

بررسی اثر رطوبت روی خواص بیوفیزیکی و تعیین خواص شیمیایی دانه آفتاب‌گردان (رقم فرخ)

ایوب بگوندا^۱، علی نجات لرستانی^{۲*} و علیرضا عبدالمحمدی^۳

چکیده

در این پژوهش صفات بیوفیزیکی دانه آفتاب‌گردان (رقم فرخ) در محتوای رطوبتی ۷ تا ۳۰ درصد (بر پایه خشک) ارزیابی شد. میانگین سطح‌های تصویر پردازش شده در راستای طول، عرض و ضخامت به ترتیب ۳۴/۶۸، ۵۴/۶۱ و ۳۸/۱۰ میلی‌مترمربع و میانگین چگالی توده، تخلخل، ضریب کرویت و ضخامت محصول به ترتیب برابر ۰/۶۲، ۹/۳۲، ۰/۵۵ درصد، ۳/۸۸ میلی‌متر به دست آمد که مقادیر این صفات با افزایش رطوبت روبه افزایش بود و برای سطح‌های مختلف رطوبت اختلاف معنی‌دار ($P < 0/01$) گزارش شد. متوسط سطح رویه و چگالی حقیقی به ترتیب برابر ۱۱۶/۶۹ میلی‌مترمربع، ۰/۸۴ گرم بر سانتی‌مترمکعب به دست آمد، که برای مقادیر این صفات در سطح‌های مختلف رطوبت، تأثیر معنی‌داری گزارش نشد. مقدار پروتئین برای دانه کامل، پوست و مغز به ترتیب برابر ۳۰/۰۶، ۸/۳۵ و ۴۶/۶۵ درصد و مقدار روغن به ترتیب برابر ۳۳/۵۵، ۲/۸۱ و ۳۳/۱۰ درصد از نمونه به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: خواص بیوفیزیکی، خواص شیمیایی، دانه آفتاب‌گردان، رطوبت.

ارجاع: بگوندا ا. لرستانی ع. ن. و عبدالمحمدی ع. ر. ۱۳۹۲. بررسی اثر رطوبت روی خواص بیوفیزیکی و تعیین خواص شیمیایی دانه آفتاب‌گردان (رقم فرخ). نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲(۳): ۷-۱.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه.

۲- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه.

۳- استادیار گروه علوم دامی، دانشگاه رازی، کرمانشاه.

*نویسنده مسئول: ali.lorestani@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۲۳

مقدمه

آفتابگردان گیاهی است از تیره *Astraceae*، جنس *Helianthus* و دارای ۳۰ گونه است. گونه *Helianthus* آنتوس با بیشترین طیف گستردگی، شامل تعداد زیادی زیرگونه است (آلاری و شکاری، ۲۰۰۰). کاشت دانه‌های روغنی از دیرباز بخش مهمی از کشاورزی بسیاری از کشورهای شرقی را تشکیل داده است. کاربرد دانه‌های روغنی در مصارف غذایی انسان، دام و صنعت موجب جلب علاقه کشاورزان و کشت این محصولات در بسیاری از کشورها بوده است. بنابراین گسترش فعالیت‌های تحقیقاتی در این زمینه با توجه به تأثیری که در بخش‌های مختلف ماشین در مراحل کاشت، برداشت، حمل و نقل، ذخیره‌سازی و فرآوری بر محصول ایجاد می‌کند، مهم است (بگوند و لرستانی، ۲۰۱۳). اندازه‌گیری برخی از خواص فیزیکی دانه‌های آفتابگردان و مقایسه آن با سایر دانه‌های خوراکی برای طراحی مناسب برای جابجایی، حمل و نقل، جداسازی، پوست‌گیری، خشک کردن، تجهیزات روغن‌کشی، سامانه‌های انبارداری و سایر فرایندها ضروری به نظر می‌رسد (محسنین، ۱۹۷۸ و اوموباجو و همکاران، ۲۰۰۳). از دستگاه سطح برگ‌سنج مجهز به دوربین و با روش پردازش تصویر برای اندازه‌گیری سطح تصویر دانه‌ها استفاده می‌شود (کرامت جهرمی و همکاران، ۲۰۰۸). خواص فیزیکی بعضی از دانه‌های روغنی گزارش شده است ولی هنوز پژوهش جامعی بر روی خواص فیزیکی دانه آفتابگردان و اثر آن‌ها روی پارامترهای طراحی سامانه‌های پوست‌گیری و انبارداری انجام نشده است (پرز و همکاران، ۲۰۰۷). صیفی و همکاران (۲۰۱۰) و داوایس و اوکن (۲۰۰۹) به ترتیب خواص فیزیکی و مکانیکی دو رقم ذرت و دانه سویا را تحت اثر رطوبت گزارش کردند. دهانه محفظه خوراک‌دهی دستگاه‌ها و نیز شیب دیواره آن‌ها با توجه به ضریب پویایی حرکت در نظر گرفته می‌شود (الاسکار و همکاران، ۲۰۰۱).

مواد و روش‌ها

– تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها و تعیین محتوای رطوبت دانه‌ها
در این پژوهش برای انجام آزمایش، از رقم فرخ که رقم قابل کشت آفتابگردان در استان کرمانشاه است سه نمونه ۲ کیلوگرمی تهیه شد. به شکلی که دانه آفتابگردان فرخ از مرکز تحقیقات دانه‌های روغنی شهر کرج تهیه شد و به

آزمایشگاه تحقیقاتی گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی استان کرمانشاه منتقل شد. قبل از انجام آزمایش‌ها بذرها شکسته، نابالغ و مواد زائد به صورت دستی از بذرهای سالم جدا شدند. آزمایش‌ها در محدوده رطوبتی بین ۰.۷٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ (بر مبنای خشک) که به ترتیب محدوده رطوبتی معمول برای انبارداری و بیشتر عملیات فرآوری، حمل و نقل و رطوبت زمان برداشت است، انجام شد. برای تعیین محتوای رطوبت داخلی دانه‌ها از استاندارد آون هوای داغ طبق استاندارد ASAE (۲۰۰۱) استفاده شد. این مقدار بر مبنای خشک با معادله زیر محاسبه شد.

$$mc_{d.b.} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad (1)$$

که در آن، m_1 وزن اولیه نمونه قبل از قرار دادن در آون، m_2 وزن نمونه خشک شده در آون و $mc_{d.b.}$ درصد رطوبت بر پایه خشک است. نمونه‌های آماده شده برای آزمایش در کیسه‌های پلی‌اتیلن دو جداره کم چگالی با ضخامت ۹۰ میکرومتر در دمای ۵-۳ درجه سلسیوس در یخچال نگهداری شدند. برای هر آزمایش، مقدار نمونه لازم را از یخچال بیرون آورده و به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) قرار داده تا با محیط هم دما شوند. برای تعیین مقدار آب لازم برای رسیدن دانه‌ها به رطوبت مورد نظر از رابطه زیر استفاده شد.

$$\phi = \frac{W_i(M_f - M_i)}{100 - M_f} \quad (2)$$

که در آن، ϕ جرم آب اضافه شده بر حسب کیلوگرم، W_i جرم اولیه نمونه بر حسب کیلوگرم، M_f رطوبت نهایی نمونه بر پایه خشک، M_i محتوای رطوبتی اولیه نمونه بر پایه خشک است.

پس از تعیین مقدار آب لازم برای رسیدن به رطوبت مورد نظر، مقدار ۵۰ گرم از هر دسته انتخاب و میزان آب تعیین شده به آن‌ها اضافه شد. برای توزیع یکنواخت آب، نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۵-۳ درجه سلسیوس در یخچال نگهداری شدند. آماده‌سازی نمونه‌ها برای رطوبت ۰.۷٪، با توجه به نزدیک بودن این محتوای رطوبتی به رطوبت انبارداری، نمونه‌ها را برای مدت ۲ ساعت در هوای اتاق نگهداری سپس طبق استاندارد محتوای رطوبتی آن‌ها اندازه‌گیری شد که ۰.۷٪ بر پایه خشک به دست آمد (ASAE، ۲۰۰۱).

خواص بیوفیزیکی

- تعیین سطح تصویر و سطح رویه دانه محصولات

از دستگاه سطح برگ‌سنج مجهز به دوربین و با روش پردازش تصویر برای اندازه‌گیری سطح تصویر دانه‌ها استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری سطح تصویر دانه محصولات کشاورزی، با قرار دادن محصول در سه وضعیت مختلف و عمود بر هم، تصویرهایی به صورت تک‌تک از نمونه محصولات با روش پردازش تصویر به دست می‌آید که سه تصویر ابعاد و مساحت سطح‌های تصویر شده را شامل می‌شود. برای محاسبه سطح رویه یا مساحت سطح دانه از فرمول‌های زیر استفاده می‌شود (جین و بال، ۱۹۹۷):

$$S_1 = \frac{\pi \cdot B \cdot L^2}{2L - B} \quad (۳)$$

$$S_2 = \pi \cdot D_g^2 \quad (۴)$$

که در آن، S_1 و S_2 سطح رویه، L طول، W عرض، T ضخامت، D_g قطر هندسی و $B = \sqrt{W \cdot T}$.

- تعیین جرم مخصوص توده، جرم مخصوص حقیقی و محاسبه تخلخل دانه

برای اندازه‌گیری جرم مخصوص توده یا چگالی توده (ρ_b)، از یک استوانه خالی با حجم مشخص که آن را از نمونه پر کرده، استفاده شد و پس از تقسیم جرم توده (m_t) بر حجم توده (V_t) داخل استوانه، جرم مخصوص توده (ρ_b) طبق رابطه زیر به دست آمد:

$$\rho_b = \frac{m_t}{V_t} \quad (۵)$$

برای تعیین جرم مخصوص حقیقی یا چگالی دانه (ρ_t) از تولوئن غیرجاذب استفاده شد، تا فضای خالی مابین نمونه‌ها تعیین شده و با دو روش، کاستن حجم توده از حجم تولوئن و تغییر حجم تولوئن و استفاده از چگالی تولوئن، مقدار حجم واقعی محاسبه شود و با تقسیم جرم توده به حجم واقعی، میزان چگالی یا دانسیته حقیقی محاسبه می‌شود.

$$\rho_{t1} = \frac{M_1}{V_t - V_{t0}} \quad (۶)$$

$$V = \frac{M_3 - M_2}{\rho_t} \quad (۷)$$

$$\rho_{t2} = \frac{M_1}{V} \quad (۸)$$

که در آن، $\rho_{t2,1}$ چگالی حقیقی، M_1 وزن محصول، $V_t - V_{t0}$ حجم حقیقی، V_t حجم توده، V_{t0} حجم تولوئن، V حجم حقیقی، M_3 وزن ظرف محتوی تولوئن و محصول، M_2 وزن ظرف محتوی تولوئن، ρ_t چگالی تولوئن

برای محاسبه تخلخل (ε) نیز با استفاده از جرم مخصوص توده (ρ_b) و جرم مخصوص حقیقی (ρ_{t1} و ρ_{t2}) از رابطه‌های زیر استفاده شد:

$$\varepsilon_1 = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_{t1}}\right) \times 100 \quad (۹)$$

$$\varepsilon_2 = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_{t2}}\right) \times 100 \quad (۱۰)$$

- تعیین ضریب کرویت دانه محصولات کشاورزی

برای محاسبه ضریب کرویت دانه‌های محصولات کشاورزی از فرمول‌های ارائه شده زیر استفاده شد (محسنین، ۱۹۷۰):

$$\phi_1 = \frac{\sqrt[3]{L \cdot W \cdot T}}{L} \quad (۱۱)$$

$$\phi_2 = \left[\frac{B(2L-B)}{L}\right]^{1/3} \quad (۱۲)$$

که در آن $B = \sqrt{W \cdot T}$ ، L طول، W عرض، T ضخامت و ϕ_1 و ϕ_2 ضریب کرویت.

خواص شیمیایی

- تعیین روغن دانه کامل، مغز دانه و روغن پوسته آفتاب‌گردان با روش‌های مختلف اندازه‌گیری روغن، تمامی مواد محلول در چربی محاسبه می‌شوند (AOCS، ۱۹۹۳). از روش اندازه‌گیری خشک برای تعیین درصد روغن استفاده شد (گلزاری و همکاران، ۲۰۱۳). روش انجام آزمایش به این شکل بود که ابتدا نمونه‌های آزمایش را خرد کرده (حدود ۳ گرم از نمونه رطوبت‌گیری شده)، سپس در یک کاغذ صافی که به دقت وزن شده بود قرار گرفت و کاغذ به خوبی در آن پیچیده شد. یک ظرف آلومینیومی (بالن) که از پیش در گرم‌خانه و سپس در دسیکاتور قرار گرفته و به دقت توزین شده بود، حدود ۲/۳ حجمش را هگزان یا دی‌اتیل‌اتر ریخته و نمونه در داخل دستگاه سوکسله قرار داده شد و از رابطه زیر درصد چربی محاسبه شد (هامیلتون و روسل، ۱۹۸۷).

$$\text{درصد روغن} = \frac{(\text{وزن کاپ خالی} - \text{وزن کاپ پر})}{\text{وزن اولیه نمونه}} \times 100 \quad (۱۳)$$

- تعیین درصد پروتئین دانه کامل، مغز دانه و پروتئین پوسته آفتاب‌گردان

تعیین درصد پروتئین دانه با روش کلدال یا کجلدال در آزمایشگاه تغذیه گروه علوم دامی بررسی شد. برای تعیین درصد پروتئین دانه‌ها ابتدا نمونه‌ها را که از قبل به صورت دستی از هم جدا شده بودند را خرد کرده (حدود ۰/۵ گرم از نمونه رطوبت‌گیری شده)، در یک کاغذ صافی به دقت

میلی مترمربع و سطح مقطع در راستای ضخامت از ۲۹/۶۸ به ۵۳/۶۱ میلی مترمربع روند رو به افزایشی داشتند که با نتایج بی‌واده و آلیو (۲۰۱۳)، که در بررسی اثر سطح رطوبت بر خواص فیزیکی دانه کدو تنبل، روند افزایشی را برای مقدار سطح رویه، با افزایش رطوبت گزارش کردند، هماهنگی دارد.

- تأثیر رطوبت بر چگالی دانه، چگالی توده و تخلخل

جدول ۲ نشان می‌دهد که سطح‌های مختلف رطوبت، بر چگالی حقیقی دانه آفتاب‌گردان رقم فرخ، در هر دو معادله‌های ۶ و ۸ که بررسی شده، تأثیر معنی‌داری ندارند. همچنین در جدول ۱ ملاحظه می‌شود که مقدار چگالی توده ای با افزایش رطوبت روند روبه کاهشی داشته است و در سطح‌های رطوبتی مختلف اختلاف معنی‌داری گزارش شد ($P < 0.05$).

کاهش در جرم مخصوص توده با افزایش محتوای رطوبتی نشان می‌دهد که افزایش جرم محصول در نتیجه جذب رطوبت کمتر از انبساط حجمی توده میوه با افزایش رطوبت است. در هماهنگی با این نتایج بوملر و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که با افزایش رطوبت مقدار دانسیته توده‌ای از ۴۵۰ به ۴۲۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب کاهش یافت. همچنین با نتایج گوپتا و داس (۱۹۹۷) برای دانه آفتاب‌گردان هماهنگی دارد.

با توجه به جدول ۲ دیده می‌شود که سطح‌های مختلف رطوبت، بر روی صفت تخلخل در معادله ۱۰، از نظر آماری تأثیر معنی‌داری نداشته است. با افزایش رطوبت از ۷ به ۲۰ درصد، مقدار تخلخل در معادله‌های ۹ و ۱۰ به ترتیب از ۱۰/۴۳ به ۱۲/۸۳ و از ۵۰/۲۲ به ۶۲/۶۳ افزایش یافت و با نتایج بوملر و همکاران (۲۰۰۶) که گزارش کردند مقدار تخلخل با افزایش رطوبت افزایش می‌یابد و از ۴۱/۶ به ۴۴/۶ متغیر است، هماهنگی دارد.

وزن شده، محتویات در کاغذ به خوبی پیچیده شد. سپس دانه‌ی کامل، پوسته و مغز دانه آفتاب‌گردان را به‌صورت جدا از هم که از قبل به‌صورت پودر درآورده بودیم را پس از وزن کردن با کاغذ صافی از قبل آماده شده در لوله آزمایش قرار داده و ۲-۳ گرم کاتالیزورهای مورد نیاز شامل سولفات مس، پودر سلنیوم، سولفات پتاسیم و در نهایت ۲۵-۲۰ سی‌سی اسیدسولفوریک هم به آن اضافه شد (AOAC, ۱۹۸۴). دمای نمونه‌هایی را که داخل کوره آزمایشی مخصوص قرار گرفتند، کم‌کم از ۱۰۰ به ۲۸۰ درجه سلسیوس رسانده شد تا نمونه‌ها به طور کامل بی‌رنگ شوند. محلول بی‌رنگ را با اضافه کردن آب مقطر به حجم ۱۰۰ سی‌سی رسانده، سپس ۲۰ سی‌سی از این محلول را در لوله دستگاه هضم قرار داده و سپس با قرار دادن لوله در دستگاه و زدن استارت دستگاه، ۵۰ سی‌سی اسیدبوریک ۲٪ به طور اتوماتیک در بشر دستگاه اضافه گردید و ۵۰ سی‌سی سود هم از طریق شیلنگ به محلول وارد می‌شد. در نهایت بعد از مدت زمان مشخص شده که رنگ محلول به طور کامل یکنواخت شد عملیات تیتراسیون انجام شد که در این مرحله با توجه به میزان اسید مصرفی که تا یکنواخت شدن رنگ محلول ادامه یافت مقدار پروتئین با معادله زیر مشخص شد (گلزاری و همکاران، ۲۰۱۳).

$$(۱۴) \quad \text{اسیدحجم مصرفی} \times \frac{0.014 \times 0.1 \times 0.5}{0.5} \times 100 = \text{درصد پروتئین}$$

نتایج و بحث

خواص بیوفیزیکی

- تأثیر سطح‌های رطوبت بر روی سطح تصویر پردازش شده با توجه به اینکه از دستگاه سطح برگ‌سنج مجهز به دوربین، با روش پردازش تصویر، برای اندازه‌گیری سطح تصویر دانه‌ها استفاده شد، در طول انجام آزمایش در راستای تمامی ابعاد طول، عرض و ضخامت، تصویری برای محاسبه سطح رویه گرفته شد، تجزیه و تحلیل آماری نشان می‌دهد که سطح‌های مختلف رطوبت تأثیر معنی‌داری ($P < 0.01$) بر روی مقادیر اندازه‌گیری شده برای سطح‌های رویه داشته است (جدول ۱). با توجه به معنی‌دار گزارش شدن تمام سطح‌های رطوبت، سطح مقطع در راستای طولی با افزایش رطوبت از ۶۰/۴۹ به ۸۳/۶۵ میلی مترمربع و سطح مقطع در راستای عرضی از ۴۶/۶۰ به ۶۹/۲۵

جدول ۱- تأثیر عامل آزمایشی رطوبت بر سطح‌های تصویر پردازش شده، وجود حروف متفاوت در بین میانگین‌ها ($\pm$ انحراف استاندارد) در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار سطح‌های مختلف گروه آزمایشی است ($P < 0.05$)

عامل آزمایشی	سطح تصویر بُعد طولی (mm ²)	سطح تصویر بُعد عرضی (mm ²)	سطح تصویر بُعد ضخامت (mm ²)	چگالی توده (g/mm ³)
رطوبت				
۷ درصد	۶۰/۴۹±۸/۳۱ ^b	۴۶/۶۰±۵/۰۲ ^b	۲۹/۶۸±۳/۱۱ ^c	۰/۶۳±۰/۰۱ ^a
۲۰ درصد	۶۰/۷۰±۷/۱۸ ^b	۴۷/۹۸±۳/۵۳ ^b	۳۱/۰۳±۳/۱۰ ^b	۰/۶۰±۰/۰۱ ^b
۳۰ درصد	۸۳/۶۵±۴/۳۳ ^a	۶۹/۲۵±۳/۳۲ ^a	۵۳/۶۱±۱/۴۳ ^a	۰/۶۳±۰/۰۱ ^a
میانگین	۶۸/۳۴±۱۲/۸۵	۵۴/۶۱±۱۱/۱۵	۳۸/۱۰±۱۱/۳۳	۰/۶۲±۰/۰۱
اشتباه آزمایشی	۰/۵۸۹	۰/۳۴۷	۰/۲۲۹	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات	۹/۹۷	۷/۳۸	۷/۰۱	۱/۸۳
P values	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۲۵

جدول ۲- تأثیر عامل آزمایشی رطوبت بر چگالی دانه معادله ۶ و ۸، و تخلخل معادله ۹ و ۱۰ برحسب درصد برای دانه‌های آفتاب‌گردان، وجود حروف متفاوت در بین میانگین‌ها ($\pm$ انحراف استاندارد) در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح‌های مختلف گروه آزمایشی است ($P < 0.05$)

عامل آزمایشی	چگالی دانه (g/mm ³)	چگالی دانه (g/mm ³)	تخلخل (g/mm ³)	تخلخل (g/mm ³)
	معادله ۶	معادله ۸	معادله ۹	معادله ۱۰
رطوبت				
۷ درصد	۰/۸۵±۰/۰۱ ^a	۱/۰۸±۰/۰۲ ^a	۱۰/۴۳±۱/۱۷ ^a	۵۰/۲۲±۳/۲۰ ^a
۲۰ درصد	۰/۸۴±۰/۰۲ ^a	۱/۱۶±۰/۲۲ ^a	۱۲/۸۳±۲/۹۳ ^a	۶۲/۶۳±۳۲/۱۵ ^a
۳۰ درصد	۰/۸۳±۰/۰۲ ^a	۱/۰۸±۰/۰۴ ^a	۸/۷۲±۰/۴۱۵ ^b	۵۳/۹۵±۳/۶۰ ^a
میانگین	۰/۸۴±۰/۰۱	۱/۱۱±۰/۱۲	۹/۳۲±۳/۹۴	۵۵/۶۰±۱۷/۱۶
اشتباه آزمایشی	۰/۰۰۵	۰/۰۴۵	۰/۶۱۰	۶/۲۵
ضریب تغییرات	۲/۱۰	۱۲/۲۰	۱۹/۶۱	۳۳/۷۶
P values	۰/۴۹۹۹	۰/۷۵۴۶	۰/۰۰۴۲	۰/۷۲۱۳

خواص شیمیایی

- تأثیر سطح‌های رطوبت بر روی سطح رویه، ضریب کرویت و ضریب استقرار دینامیکی دانه

برای محاسبه سطح رویه از دو معادله ۳ و ۴ استفاده شد که برای نتایج آن از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین سطح‌های مختلف رطوبت مشاهده نشد.

اما برای هر دو معادله روند افزایشی دیده شد (جدول ۳). در هماهنگی با این نتایج، بی‌واده و همکاران (۲۰۱۳) برای دانه کدو تنبل نتایج مشابهی گزارش کردند. در بررسی اثر رطوبت بر ضریب کرویت دانه آفتاب‌گردان مشاهده شد که برای معادله ۱۱ بین سطح‌های مختلف رطوبت اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P < 0.01$). تغییرات مقدار ضریب

کرویت در سطح‌های مختلف رطوبت برای هر دو معادله ۱۱ و ۱۲، به این شکل است که با افزایش رطوبت روند رویه افزایشی داشته است، به شکلی که با افزایش رطوبت مقدار نتیجه به دست آمده برای معادله ۱۱ معادله‌ای ارائه شده توسط محسنین (۱۹۷۰) از ۰/۵۴ به ۰/۵۶ درصد و برای معادله ۱۲ معادله ارائه شده توسط جین و بال (۱۹۹۷) از ۱/۹۱ به ۱/۹۳ درصد گزارش شد. در هماهنگی با یافته‌های این پژوهش، غریب زاهدی و همکاران (۲۰۰۹)، نل (۲۰۰۱)، گوپتا و داس (۱۹۹۷) و بیوادی و همکاران (۲۰۱۳) نتایج مشابهی را ارائه دادند.

جدول ۳- تأثیر عامل آزمایشی رطوبت بر خواص بیوفیزیکی سطح رویه معادله ۳ و ۴ و ضریب کروییت معادله ۱۱ و ۱۲ برای دانه‌های آفتاب‌گردان

عامل آزمایشی	سطح رویه (mm ²)	سطح رویه (mm ²)	ضریب کروییت (%)	ضریب کروییت (%)
معادله ۳	معادله ۴	معادله ۱۱	معادله ۱۲	
رطوبت				
۷ درصد	۱۱۳/۵۰±۱۲/۳۶ ^a	۷۲/۴۸±۷/۳۰ ^a	۰/۵۴±۰/۰۲ ^b	۱/۹۱±۰/۰۳ ^a
۲۰ درصد	۱۱۷/۸۸±۱۶/۳۷ ^a	۷۳/۸۱±۹/۱۵ ^a	۰/۵۶±۰/۰۳ ^a	۱/۹۳±۰/۰۴ ^a
۳۰ درصد	۱۱۸/۶۹±۱۴/۸۱ ^a	۷۴/۰۹±۸/۲۰ ^a	۰/۵۶±۰/۰۳ ^a	۱/۹۳±۰/۰۴ ^a
میانگین	۱۱۶/۶۹±۱۴/۶۸	۷۳/۴۶±۸/۲۲	۰/۵۵±۰/۰۳	۱/۹۲±۰/۰۴
اشتباه آزمایشی	۱/۲۵۷	۰/۷۱۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات	۱۲/۵۲	۱۱/۲۳	۵/۱۵	۲/۲۰
P values				
رطوبت	۰/۱۹۷۸	۰/۶۱۴۸	۰/۰۰۰۳	۰/۱۵۶

وجود حروف متفاوت در بین میانگین‌ها (± انحراف استاندارد) در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار سطح‌های مختلف گروه آزمایشی است (P<۰/۰۵)

- تعیین درصد پروتئین و چربی دانه آفتاب‌گردان رقم فرخ
جدول ۴ نشان می‌دهد که بین قسمت‌های مختلف دانه آفتاب‌گردان رقم فرخ مقدار درصد پروتئین و چربی دانه متفاوت بوده و بیشترین مقدار درصد پروتئین مربوط به مغز دانه به مقدار ۴۶/۶۵ درصد است، که بیشترین مصرف را در صنایع روغن‌کشی برای مصارف انسانی دارد. برای دانه کامل و پوست نیز مقدار پروتئین به‌ترتیب برابر ۳۰/۰۶ و ۸/۳۵ گزارش شد. بیشترین مقدار، مقدار متوسط و کمترین مقدار برای درصد چربی یا درصد روغن این رقم به‌ترتیب برای دانه کامل برابر ۳۳/۵۵ درصد از کل وزن نمونه مورد آزمایش، مغز دانه ۳۳/۱۰ درصد و پوست ۲/۸۱

جدول ۴- تعیین درصد پروتئین و چربی دانه آفتاب‌گردان رقم فرخ

درصد پروتئین			درصد چربی		
دانه کامل (%)	مغز دانه (%)	پوست دانه (%)	دانه کامل (%)	مغز دانه (%)	پوست دانه (%)
۳۰/۰۶	۴۶/۶۵	۸/۳۵	۳۳/۵۵	۳۳/۱۰	۲/۸۱

نتیجه‌گیری

مطالعه صفات بیوفیزیکی دانه آفتاب‌گردان رقم فرخ در محتوای رطوبتی ۷، ۲۰ و ۳۰ درصد (بر پایه خشک) نشان داد که سطح‌های تصویر پردازش شده در ابعاد طول، عرض، ضخامت، ضریب استقرار دینامیکی، چگالی توده، تخلخل، ضریب کروییت و ضخامت محصول با افزایش رطوبت روند رو به افزایشی داشت و برای سطح‌های

مختلف رطوبت اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۱) گزارش شد. برای مقادیر سطح رویه و چگالی حقیقی در سطح‌های مختلف رطوبت، تأثیر معنی‌داری گزارش نشد. بیشترین مقدار پروتئین و چربی برای دانه کامل، کمترین مقدار برای پوست و مقدار متوسط پروتئین و چربی برای مغز دانه به دست آمد.

کشاورزی استان کرمانشاه و شهر کرج کمک‌های زیادی کردند.

سپاس‌گزاری

با تشکر فراوان از آقای مهندس اسدالله زارعی سیاه‌بیدی، که در امر تهیه نمونه مورد پژوهش، از مرکزهای تحقیقات

منابع

1. Aliary H. and shekari F. 2000. Oils seeds of cultivation and physiology. Tabriz. Proclamations of Amidi. 182 p.
2. AOCS. 1993. Official methods and recommended practices of the american oil chemist's society, 5th ed. The American Oil Chemist's Society, Champaign. pp. 6-48
3. AOAC. 1984. Official methods of analysis, 14th ed. Association of official Analytical Chemists, Washington, DC.
4. ASAE Standard. 2001. Moisture measurement-un ground grain and seeds. American Society of Agricultural Engineering. pp. 567-568.
5. Bagvand A. and Lorestani A. N. 2013. Determination of physical properties and mechanical behavior of sunflower seeds. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 5(11): 1255-1259.
6. Baumler E. Cuniberti A. Nolasco S. M. and Riccobene I. C. 2006. Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. Journal of Food Engineering. 72: 134-140.
7. Bwade K. E. and Aliyu B. 2013. Investigations on the effect of moisture content and variety factors on some physical properties of pumpkin seed (Cucurbitaceaespp). International Journal Engineering. Business and Enterprise Applications (IJEBA). 12(308): 20-24.
8. Davies R. M and El-Okene A. M. 2009. Moisture-dependent physical properties of soybeans. International Agrophysics. 23: 299-303
9. Elaskar S. A. Godoy L. A. Mateo D. and Seeber G. 2001. An experimental study of the gravity flow of sorghum. Journal of Agricultural Engineering Research. 79: 65-71.
10. Gharibzahedi S. M. T. Mousavi S. M. Taheri-Garavand A. Jafari S. M. and Rafiee Sh. 2009. Investigation of moisture content effect on physical properties of russian olive fruit (Elaeagnusangustifolia L.). Electronic Journal of Food Processing and Preservation (EJFPP). 1(2): 103-120.
11. Golzari M. Rahemi M. Hassani D. Vahdati K. and Mohammadi N. 2013. Protein content, fat and fatty acids of kernel in some Persian walnut (Juglansregia L.) cultivars affectedby kind of pollen. Journal of Food Science and Technology. 38(10): 21-31.
12. Gupta R. K. and Das S. K. 1997. Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultural Engineering Research. 661: 1-8.
13. Hamilton R. J. and Rossel J. B. 1987. Analysis of oils and fats. Elsevier Applied Science. pp. 18-19, 49-55, 103, 254, 313-336.
14. Jain R. K. and Bal S. 1997. Physical properties of pearl millet. Journal of Agricultural Engineering Research. 66: 85-91.
15. Keramat jahromi M. Rafiee S. Jafari A. Ghasemi bousejin M. R. Mirasheh R. and Mohtasebi S. S. 2008. Some physical properties of date fruit (cv. Dairi). International Agrophysics. 22: 221-224
16. Mohsenin N. N. 1970. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York. 742 p.
17. Mohsenin N. N. 1978. Physical properties of the plant and animal materials. 1th ed. Gordon and Breach, New York. 742 p.
18. Nel A. A. 2001. Determinations of sunflower seed quality for processing. Ph.D. Thesis, Department of Plant Production and Soil Science, Univercity of Pretoria.
19. Omobuwajo T. O. Omobuwajo O. R. and Sanni L. A. 2003. Physical properties of calabash nutmeg (Monodoramyristica) seeds. Journal of Food Engineering. 57: 375-381.
20. Perez E. E. Crapiste G. H. and Carelli A. A. 2007. Some physical and morphological properties of wild sunflower seeds. Biosystems Engineering. 96(1): 41-45.
21. Seifi M. R and Alimardani R. 2010. The moisture content effect on some physical and mechanical properties of corn (Sc 704). Journal of Agricultural Science. 2: 125-134.
22. Singh K. P. Mishra H. N. and Saha S. 2010. Moisture-dependent properties of barnyard millet grain and kernel. Journal of Food Engineering. 96: 598-606.
23. Vafaei N. Tavakolipour H. and Ghodsvai A. R. 2010. Some biophysical properties of oily sunflower achenes in golestanprovince. Journal of Food Science and Technology. 7: 103-114.

