

تعیین برخی خواص فیزیکی دانه کلزا (واریته لیکورد) عبدالله ایمان‌مهر، برات قبادیان، سعید مینائی و جواد فردمال*

* به ترتیب دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، نشانی: تهران، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ص. پ. ۳۳۶-۱۴۱۱۵، تلفن: ۴۴۱۹۴۹۱۱ (۰۲۱)، پیام‌نگار: imanmehr@modares.ac.ir؛ دانشیاران گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس؛ و دانشجوی دکتری آمار زیستی دانشگاه تربیت مدرس
تاریخ دریافت مقاله: ۸۴/۱۰/۱۰؛ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۵/۵/۲۱

چکیده

دانستن خصوصیات فیزیکی دانه‌های کلزا برای طراحی بهینه دستگاه‌هایی که در انتقال، جابه‌جایی، فرآوری و ذخیره این محصول به کار می‌رود، لازم است. در این مطالعه، برخی خصوصیات فیزیکی دانه کلزا اندازه‌گیری و ارزیابی شد. در این آزمایش‌ها خواص فیزیکی دانه‌های کلزا (واریته لیکورد) شامل، ابعاد محوری، قطر میانگین هندسی، سطح جانبی، سطح مقطع، حجم، کرویت و شاخص شکل دانه‌ها در ۳ سطح رطوبتی (بر پایه وزن تر) با ۱۰ تکرار اندازه‌گیری شد. آنالیز واریانس نتایج نشان داد که خواص فیزیکی دانه‌ها در سطح ۱ درصد در سطوح مختلف رطوبتی دارای اختلاف معنی‌داری است. ارتباط بین خواص اندازه‌گیری شده و درصد رطوبت دانه‌ها به کمک روابط رگرسیونی بیان شد. مقایسه میانگین به روش دانکن نشان داد که با افزایش درصد رطوبت دانه‌ها، اندازه ابعاد محوری، سطح جانبی، سطح مقطع و حجم دانه‌ها افزایش و درصد کرویت و شاخص شکل دانه‌ها کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی

ابعاد هندسی، خواص فیزیکی، دانه کلزا، کرویت، واریته لیکورد

مقدمه

خاک‌ها امکان‌پذیر است. مقدار روغن دانه کلزا در حدود ۴۰ تا ۴۵ درصد وزن کل دانه است. روغن حاصل به مصرف تولید مارگارین یا کره نباتی می‌رسد. تفاله حاصل که در حدود ۲۵ درصد پروتئین و ۱۰ درصد روغن دارد، به مصرف خوراک دام می‌رسد. دانه کلزا ریز، گرد، قهوه‌ای تا قهوه‌ای سیاه است؛ وزن هزار دانه کلزا ۳/۵ تا ۷ گرم است (Saadat lajevardi, 1980). خصوصیات فیزیکی دانه‌های روغنی مثل کلزا برای طراحی دستگاه‌های مورد نیاز جهت عملیات انتقال، برداشت و ذخیره‌سازی دانه‌ها یا تعیین رفتار حرکتی آنها برای جابه‌جایی ضروری است

بیش از ۳۵۰ نوع دانه روغنی در دنیا وجود دارد. پس از غلات، دانه‌های روغنی دومین ذخایر غذایی جهان را شامل می‌شوند و کلزا یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی در سطح جهان است. آمار FAO نشان می‌دهد که کلزا از نظر کمیت سومین منبع تولید روغن نباتی جهان به شمار می‌رود (Nazardad, 2001). کلزا در حال حاضر بزرگ‌ترین منبع تولید بیودیزل در دنیا است. عملکرد روغن کلزا در حدود ۱۸۸۰-۹۴۰ لیتر بر هکتار است (Tickel, 2000). کلزا در اغلب مناطق ایران نیز کشت می‌شود و کشت آن در اکثر

دسیکاتور سرد و دوباره وزن و مقدار رطوبت اولیه نمونه‌ها به طور میانگین (بر پایه وزن تر) محاسبه شد.

تهیه نمونه‌هایی با رطوبت‌های مختلف

برای بررسی تأثیر رطوبت بر خواص فیزیکی دانه‌ها، نمونه‌هایی با رطوبت‌های مختلف تهیه شد. برای این کار، بسته‌های ۱۰۰ گرمی انتخاب و بر اساس رطوبت نهایی مورد نظر، مقداری مشخص آب مقطر به آنها افزوده شد و به طور کامل با دانه‌ها مخلوط گردید. پس از آن نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و در یخچال با دمای ۵ درجه سلسیوس به مدت یک هفته نگهداری شد تا رطوبت بتواند به طور یکنواخت در تمامی سطح دانه‌ها توزیع شود (Calisir et al., 2005). سپس، با خارج کردن نمونه‌ها از یخچال فرصت داده شد تا به اندازه دمای آزمایشگاه گرم شوند. بدین ترتیب، سطوح رطوبتی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد (بر پایه وزن تر) تهیه شد.

(Sahay & Singh, 1994). برخی خصوصیات فیزیکی دانه کلزا را کلزیسر و همکاران (Calisir et al., 2005) در سه سطح رطوبتی ۴/۷، ۱۳/۱۴ و ۲۳/۹۶ درصد (بر پایه وزن تر) اندازه‌گیری و آنالیز کردند. بر اساس نتایج به دست آمده، تمام ابعاد دانه‌ها با افزایش سطح رطوبتی افزایش می‌یابد. تخلخل، سطح مقطع، وزن هزار دانه و سرعت حد دانه‌ها با افزایش رطوبت افزایش و دانسیته حجمی و کرویت کاهش می‌یابد (Calisir et al., 2005). از نکات لازم برای توسعه سطح زیر کشت گیاه کلزا، حفظ کیفیت دانه‌ها در جریان تولید و فرآوری است. برای طراحی وسایل و سیستم‌های کارآمد در زمینه انتقال و ذخیره‌سازی، دانستن خواص فیزیکی و آئرونامیکی این محصول ضروری است. بررسی اثر سطوح رطوبتی بر خواص فیزیکی دانه کلزا (ابعاد، سطح جانبی، سطح مقطع، حجم، کرویت و شاخص حالت دانه) هدف این تحقیق است.

مواد و روش‌ها

مواد

دانه‌های کلزا (واریت لیکورد) از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، بخش دانه‌های روغنی تهیه شد. دانه‌ها، پس از بسته‌بندی در کیسه‌های نایلونی ۵۰۰ گرمی به آزمایشگاه منتقل و در دمای ۵ درجه سلسیوس نگهداری شد.

تعیین رطوبت اولیه دانه‌ها

برای تعیین درصد رطوبت اولیه دانه‌های کلزا، طبق دستورالعمل استاندارد مهندسان کشاورزی آمریکا اقدام شد (Anon, 1999). برای این منظور از هر بسته سه نمونه به وزن ۱۰ گرم انتخاب و به مدت ۴ ساعت در دمای ۱۳۰ درجه سلسیوس در آون قرار داده شد. پس از آن، نمونه‌ها با

تعیین خواص فیزیکی دانه‌های مورد آزمایش

اندازه‌گیری ابعاد هندسی دانه‌ها

سه بعد اصلی دانه‌ها شامل قطر بزرگ، قطر متوسط و قطر کوچک آنها با کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. با کمک این سه بعد، قطر میانگین هندسی (d_g)، ضریب کرویت (ϕ)، حجم (V)، سطح مقطع (S_p)، ضریب حالت (R_g) دانه‌ها از روابط ۱ تا ۵ به دست آمد (Mohsenin, 1970):

$$d_g = (a.b.c)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

$$\phi = \left(\frac{d_g}{a}\right) \times 100 \quad (2)$$

تعیین برخی خواص فیزیکی دانه کلزا (واریته لیکورد)

رگرسیون خواص فیزیکی محاسبه گردید. داده‌های به دست آمده برای پارامترهای مختلف با نرم‌افزار SPSS 13 تجزیه و تحلیل شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها

تجزیه واریانس نتایج صفات مورد بررسی در جدول ۱ آورده شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که تأثیر میزان رطوبت در مورد همه خواص فیزیکی اندازه‌گیری شده در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین به روش دانکن برای خواص مختلف (جدول ۲) نشان می‌دهد که با افزایش درصد رطوبت دانه‌ها، اندازه ابعاد محوری، سطح جانبی، سطح مقطع، حجم دانه‌ها افزایش و درصد کرویت و شاخص شکل دانه‌ها کاهش می‌یابد. از آنجا که با کاهش درصد کرویت مواد، قابلیت جریان‌پذیری آنها کاهش و توان لازم برای انتقال افزایش می‌یابد لذا در مبحث انتقال دانه‌ها جهت سیلو کردن، کاشت، یا دیگر فرآیندهای دانه‌های کلزا باید رطوبت دانه‌ها را در حداقل مقدار تثبیت کرد.

بررسی تأثیر رطوبت بر خواص فیزیکی دانه‌ها

ابعاد محوری دانه‌ها

ابعاد محوری دانه‌ها به چند دلیل با اهمیت‌اند:

اولاً، شناخت ابعاد محوری در تعیین و طراحی اندازه حفره‌های ماشین‌های انتقال‌دهنده دانه‌ها، مانند ماشین‌های دقیق‌کار لازم است. ثانیاً، بعد ماکزیمم دانه نشان‌دهنده موقعیت سکون (خوابیدگی) طبیعی دانه است و در محاسبه نیروی فشاری که باعث پارگی (ترک) مکانیکی دانه می‌شود مؤثر است. ثالثاً، قطر میانگین هندسی دانه در تعیین سطح مقطع دانه‌ای که در حال حرکت در ناحیه آشفته یا تقریباً آشفته جریان هواست اهمیت دارد.

$$V = \frac{\pi B^2 a^2}{6(2a - B)} \quad (3)$$

$$B = (bc)^{\frac{1}{2}} \quad \text{که:}$$

$$S_p = \pi \frac{d_g^2}{4} \quad (4)$$

$$R_a = \left(\frac{b}{a}\right) \times 100 \quad (5)$$

برای محاسبه سطح جانبی دانه‌ها، (S)، از رابطه ۶ استفاده شد (McCabe et al., 1986):

$$S = \pi d_g^2 \quad (6)$$

چین و بال، روابط ۷ و ۸ را برای محاسبه ضریب کرویت (ϕ') و سطح جانبی دانه (S) ارائه دادند. از این روابط به عنوان روش دوم در محاسبه این دو پارامتر استفاده شد (Jain & Bal, 1997):

$$\phi' = \left[\frac{B(2a - B)}{a^2} \right]^{(1/3)} \quad (7)$$

$$S' = \frac{\pi B a^2}{2a - B} \quad (8)$$

روش تحلیل آماری داده‌ها

در این مطالعه، خواص فیزیکی دانه‌های کلزا شامل ابعاد، قطر متوسط هندسی، سطح جانبی، سطح مقطع، حجم، کرویت و شاخص حالت در ۳ سطح رطوبتی اندازه‌گیری شد. داده‌های جمع‌آوری شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تکرار آنالیز و میانگین داده‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد. سرانجام روابط همبستگی و

جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس خواص فیزیکی اندازه‌گیری شده دانه‌های کلزا

میانگین مربعات

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر بزرگ	قطر متوسط	قطر کوچک	قطر میانگین هندسی	سطح جانبی (معادله ۶)	سطح جانبی (معادله ۸)	سطح منقطع	حجم	کروییت (معادله ۲)	کروییت (معادله ۷)	شاخص حالت
بین گروه‌ها	۲	۰/۰۹۶ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۱۶۹ ^{ns}	۰/۰۲۸۴ ^{ns}	۰/۵۰۹ ^{ns}	۰/۰۷۹ ^{ns}	۰/۴۵۳ ^{ns}	۰/۴۲۲ ^{ns}	۶۴/۷۷ ^{ns}	۰/۱۲۷ ^{ns}	۳۸/۰۴ ^{ns}
درون گروه‌ها	۳۷	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱۱	۰/۱۱۳	۰/۰۰۴۹	۰/۰۱۰۸	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۵۷	۱/۰۸۷	۰/۰۰۱۲	۰/۳۲۶

* اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد. ** اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد. NS نبود اختلاف معنی دار

جدول ۲- مقایسه میانگین خواص دانه‌های کلزا در سطوح مختلف رطوبتی به روش دانکن

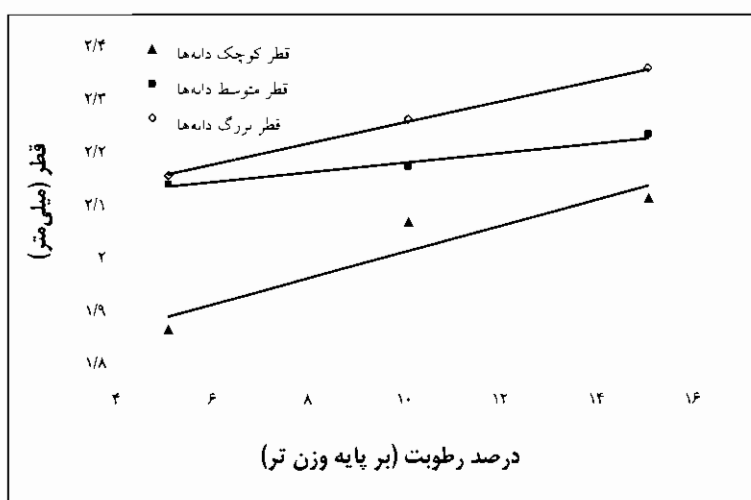
میانگین

سطح رطوبتی (درصد)	قطر بزرگ	قطر متوسط	قطر کوچک	قطر میانگین هندسی	سطح جانبی (معادله ۶)	سطح جانبی (معادله ۸)	سطح منقطع	حجم	کروییت (معادله ۲)	کروییت (معادله ۷)	شاخص حالت
۵	۲/۱۵۶C	۲/۱۴۰C	۱/۸۶۵C	۲/۰۹۵B	۱۳/۳۳C	۱۴/۰۷C	۳/۴۸C	۴/۶۱۳C	۹۶/۹۶A	۹۹/۶۷A	۹۵/۶۱A
۱۰	۲/۳۶۲B	۲/۱۷۲B	۲/۰۶۲B	۲/۱۹۱B	۱۳/۵۸B	۱۴/۳۴B	۳/۶۶B	۴/۸۵۲B	۹۳/۳۴B	۹۹/۵۵B	۹۳/۷۲B
۱۵	۲/۳۵۳A	۲/۳۲۰A	۲/۱۱۲A	۲/۴۳۳A	۱۳/۷۸A	۱۴/۶۳A	۳/۹۰A	۵/۰۲۲A	۹۰/۸۷C	۹۹/۴۵C	۹۱/۷۱C

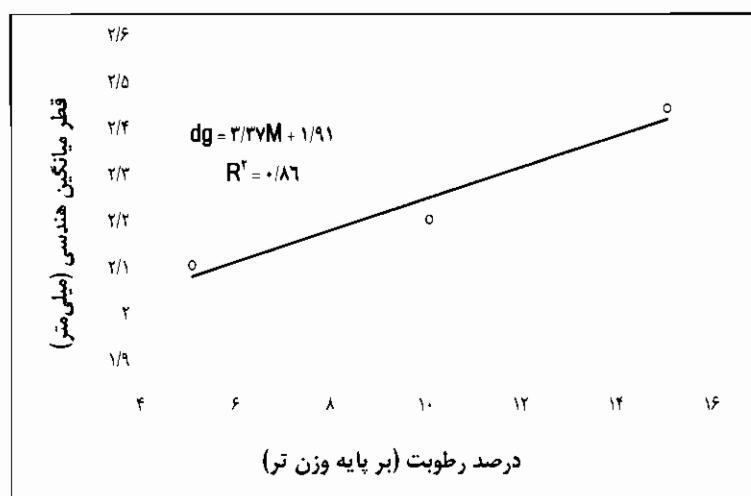
تعیین برخی خواص فیزیکی دانه کلزا (واریته لیکورد)

مرتبط دانست. کلیزیر و همکاران (Calisir *et al.*, 2005) و دشپاند و همکاران (Deshpande *et al.*, 1993) به ترتیب افزایش خطی در دانه‌های کلزا و سویا را گزارش کرده‌اند. روند افزایش قطر میانگین هندسی نسبت به افزایش درصد رطوبت (بر پایه وزن تر) در شکل ۲ نشان داده شده است.

در این تحقیق همبستگی زیادی بین ابعاد هندسی دانه‌ها و سطوح رطوبتی مشاهده شد. با افزایش درصد رطوبت دانه‌ها در محدوده ۵-۱۵ درصد، اندازه ابعاد محوری دانه‌ها افزایش یافته است (شکل ۱). دلیل این پدیده را می‌توان به تورم بافت سلولی و نفوذپذیری آب در دانه‌های کلزا



شکل ۱- نمودار تغییرات رطوبتی قطر دانه‌های کلزا



شکل ۲- نمودار تغییرات رطوبتی قطر میانگین هندسی دانه‌ها

$$S_p = 4.24M + 3.26 \quad (R^2 = 0.85) \quad (11)$$

حجم دانه‌ها

روند تغییرات حجم دانه‌ها در سطوح مختلف رطوبتی در شکل ۴ نشان داده شده است. با افزایش رطوبت از ۵ تا ۱۵ درصد، دانه‌ها با جذب رطوبت متورم شده و در نتیجه افزایش حجم داشته‌اند. دشیپاند و همکاران (Deshpande *et al.*, 1993)، بال (Bal, 1978) و دوتا و همکاران (Dutta *et al.*, 1988) افزایش خطی در حجم دانه‌ها را با افزایش مقدار رطوبت به ترتیب برای سویا، شلتوک و نوعی باقلا گزارش کرده‌اند. افزایش رطوبت باعث نرم شدن بافت سخت دانه‌ها و تا اندازه‌ای لهیدگی پوسته آنها در رطوبت‌های بالا می‌شود. رابطه رگرسیونی حجم و رطوبت با استفاده از معادله ۳ به صورت زیر است:

$$V = 4.09M + 4.42 \quad (R^2 = 0.83) \quad (12)$$

کرویت و شاخص حالت دانه‌ها

کرویت و شاخص حالت، از معیارهای تعیین شکل دانه به شمار می‌روند و توصیف قابل درکی از شکل دانه ارائه می‌دهند. تغییرات درصد کرویت و شاخص حالت در سطوح مختلف رطوبتی در شکل ۵ نشان داده شده است. بر اساس شکل ۵، با استفاده از معادله ۷، تغییرات درصد کرویت با افزایش درصد رطوبت جزئی است در صورتی که با استفاده از معادله ۲ تغییرات درصد کرویت بیشتر است. بنابراین، معادله ۲ برای بیان درصد کرویت دانه‌های کلزا معیار مناسب‌تری است. در مجموع باید متذکر شد که با افزایش میزان رطوبت، درصد کرویت و شاخص شکل دانه‌ها کاهش می‌یابد و دلیل عمده آن تغییرات حاصل در ساختار پوسته دانه‌ها (چروکیدگی و تورم) ناشی از جذب

سطح جانبی و سطح مقطع دانه‌ها

سطح مقطع دانه معمولاً نشان‌دهنده الگوی رفتاری دانه در سیالی در حال حرکت مانند هواست و در بعضی فرآیندها نظیر جداسازی مواد اضافی از دانه‌ها در خلال عملیات تمیزسازی با وسایل نیوماتیکی از آن استفاده می‌شود. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که با افزایش درصد رطوبت دانه‌ها، سطح جانبی و سطح مقطع دانه‌ها افزایش می‌یابد. کلزیر و همکاران (Calisir *et al.*, 2005) و دشیپاند و همکاران (Deshpande *et al.*, 1993) نیز نشان دادند که به ترتیب سطح مقطع دانه‌های کلزا و سطح جانبی دانه‌های سویا به صورت خطی با رطوبت افزایش می‌یابد. کارمان نیز برای سطح مقطع دانه‌های عدس روابط مشابهی به دست آورد (Carman, 1996). شکل ۳، روند تغییرات مقادیر سطح جانبی و سطح مقطع دانه‌ها را با افزایش درصد رطوبت نشان می‌دهد. معادله ۸، نسبت به معادله ۶، سطح جانبی بیشتری را نمایش می‌دهد که این اختلاف به دلیل تفاوتی است که در شکل دانه‌ها برای معادلات فرض شده است. روابط رگرسیونی برای سطح جانبی و سطح مقطع از قرار زیر است. رابطه رگرسیونی سطح جانبی محاسبه شده با استفاده از معادله ۶:

$$S = 4.5M + 13.12 \quad (R^2 = 0.88) \quad (9)$$

رابطه رگرسیونی سطح جانبی محاسبه شده با استفاده از معادله ۸:

$$S' = 5.62M + 13.78 \quad (R^2 = 0.84) \quad (10)$$

رابطه رگرسیونی سطح مقطع محاسبه شده با استفاده از معادله ۴:

تعیین برخی خواص فیزیکی دانه کلزا (واریته لیکورد)

رطوبت است. روابط رگرسیونی برای درصد کروییت معادله ۷:

و شاخص شکل از قرار زیر است:

$$\phi' = -2.24M + 99.78 \quad (R^2 = 0.87) \quad (14)$$

معادله ۲:

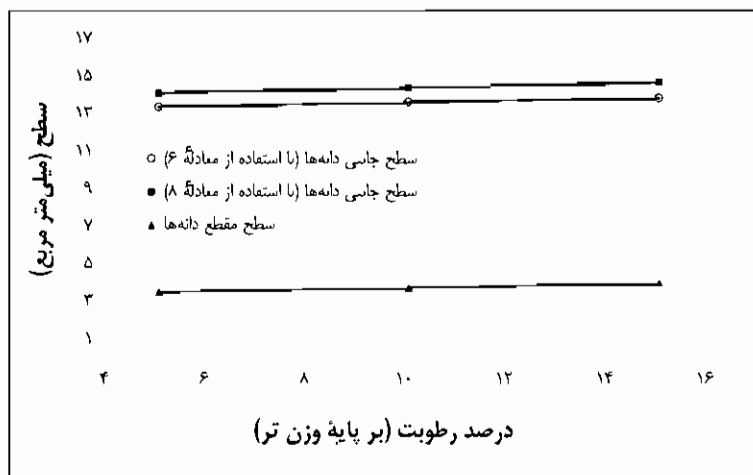
رابطه رگرسیونی شاخص شکل محاسبه شده با استفاده از

$$\phi = -50.89 M + 98.48 \quad (R^2 = 0.81) \quad (13)$$

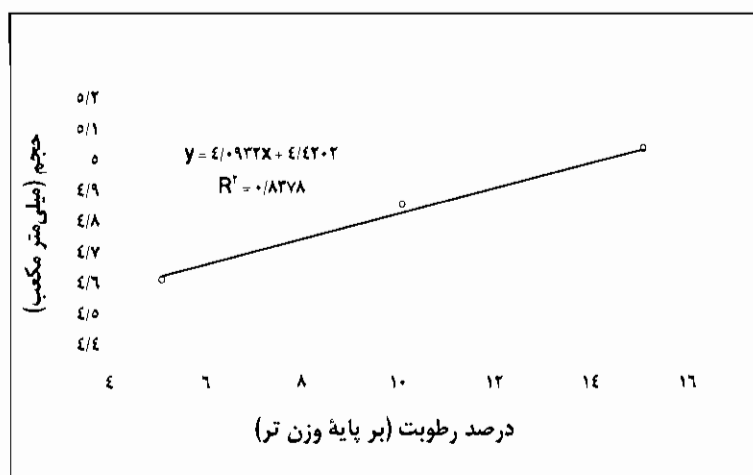
معادله ۵:

$$R_a = -39M + 97.58 \quad (R^2 = 0.89) \quad (15)$$

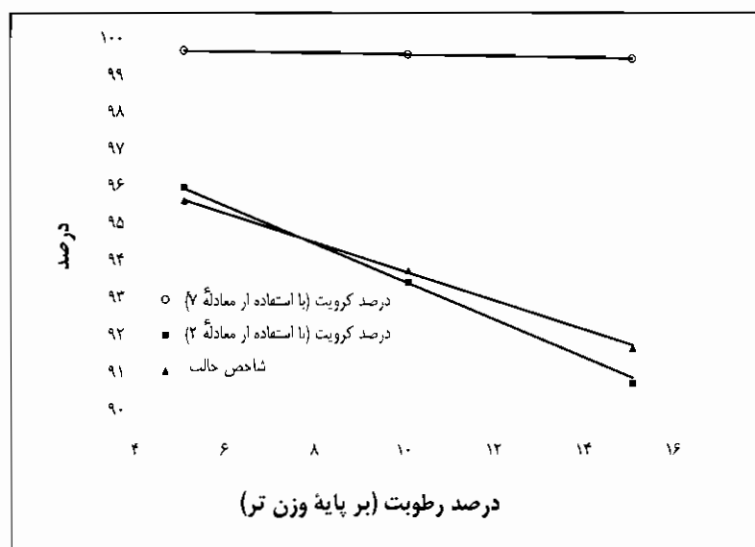
رابطه رگرسیونی درصد کروییت محاسبه شده با استفاده از



شکل ۳- نمودار تغییرات رطوبتی سطح جانبی و سطح مقطع دانه‌ها



شکل ۴- نمودار تغییرات رطوبتی حجم دانه‌ها



شکل ۵- نمودار تغییرات رطوبتی درصد کروییت و شاخص حالت دانه‌ها

نتیجه‌گیری

دلیل عمده آن، تغییرات حاصل در ساختار پوسته

دانه‌ها (چروکیدگی و تورم) ناشی از جذب رطوبت است.

• معادله ۲ به دلیل تبیین بهتر اختلافات، شاخص بهتری برای تعیین و مقایسه درصد کروییت دانه‌های کلزا به حساب می‌آید.

• اثر سطح رطوبتی در تمام خواص فیزیکی اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است.

• با افزایش درصد رطوبت دانه‌ها، اندازه ابعاد محوری، سطح جانبی و سطح مقطع و حجم دانه‌ها افزایش و درصد کروییت و شاخص شکل دانه‌ها کاهش می‌یابد و

مراجع

- Anon. 1999. Moisture measurement-unground grain and seeds. ASAE. S352.
- Bal, S. 1978. Kinetics of moisture absorption in liquid and vapour phase hydration of paddy for development of pressure parboiling process. Ph.D. Thesis. Kharagpur: Indian Institute of Technology.
- Carman, K. 1996. Some physical properties of lentil seeds. J. Agric. Eng. Res. 63: 87-92.
- Calisir, S., Marakoglu, T., Ogut, H. and Ozturk, O. 2005. Physical properties of rapeseed. J. Food Eng. 69: 61-66.

- Dutta, S. K., Nema, V. K. and Bhardwaj, R. J. 1988. Physical properties of gram. *J. Agric. Eng. Res.* 39: 259-268.
- Deshpande. S. D., Bal. S., and Ojha, T. P. 1993. Physical properties of soybean. *J. Agric. Eng. Res.* 56: 89-98.
- Jain, R. K. and Bal, S. 1997. Physical properties of pear millet. *J. Agric. Eng. Res.* 66: 85-91.
- Mohsenin, N. N. 1970. *Physical Properties of Plant and Animal Material.* Gordon and Breach Science Pub. N. Y.
- McCabe, W. L., Smith, J. C. and Harriott, P. 1986. *Unit Operations of Chemical Engineering.* McGraw-Hill. N. Y.
- Nazardad, A. 2001. *Canola Mechanization.* IAERI Pub. Center for Development of Agricultural Mechanization. (in Farsi)
- Saadat lajevardi, N. 1980. *Oil Seeds.* Tehran University Pub. No. 1773. (in Farsi)
- Sahay, K. M. and Singh, K. K. 1994. *Unit Operations in Agricultural Processing.* Vikas. New Dehli.
- Tickel, J. 2000. *From the Fryer to the Fuel Tork. The Complete Guide to Using Vegetable Oil as Alternative Fuel.* USA.

Determination of Some Physical Properties of Canola Seed (Licord Cultivar)

A. Imanmehr, B. Ghobadian, S. Minaei and J. Faradmal

Physical properties of Canola seed are necessary to design appropriate equipments for handling, transporting, processing and storage. In this study, some physical properties of Canola seeds were determined and evaluated. Samples (Licord Variety) at 3 levels of moisture content wet basis (w.b) were taken to determine parameters of axial dimensions, geometric mean diameter, area, projected area, volume, sphericity and aspect ratio. Analysis of variance of data showed that, moisture content (w.b) significantly affected all parameters ($p \leq 0.01$). Relationship between the physical properties and moisture content was then expressed by regression relations. Comparison of means with Duncan's method indicated that axial dimensions, geometric mean diameter, area, projected area and volume increased with increasing in moisture content, but sphericity and aspect ratio decreased.

Key words: Canola Seed, Geometric Dimensions and Sphericity, Licord Variety, Physical Properties