه شلغم روغنی روی سطوح تخته سه لا، آهن و آهن گالوانیزه نشان داد که بیشترین ضریب اصطکاک استاتیکی مربوط به سطح تخته سه لا است (۵). ضریب اصطکاک استاتیکی پنبه دانه بر سطوح استیل، آهن گالوانیزه، تخته سه لا و لاستیک به ترتیب ۰/۲۷، ۰/۳۸، ۰/۳۹ و ۰/۴۲ گزارش شده است که در این مورد بیشترین میزان ضریب اصطکاک استاتیکی مربوط به سطح لاستیک می‌باشد (۲۱). ضریب اصطکاک استاتیکی دانه کنجد روی سطوح شیشه، استیل، آهن گالوانیزه و تخته سه لا به ترتیب ۰/۳۹، ۰/۵۲، ۰/۴۱ و ۰/۵۴ به دست آمده اند، که شیشه کمترین و تخته سه لا بیشترین ضریب اصطکاک استاتیکی را به خود اختصاص داده است (۲۷). ضریب اصطکاک استاتیکی روی سطوح لاستیک، آلومینیوم، استیل، آهن گالوانیزه برای ذرت شیرین در اولین سطح رطوبتی مورد بررسی به ترتیب ۰/۴۰۲، ۰/۳۲۱، ۰/۲۶۷ و ۰/۳۶۴ گزارش شده است (۷). در شاهدانه ضریب اصطکاک استاتیکی روی سطوح لاستیک، تخته سه لا و آهن گالوانیزه اندازه گیری شد و بیشترین مقدار ضریب اصطکاک روی سطح لاستیک به دست آمد

بررسی منابع نشان می‌دهد که دانسیته توده ای پنبه دانه ۶۴۲ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد (۲۱). در حالی که حجم، دانسیته واقعی، دانسیته توده ای و میزان تخلخل دانه تاج خروس در اولین سطح رطوبتی مورد بررسی به ترتیب ۰/۶۵ متر مکعب، ۱۳۹۰ کیلوگرم بر متر مکعب، ۸۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ۴۰٪ به دست آمده است (۳). در ضمن دانسیته واقعی و دانسیته توده ای دانه کنجد در سطح رطوبتی ۳-۴٪ به ترتیب ۱۲۲۴ و ۵۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب بوده است (۲۷). برای ذرت شیرین دانسیته واقعی ۱۱۳۳ و دانسیته توده ای ۴۸۲ کیلوگرم بر متر مکعب؛ برای ماش دانسیته واقعی و تخلخل به ترتیب ۱۲۸۶ کیلوگرم بر متر مکعب و ۳۳/۰۸٪ و برای شاهدانه، دانسیته واقعی و دانسیته توده ای به ترتیب برابر ۵۵۷ و ۱۰۴۳ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شده است (۷، ۱۸ و ۲۴).

### خواص اصطکاک

نتایج زاویه‌های ریپوز (پر کردن و تخلیه) و ضریب اصطکاک استاتیکی روی سطوح شیشه، فایبر گلاس، آهن گالوانیزه، لاستیک و تخته سه لا برای چهار واریته دانه کانولا در جدول (۳) آورده شده است. ملاحظه می‌شود در کلیه واریته‌ها کمترین ضریب اصطکاک استاتیکی مربوط به شیشه و بیشترین آن مربوط به لاستیک می‌باشد.

(۲۴). ضریب اصطکاک استاتیکی روی سطوح لاستیک، آلومینیوم، استیل و آهن گالوانیزه برای ماش نیز به ترتیب ۰/۳۵۰، ۰/۳۱۹، ۰/۲۰۲ و ۰/۳۱۲ گزارش شده است (۱۸). احتمالاً اختلاف در مقادیر به دست آمده برای ضریب اصطکاک واریته‌های مختلف به دلیل تفاوت در مقدار رطوبت، ابعاد و ضریب کرویت آنها می‌باشد (جدول ۱). با ملاحظه داده‌های جدول (۳) می‌توان دریافت که بیشترین و کمترین مقادیر زاویه ریپوز تخلیه به ترتیب برای واریته‌های *اس ال ام* و *اورینت* به دست آمده است. در حالی که بیشترین مقدار زاویه ریپوز پر کردن مربوط به واریته *اس ال ام* و کمترین زاویه ریپوز پر کردن مربوط به واریته *هایولا* است. زاویه ریپوز نیز برای برخی دانه‌ها نظیر شاهدانه و کنجد اندازه‌گیری شده است (۲۴ و ۲۷)، ولی تاکنون هیچ گزارشی از اندازه‌گیری زاویه ریپوز برای شلغم روغنی و کانولا منتشر نشده است. زاویه ریپوز پر کردن برای کنجد در سطح رطوبتی مورد بررسی ۳۲ و برای شاهدانه ۲۴/۶ گزارش شده است.

جدول ۳: میانگین و انحراف معیار داده‌های خواص اصطکاکی چهار وارپته متداول دانه کانولا در ایران\*

| ضریب اصطکاک استاتیکی** |        |               |            |       | زاویه ریپوز (درجه) |            | وارپته     |
|------------------------|--------|---------------|------------|-------|--------------------|------------|------------|
| تخته سه لا             | لاستیک | آهن گالوانیزه | فایبر گلاس | شیشه  | تخلیه              | پرکردن     |            |
| ۰/۳۶۵                  | ۰/۳۹۳  | ۰/۳۰۷         | ۰/۲۸۴      | ۰/۲۵۴ | ۲۶/۲۳±۰/۱۲         | ۲۷/۸۸±۰/۲۲ | هابولا     |
| ۰/۳۷۹                  | ۰/۳۹۵  | ۰/۳۰۳         | ۰/۲۹۰      | ۰/۲۶۹ | ۴۲±۰/۱۲۵<br>۲۶     | ۲۸/۱۸±۰/۳۳ | اکاپی      |
| ۰/۴۲۰                  | ۰/۴۳۶  | ۰/۳۱۶         | ۰/۳۳۴      | ۰/۳۰۱ | ۲۷/۶۰±۰/۲۱         | ۲۸/۵۴±۰/۲۰ | اس. ال. ام |
| ۰/۳۵۸                  | ۰/۳۷۲  | ۰/۳۰۱         | ۰/۲۶۰      | ۰/۲۵۲ | ۲۵/۴۸±۰/۳۳         | ۲۸/۰۳±۰/۲۱ | اورپنت     |

\* داده‌های جدول میانگین حداقل پنج تکرار می‌باشند.

\*\* به دلیل مقادیر بسیار کم انحراف معیار از ذکر آن‌ها صرف نظر شده است.

## منابع

- ۱- شریعتی، ش. و قاضی شهنی زاده، پ.؛ ۱۳۷۹، کلزا، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی.
- ۲- شیرازی، پ.، ۱۳۸۲، روزنامه جام جم، [www.jamejam daily newspaper.htm](http://www.jamejam daily newspaper.htm)
- 3- Abalone, R., A, Cassinera., A, Gaston, and M. A., Lara, 2004. Some physical properties of Amaranth Seeds. *Biosystems Engineering*, 89(1), 109-117.
- 4- Baumler, E., C. A, Adela., S. M, Nolasco. and I. C, Riccobene. 2006. Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. *Journal of Food Engineering* 72, 134-140.
- 5- Calisir, S., T, Marakoglu., H, Ogut. and O, Ozturk. 2005. Physical properties of rapeseed. *Journal of Food Engineering*, 69, 61-66.
- 6- Codex Standard for Named Vegetable Oils. 1999. CODEX-STAN 210-1999, 1-16.
- 7- Coşkun, M. B., İ, Yalçın. and C, Özarslan, 2005, Physical properties of sweet corn seed (*Zeamays Saccharata Sturt.*), *Journal of Food Engineering*, 74 (4), 523-528.
- 8- Deshpande, S. D., S, Bal. and T. P, Ojha. 1993. Physical Properties of Soybean, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 56 (2), 89-98.
- 9- Food and Agriculture Organization (FAO), 2005, <http://faostat.fao.org/>
- 10- Fraser, B. M., S. S, Verma. and W. E, Muir. 1978. Some physical properties of Faba beans. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 23(1), 53-57.
- 11- Ghodsvali, A., M. H, Haddad Khodaparast., V, Vosoughi. and L. L, Diosady. 2005. Preparation of canola protein materials using membrane technology and evaluation of meals functional properties, *Food Research International*, 38 (2), 223-231.
- 12- Gupta, R. K. and S. K, Das. 1997. Physical properties of sunflower seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66, 1-8.



- 13- Joshi, D. C., S. K, Das. and R. K. Mukherjee. 1993. Physical properties of pumpkin seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 54(3), 219–229, doi: 10.1006/jaer.1993.1016
- 14- Kaleemullah, S. and J. J, Gunasekar. 2002. Moisture-dependent physical properties of areca nut kernels. *Biosystem Engineering*, 82(3), 331–338.
- 15- Kingsly A.R.P., D. B, Singh., M. R, Manikantan. and R. K, Jain. 2006. Moisture dependent physical properties of dried pomegranate seeds (Anardana). *Journal of Food Engineering* 75(4) 492-496.
- 16- Mohsenin, N. N. 1970. *Physical properties of plant and animal material*. New York, Gordon and breach Science publishers.
- 17- Mwithiga, G. and M. M, Sifuna. 2006. Effect of moisture content on the physical properties of three varieties of sorghum seeds, *Journal of Food Engineering*, 75 (4), 480-486 .
- 18- Nimkar, P. M. and P. K, Chattopadhyay. 2001. Some physical properties of green gram, *Journal of Agricultural Engineering Research*. 80(2), 183-189.
- 19- Ogut, H. 1998. Some physical properties of white lupin. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 56, 273–277.
- 20- Oje, K. and E. C, Ugbor, 1991. Some physical properties of oil bean seed. *Journal of Oil Bean Seed*, 50, 305–313.
- 21- Ozarslan, C. 2002. Physical Properties of Cotton Seed. *Biosystems Engineering* 83 (2), 169–174.
- 22- Rahn , D. 1993. Canola Teaching Old Plant New Tricks. *University of Georgia Research Magazine*, 23(3).[www.ovpr.uga.edu/researchnews/93f/canola.html](http://www.ovpr.uga.edu/researchnews/93f/canola.html)
- 23- Raymer, P.L. 2002. Canola: An emerging oilseed crop. p. 122–126. In: J. Janick and A. Whipkey (eds.), *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA.
- 24- Sacilik, K., R, Ozturk. and R, Keskin. 2003. Some Physical Properties of Hemp Seed. *Biosystems Engineering* 86 (2), 191–198.
- 25- Singh, K. K. and T. K, Goswami. 1996. Physical properties of cumin seed. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 64(2), 93–98.
- 26- Tabatabaeefar, A. 2003. Moisture dependent physical properties of wheat. *International Agrophysics*. 17, 207-211.
- 27- Tunde T.Y-Akintunde1 and B. O, Akintunde. 2004. Some Physical Properties of sesame seed. *Biosystems Engineering* 88 (1), 127–129.

## Some Physical Properties of Iranian Varieties of Canola Seeds

S. M. A. Razavi<sup>6</sup>, S. Yeghanehzad<sup>7</sup>, A. Sadeghi<sup>2</sup>, Sh. Ebrahimzadeh<sup>8</sup> and E. Niazmand<sup>3</sup>

### Abstract

In this study, Geometrical, Gravimetical and Frictional properties of four common varieties of Iranian canola seeds (namely: *SLM*, *Hyola*, *Okapi*, *Orient*), containing the mean moisture value of 6.5% (w.b.) were investigated. Geometrical and Gravimetical properties included length, diameter, geometric mean diameter, sphericity, thousand seed mass, volume, true density, bulk density and porosity. The results indicated that the length ranged from 1.925 to 2.153 mm and diameter from 1.54 to 1.93 mm. Maximum geometric mean diameter was 2 mm in *Hyola* and minimum was 1.669 in *SLM* and maximum sphericity was 0.93 in *Hyola* and minimum 0.85 in *SLM*. Thousand seed mass ranged from 3.06 to 4.07 g, volume from 2.34 to 3.25 mm<sup>3</sup> in *Orient* and *Hyola* varieties, true density from 1156 to 1302 kg/m<sup>3</sup> in *Okapi* and *Orient*, bulk density from 710.92 to 738.79 kg/m<sup>3</sup> in *Hyola* and *SLM* and porosity ranged from 37-44.02% in *Okapi* and *Hyola*. Also, in this research, Frictional properties of canola seeds including filling and emptying angle of repose, static coefficient of friction on five surfaces (galvanized iron, glass, fiberglass, rubber and plywood) were measured. Filling and emptying angle of repose ranged from 27.88° to 28.54° and 25.48° to 27.60°, respectively. In all four varieties, the highest static coefficient of friction was obtained for rubber and the least for glass.

**Key words:** Canola, Geometrical properties, Gravimetical properties, Frictional properties.

---

6- Department of food science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

E-mail:s.razavi@um.ac.ir

7- Msc. students, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

8- Former Msc. Students, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.