بررسی تاثیر میزان رطوبت بر خصوصیات فیزیکی ارقام نخود استان گلستان

حمید بخش‌آبادی[1*]، علی‌رضا قدس ولی[2]، امیر عبداللهی[3]، شیلان رشیدزاده[4]

[1] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[2] استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، گرگان، ایران
[3] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار، سبزوار، ایران
[4] عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آیت الله آملی، آمل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۱۳

چکیده

در این تحقیق خصوصیات هندسی شامل طول، عرض، ضخامت، میانگین حسابی و هندسی قطر، سطح جانبی، مساحت تصویر و ضریب کرویت، خصوصیات ثقلی شامل وزن هزار دانه، دانسیته‌ی واقعی و توده، حجم و تخلخل و خصوصیات اصطکاک ایستایی شامل زوایای استقرار تخلیه و پر شدن، ضرایب اصطکاک روی سطوح ساختمانی مختلف سه نوع دانه‌ی نخود (ارقام آرمان، هاشم و ۹۳-۹۳)، تحت تأثیر ۴ سطح رطوبتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان طول دانه‌ی نخود رقم ۹۳-۹۳ نسبت به مورد مشابه خود در ارقام آرمان و هاشم به ترتیب ۱۰/۶ و ۹/۳ درصد، عرض آن به ترتیب ۲/۵ و ۰/۴ درصد، میانگین حسابی قطر آن به ترتیب ۵/۳ و ۳/۵ درصد، میانگین هندسی قطر آن به ترتیب ۴/۷ و ۲/۵ درصد و مساحت تصویر آن به ترتیب ۱۸/۳ و ۱۵/۰ درصد بیشتر بود. میزان رطوبت تأثیر معنی‌دار ($P<0/01$) روی خصوصیات ثقلی وزن هزار دانه، حجم، دانسیته‌ی واقعی، دانسیته‌ی توده و تخلخل داشت. چنان که بیشینه‌ی مقادیر که در مورد هر یک از صفات اندازه‌گیری شده به جز دانسیته‌ی توده در بالاترین سطح رطوبتی (سطح چهارم) مشاهده شده بود نسبت به کمینه‌ی آن‌ها در پایین‌ترین سطح رطوبتی (سطح اول) به ترتیب وزن هزار دانه ۳۳/۲ درصد، حجم ۲۰/۳ درصد و دانسیته‌ی واقعی ۱۱/۵ درصد بیشتر بود. برای نشان دادن اغلب تغییرات خصوصیات فیزیکی دانه‌های نخود معادلات رگرسیونی از نوع درجه اول و با ضریب تعیین (R^2) بالا برازش گردید.

واژه‌های کلیدی: ارقام نخود، خصوصیات فیزیکی، سطوح رطوبت، ویژگی‌های ثقلی، اصطکاک ایستایی.

* مسوول مکاتبه: h.bakhshabadi@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

نخود[1] با نام علمی *Cicer arietinum*، گیاهی است از خانواده‌ی Fabaceae، خودگشن و به لحاظ دارا بودن پروتئین قابل توجه در دانه (حدود ۲۴ درصد) و وجود مقدار زیادی اسید مالیک و اسید اگزالیک و مواد معدنی از جمله فسفر، بر، لیتیم و مس یکی از مهمترین حبوبات خوراکی است. سطح زیر کشت و میانگین عملکرد جهانی آن به ترتیب معادل ۷ میلیون هکتار و ۱/۷ تن در هکتار است (۲۲). افزایش روز افزون نقش اقتصادی محصولات کشاورزی و غذایی در جوامع امروزی و پیچیدگی فناوری‌های مدرن برای تولید (کاشت، داشت و برداشت)، حمل ونقل، ذخیره سازی، فراوری، نگهداری، ارزیابی کیفی، توزیع، بازاریابی و مصرف این محصولات، نیازمند درک دقیق و صحیح خواص فیزیکی است. خواص فیزیکی بر خصوصیات انتقال هیدرودینامیکی و پنوماتیکی مواد جامد، سرد کردن و حرارت دادن مواد غذایی تاثیر می گذارد. مهم‌ترین خواص هندسی عبارتند از شکل، اندازه (ابعاد)، قطرهای هندسی و حسابی، سطح و کرویت. دانسیته توده و تخلخل مهم‌ترین عواملی هستند که در طراحی سیستم های خشک کردن و هوادهی مورد توجه قرار می گیرند، چون این خواص بر مقاومت جرمی که در مقابل جریان هوا قرار دارد، تاثیر می گذارند. در تئوری‌هایی که برای پیش‌بینی فضای انبار بکار می‌روند، دانسیته توده عامل اساسی به شمار می‌رود. وزن هزار دانه، شاخص موثر و مفیدی در تعیین قطر معادل است و می‌تواند برای تخمین تئوریک حجم دانه و همچنین در پاک کردن آن‌ها با استفاده از نیروهای آئرودینامیکی بکار گرفته شود (۱، ۳). برخی محققان به این نتیجه رسیده‌اند که با افزایش رطوبت، آسیب‌های مکانیکی کاهش می‌یابد. ولی احتمال می‌رود که این نتیجه همیشه صادق نباشد (۱۷). با افزایش میزان رطوبت دانه‌های نخود، سطح دانه، حجم و کرویت کاهش و دانسیته‌ی واقعی، دانسیته‌ی حجمی و تخلخل افزایش می یابد (۹). در تحقیقی که امین و همکاران اثر سطوح مختلف رطوبت (۱۰/۳ تا ۲۱٪ بر پایه تر) را بر خواص فیزیکی دانه عدس از قبیل ابعاد، چگالی حقیقی و ظاهری، تخلخل، خواص اصطکاکی و زاویه پایداری، بررسی کردند، بیان داشتند که ابعاد و زاویه پایداری با افزایش رطوبت افزایش ولی چگالی حقیقی و ظاهری کاهش می‌یابد (۶). تاکنون تحقیقات مختلفی درباره خواص فیزیکی گرام (۱۵)، لوبیا سبز (۲۱)، عدس (۱۳) و غیره توسط محققین صورت گرفته است. هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر رطوبت بر برخی خواص فیزیکی سه رقم نخود استان گلستان و ارائه‌ی اطلاعات پایه و ضروری به صنایع مختلف تبدیلی- غذایی مرتبط با دانه‌های نخود، جهت بهینه‌سازی عملیات و فراوری آن‌ها می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها و تعیین میزان رطوبت

سه واریته‌ی تجاری مهم و کولتیوار دانه نخود به نام‌های آرمان، هاشم و ۹۳-۹۳ برای این کار تحقیقاتی انتخاب گردیدند. این واریته‌ها (هر یک به میزان ۲۰ کیلوگرم) و از موسسه‌ی تحقیقات کشاورزی استان گلستان تهیه شدند. جداسازی مواد خارجی، دانه‌های شکسته و نارس به وسیله‌ی دست انجام شد و در نهایت با توجه به پنج سطح رطوبتی مورد نظر در این آزمایش، ۱۵ کیلوگرم نمونه اختیار که به پنج بخش مساوی جهت انجام اندازه‌گیری صفات مختلف تقسیم گردید. میزان رطوبت پایه‌ی هر نمونه با استفاده از روش (ASAE, No S352.2, 1997) و خشک کردن حدود ۱۰ گرم نمونه در آون ۲ ± ۱۰۳ درجه‌ی سانتی‌گراد تا رسیدن به رطوبت ثابت تعیین شد (۷). جهت تعیین مقدار میانگین رطوبت، آزمایشات در سه تکرار انجام پذیرفت.

جهت تهیه‌ی نمونه‌هایی با درصد رطوبت بالاتر و مطابق با سطوح رطوبتی مورد نظر در آزمایش مقادیر محاسبه شده‌ای از آب مقطر به نمونه‌ها افزوده شد. مقدار آب مقطر اضافه شده به وسیله‌ی رابطه‌ی زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$Q = \left[w_i (m_f - m_i) / (100 - m_f) \right] \qquad (1)$$

در رابطه‌ی (۱)، Q؛ جرم آب اضافه شده بر حسب کیلوگرم، W_i ؛ جرم اولیه نمونه بر حسب کیلوگرم، M_i ؛ محتوای رطوبتی اولیه نمونه بر پایه خشک، M_f؛ رطوبت نهایی نمونه بر پایه خشک می‌باشد (۸). پس از افزودن آب مقطر به نمونه‌ی موجود در یک کیسه‌ی پلی‌اتیلنی و همزدن، درب کیسه دوخته شد و به مدت حداقل یک هفته جهت توزیع یکنواخت رطوبت در محیط یخچال ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار گرفت. ضرورت دارد که قبل از انجام هر آزمایش درجه حرات نمونه‌های تهیه شده تا درجه حرارت اتاق افزایش یابد. تمامی آزمایشات خصوصیات فیزیکی دانه‌ها در۴ سطح رطوبتی ۷/۱، ۱۳/۴، ۲۰/۵ و ۲۸/۵ درصد (بر اساس وزن تر) و هر یک در ۵ تکرار به انجام رسید و میانگین آن‌ها گزارش شد.

[1]Chickpea

Archive of SID

www.SID.ir

۲-۲-تعیین خصوصیات هندسی

با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی متر، اندازه‌گیری‌های ابعادی (L طول، Wعرض،T ضخامت) برای صد دانه از هر رقم به صورت تصادفی صورت پذیرفت و سپس با توجه به روابط ۷-۲، قطر متوسط حسابی(D_a) و هندسی (D_g)، کرویت (ϕ)، سطح جانبی (S)، میانگین طول و عرض (L_1) و مساحت تصویر (A) برای آن‌ها تعیین شد (۲۰):

$$D_a = \frac{L+W+T}{3} \quad (۲)$$

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (۳)$$

$$\phi = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \quad (۴)$$

$$S = \pi D_g^{\,2} \quad (۵)$$

$$L_1 = (L+W)/2 \quad (۶)$$

$$A = (\pi L L_1)/4 \quad (۷)$$

۲-۳- تعیین خصوصیات ثقلی

به منظور تعیین وزن هزار دانه (m_{1000}) از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ استفاده شد. برای اندازه‌گیری چگالی توده (ρ_b) طبق رابطه‌ی ۸، یک استوانه خالی را با حجم مشخص پر از نمونه کرده، از تقسیم جرم توده (m_t) بر حجم توده (V_t)، میزان چگالی توده به دست آمد (۱۳). جهت تعیین چگالی واقعی(ρ_t) از تولوئن غیرجاذب استفاده شد تا فضای خالی ما بین نمونه‌ها تعیین شده و از کاستن حجم توده از آن، حجم واقعی محاسبه شود. با تقسیم جرم توده به حجم واقعی، میزان چگالی حقیقی محاسبه شد. سپس با توجه به رابطه‌ی ۹ میزان تخلخل(ε) نمونه بدست آمد (۱۶).

$$\rho_t = \frac{m_t}{V_t} \quad (۸)$$

$$\varepsilon = \frac{(\rho_t - \rho_b)}{\rho_t} \times 100 \quad (۹)$$

۲-٤- تعیین خصوصیات اصطکاکی

ضرایب اصطکاک استاتیکی دانه‌های نخود در سطوح رطوبتی مختلف و روی مواد ساختمانی مختلف شامل چوب، استیل آلومینیوم، سیمان، لاستیک و ورق آهن گالوانیزه تعیین گردید. برای این منظور از استوانه‌ای به قطر ۶۰ میلی‌متر و ارتفاع ۵۰ میلی‌متر که بدون سر و کف است استفاده شد. آن استوانه روی صفحات ساختمانی مورد نظر قرار گرفته و با مقدار معینی از ماده‌ی مورد آزمایش پر می‌شود به گونه‌ای که این استوانه با سطح ساختمانی مورد نظر تماس نداشته باشد. سپس یک طرف سطح اصطکاکی با استفاده از سیستم پیچ و مهره به تدریج به سمت بالا کشیده شده تا استوانه‌ی حاوی نمونه شروع به سر خوردن کند. زاویه‌ای که استوانه‌ی شروع به سر خوردن می‌کند قابل اندازه‌گیری است. این آزمایش ۵ بار تکرار شد و در هر بار استوانه از نمونه تخلیه شده و سپس با نمونه‌ی جدیدی آزمایش گردید. ضریب اصطکاک ایستایی (μ) از رابطه‌ی ۱۰ بدست آمد (۲۰).

$$\mu = \tan\alpha \quad (۱۰)$$

از علائم μ_w، μ_{Al}، μ_{ru}، μ_{cem}، μ_{gi}، μ_{St}، μ_{gl} به ترتیب برای نشان دادن ضریب اطکاک ایستایی سطوح چوب، آلومینیوم، لاستیک، سیمان، آهن گالوانیزه، استیل و شیشه استفاده شد. به منظور تعیین زاویه‌ی استقرارتخلیه (θ_e) از یک جعبه‌ی چوبی به ابعاد ۱۲×۱۲×۱۲ سانتی‌متر مجهز به درب کشویی استفاده شد. ابتدا جعبه با نمونه پر شد. با استفاده از یک تیغه‌ی فلزی یا شیشه‌ای و با حرکت زیگزاگ (۵ مرتبه) سطح ماده در داخل ظرف با سطح ظرف مماس گردید و سپس درب کشویی به سرعت به طرف بالا کشیده شد. پس از تخلیه، نمونه به صورت سطح شیب‌دار قرار گرفت و با استفاده از رابطه‌ی ۱۱ زاویه‌ی پایداری تخلیه محاسبه گردید.

$$\theta_e = \tan^{-1}\frac{h}{a} \quad (۱۱)$$

که a برابر است با ۱۲ سانتی‌متر و h عبارت است از ارتفاع کپه یا توده‌ی تشکیل شده از دانه‌ها به سانتی‌متر. برای ثبت میانگین این زاویه، آزمایش در ۵ تکرار انجام شد (۱۸، ۲۰).

برای اندازه‌گیری زاویه‌ی ریپوز پر شدن یا زاویه‌ی پایداری پر شدن از یک لوله‌ی استوانه‌ای شکل به قطر ۱۰۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۵۰ میلی‌متر و یک صفحه‌ی چوبی به قطر ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد. لوله‌ی استوانه‌ای در مرکز صفحه قرار داده می‌شود و از نمونه پر می‌گردد. سطح نمونه به وسیله‌ی یک میله‌ی شیشه‌ای و حرکت زیگزاگ آن (۵ مرتبه) صاف می‌شود. سپس لوله‌ی استوانه‌ای به تدریج و به آرامی به طرف بالا کشیده شده تا تمامی نمونه خارج گردد. در این نقطه ارتفاع کپه‌ی تشکیل شده قرائت و اندازه‌گیری

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شود. زاویه‌ی پایداری پر شدن (θ_f) از رابطه‌ی ۱۲ محاسبه شد.

$$\theta_f = \tan^{-1}(\frac{h}{10}) \quad (۱۲)$$

که h عبارت است از ارتفاع کپه یا توده‌ی تشکیل شده از دانه‌ها به سانتی‌متر. برای ثبت میانگین این زاویه، آزمایش در ۵ تکرار انجام شد (۱۸).

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

تمامی آزمایشات در ۴ سطح رطوبتی و در پنج تکرار انجام و میانگین مقادیر گزارش شد. میانگین، بیشینه، کمینه و انحراف از معیار با استفاده از برنامه نرم افزاری Excel (۲۰۰۳) تعیین گردید. معادلات رگرسیونی و ضرایب تبیین با استفاده از نرم افزار (Curve expert, version 1.34) به دست آمد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات هندسی

تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از تاثیر نوع رقم و درصد رطوبت نشان داد که نوع رقم روی خصوصیات هندسی طول، میانگین حسابی قطر، میانگین هندسی قطر، سطح جانبی، مساحت تصویر و ضریب کرویت در سطح آماری یک درصد و روی عرض در سطح آماری پنج درصد تأثیر معنی‌دار داشت در حالی که روی میزان ضخامت تأثیر معنی‌دار نداشت ($P> ۰/۰۱$) و تأثیر میزان رطوبت روی تمامی خصوصیات هندسی به جز ضریب کرویت در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. جدول ۱ نشان داد که میزان طول دانه‌ی نخود رقم ۹۳-۹۳ نسبت به مورد مشابه خود در ارقام آرمان و هاشم به ترتیب ۱۰/۶ و ۹/۳ درصد، عرض آن به ترتیب ۲/۵ و ۰/۴ درصد، میانگین حسابی قطر آن به ترتیب ۵/۳ و ۳/۵ درصد، میانگین هندسی قطر آن به ترتیب ۴/۷ و ۲/۵ درصد و مساحت تصویر آن به ترتیب ۱۸/۳ و ۱۵/۰ درصد بیشتر بود ولی ضخامت دانه‌ی رقم هاشم با اختلاف معنی‌دار ۲/۴ درصد بیشتر از ضخامت دانه‌ی رقم آرمان و بدون اختلاف معنی‌دار ۰/۸ درصد بیشتر از ضخامت دانه‌ی رقم ۹۳-۹۳ بود. نتایج رضوی و همکاران نیز مؤید تأثیر رقم روی مقدار ابعاد محوری طول، عرض و ضخامت دانه‌ی نخود می‌باشد (۲). سطح جانبی دانه‌ی نخود رقم ۹۳-۹۳ نسبت به مورد مشابه خود در ارقام آرمان و هاشم به ترتیب ۹/۷ و ۵/۷ درصد بیشتر بود. مساحت سطح در جداسازی دقیق و صحیح، حمل و نقل و انتقال حرارت و جرم کاربرد داشته و سطح مقطع دانه معمولاً نشان‌دهندهٔ الگوی رفتاری دانه در یک سیال در حال حرکت مانند هوا می‌باشد و در بعضی فرآیندها نظیر جداسازی مواد اضافی از دانه‌ها در خلال عملیات تمیزکردن به وسیله‌ی اسباب پنوماتیکی استفاده می‌شود. در تحقیق دیگری مقدار مساحت تصویر برای دانه‌ی نخود واریته کوچباسی ۱/۱۶ سانتی‌متر مربع گزارش شده است (۱۹).

جدول ۲ نشان داد که بیشینه‌ی مقادیر در مورد صفات مورد نظر در بالاترین سطح رطوبتی (سطح چهارم، ۲۸/۵ درصد) مشاهده شد که نسبت به کمینه‌ی آنها در پایین‌ترین سطح رطوبتی (سطح اول، ۷/۱ درصد) به ترتیب طول ۶/۹ درصد، عرض ۷/۴ درصد، ضخامت ۹/۲ درصد، میانگین حسابی قطر ۷/۶ درصد، میانگین هندسی قطر ۷/۸ درصد، سطح جانبی ۱۶/۲ درصد و مساحت تصویر ۱۴/۲ درصد بیشتر بود. در تحقیق دیگری گزارش شده است که با افزایش میزان رطوبت از ۵/۲ درصد تا ۱۶/۵ درصد، مقدار مساحت تصویر دانه‌ی نخود واریته کوچباسی ۲۲/۴ درصد افزایش می‌یابد (۱۹). همچنین نتایج مشابهی نیز در مورد دانه فندق و مغز آن گزارش شده است (۴). که با افزایش رطوبت، مقدار ضخامت نیز افزایش پیدا نموده است. به نظر می‌رسد تغییر در ابعاد محوری (طول، عرض و ضخامت) با افزایش رطوبت در دانه‌ی ارقام نخود، به علت جذب رطوبت و به دنبال آن تورم لایه‌ی آلرون سلول‌های آندوسپرم دانه و پر شدن منافذ و لوله‌های موئین موجود در ساختار دانه با آب باشد. به بیان دیگر این تورم به اثر جذب آب در فضاهای بین سلولی و پلیمرهای نشاسته نسبت داده می‌شود (۱۲).

برای نشان دادن تغییرات خصوصیات هندسی شامل ابعاد محوری (طول، عرض و ضخامت)، میانگین حسابی و هندسی قطر، سطح جانبی، مساحت تصویر یا سایه‌نگار و ضریب کرویت دانه‌ی نخود ارقام آرمان، هاشم و ۹۳-۹۳ به عنوان تابعی از میزان رطوبت (در محدوده رطوبتی مورد نظر)، معادلات رگرسیونی برازش گردید که به همراه ضرایب تبیین یا ضرایب تعیین (R^2) بدست آمده در جدول ۳ آورده شده است.

نتایج این بخش نشان داد که معادلات رگرسیونی برازش شده برای نشان دادن تغییرات خصوصیات هندسی طول، عرض و ضخامت، میانگین حسابی و هندسی قطر، سطح جانبی و مساحت تصویر دانه‌ی نخود ارقام آرمان، هاشم و ۹۳-۹۳ به عنوان تابعی از

Archive of SID

www.SID.ir

میزان رطوبت (در محدوده رطوبتی مورد نظر)، همگی از نوع درجه اول بوده وضرایب تعیین بدست آمده نشان دهنده‌ی توابع خطی در این موارد بود. معادلات رگرسیونی برازش شده برای نشان دادن تغییرات ضریب کرویت به عنوان تابعی از میزان رطوبت در مورد دانه‌ی رقم ۹۳-۹۳ از نوع درجه اول بود و در رابطه‌ی با دانه‌ی رقم آرمان و هاشم برازش معادله‌ی درجه دوم نتایج بهتری با ضرایب تعیین (R^2) به ترتیب معادل ۰/۷۰ و ۰/۷۲ را در بر داشت. ضرایب تعیین (R^2) بدست آمده در مورد تمامی خصوصیات هندسی (به جز ضریب کرویت) برای رقم آرمان بالاتر از موارد مشابه خود در ارقام هاشم و ۹۳-۹۳ بود (جدول ۴). در تحقیقی مشابه، ضریب تعیین معادل ۰/۹۹۵ برای نشان دادن تغییرات مساحت تصویر دانه‌ی نخود رقم کوچباسی به عنوان تابعی از میزان رطوبت گزارش شده است (۱۹).

۳-۲- خصوصیات ثقلی

نتایج مربوط به تجزیه‌ی واریانس خصوصیات ثقلی شامل وزن هزار دانه، حجم، دانسیته‌ی واقعی، دانسیته‌ی توده و تخلخل دانه‌ی نخود ارقام آرمان، هاشم و ۹۳-۹۳ نشان داد که تأثیر رقم در سطح آماری یک درصد روی وزن هزار دانه، حجم و دانسیته‌توده و در سطح آماری پنج درصد روی دانسیته‌ی واقعی معنی‌دار بود ولی اثر معنی‌داری روی صفت تخلخل مشاهده نشد ($P>0/01$). میزان وزن هزار دانه‌ی نخود رقم ۹۳-۹۳ نسبت به موارد مشابه خود در ارقام آرمان و هاشم به ترتیب ۱۷/۴ و ۱۸/۵ درصد بیشتر بود. حجم دانه‌ی نخود رقم آرمان نسبت به مورد مشابه خود در رقم ۹۳-۹۳ بدون اختلاف معنی‌دار ۱/۶ درصد و نسبت به مورد مشابه خود در رقم هاشم با اختلاف معنی‌دار ($P<0/05$) ۱۴/۹ درصد بیشتر بود (جدول ۳). دانسیته‌ی واقعی دانه‌ی نخود رقم هاشم نسبت به مورد مشابه خود در رقم ۹۳-۹۳ بدون اختلاف معنی‌داری در حدود ۱/۸ درصد و نسبت به مورد مشابه خود در رقم آرمان ۶/۶ درصد بیشتر بود. در گزارش دیگری دانسیته‌ی واقعی دانه‌ی نخود رقم کوچباسی معادل ۱۴۲۸ کیلوگرم بر متر مکعب آمده است (۱۹). دانسیته‌ی توده نخود رقم هاشم نسبت به مورد مشابه خود در ارقام آرمان و ۹۳-۹۳ به ترتیب در حدود ۲/۰ و ۳/۲ درصد بیشتر بود. تخلخل دانه‌ی نخود رقم هاشم نسبت به مورد مشابه خود در رقم ۹۳-۹۳، ۹/۸ درصد و از رقم آرمان ۷/۰ درصد بیشتر بود. رضوی و همکاران تخلخل نخود دسی واریته‌ی کاکا را ۴۱ درصد گزارش نموده‌اند (۲).

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از تاثیر رطوبت بر خصوصیات ثقلی دانه‌های نخود نشان داد که میزان رطوبت تأثیر معنی‌دار ($P<0/01$) روی خصوصیات ثقلی وزن هزار دانه، حجم، دانسیته‌ی واقعی، دانسیته‌ی توده و تخلخل داشت. چنان که بیشینه‌ی مقادیر که در مورد هر یک از صفات اندازه‌گیری شده به جز دانسیته‌ی توده در بالاترین سطح رطوبتی (سطح چهارم) مشاهده شده بود نسبت به کمینه‌ی آنها در پایین‌ترین سطح رطوبتی (سطح اول) به ترتیب وزن هزار دانه ۳۳/۲ درصد، حجم ۲۰/۳ درصد و دانسیته‌ی واقعی ۱۱/۵ درصد بیشتر بود (جدول ۶). در مورد دانسیته‌ی توده با توجه به روند نزولی آن کمینه‌ی مقدار در سطح رطوبتی چهارم مشاهده گردید که نسبت به بیشینه‌ی آن در سطح رطوبتی اول (پایین‌ترین سطح رطوبتی) به میزان ۸/۸ درصد کمتر بود (جدول ۵). بیشینه‌ی مقدار تخلخل در سطح رطوبتی سوم (البته بدون اختلاف معنی‌دار با سطح رطوبتی چهارم) مشاهده شد که نسبت به کمینه‌ی آن در پایین‌ترین سطح رطوبتی (سطح اول)، ۲۹/۷ درصد بیشتر بود. در رابطه‌ی با افزایش وزن هزار دانه همراه با افزایش میزان رطوبت، نتایج مشابهی در مورد دانه‌های دیگری مانند گلرنگ (۱۰)، ذرت شیرین (۱۱)، به دست آمده است. نتایج تحقیق حاضر مبنی بر کاهش میزان دانسیته‌ی توده همراه با افزایش میزان رطوبت با نتایج کوناک، کارمان و آیدین (۲۰۰۲) که کاهشی از ۸۰۰ به ۷۴۱/۴ کیلوگرم بر متر مکعب را گزارش نموده است همسویی داشت (۱۹). ولی در مورد دانسیته‌ی واقعی با افزایش میزان رطوبت مقدار آن افزایش یافت. مطابق جدول ۵ با افزایش رطوبت، حجم دانه‌ها افزایش یافت. به نظر می‌رسد نرخ افزایش حجم سریعتر از افزایش جرم بوده و به دنبال دانسیته توده کاهش یافت. به بیان دیگر افزایش جرم دانه‌های نخود در نتیجه جذب رطوبت کمتر از انبساط حجمی توده‌ی دانه با افزایش رطوبت است (۳).

نتایج حاصل از این بخش نشان داد که معادلات رگرسیونی برازش شده برای نشان دادن تغییرات خصوصیات ثقلی وزن هزار دانه، حجم، دانسیته‌ی واقعی، دانسیته‌ی توده و تخلخل دانه‌ی نخود ارقام آرمان، هاشم و ۹۳-۹۳ به عنوان تابعی از میزان رطوبت (در محدوده رطوبتی مورد نظر) همگی از نوع درجه اول بوده وضرایب تعیین بدست آمده نشان دهنده‌ی توابع خطی در این

Archive of SID

www.SID.ir

موارد بود (جدول ۵). البته در مورد دانسیته‌ی واقعی دانه‌ی نخود رقم هاشم برازش معادلات درجه دوم نتایج بهتر و با ضرایب تعیین (R^2) بالاتر را در بر داشت. ضرایب تعیین بدست آمده در تحقیق حاضر در مورد دانسیته‌ی توده برای ارقام آرمان، هاشم و ۹۳-۹۳ آزمایش (به ترتیب ۰/۹۷، ۰/۹۸ و ۰/۹۴ R^2) از مورد مشابه خود که توسط سایر محققین گزارش شده است (۰/۹۹۷ R^2) کمتر بود (۱۹).

٤-۳- خصوصیات اصطکاکی

نتایج مربوط به تجزیه‌ی واریانس خصوصیات اصطکاکی ایستایی نشان داد که تأثیر رقم در سطح آماری یک درصد روی زوایای استقرار تخلیه و پر شدن، و ضرایب اصطکاک ایستایی روی سطوح ساختمانی آهن گالوانیزه، لاستیک، آلومینیم و استیل معنی‌دار بود ولی اثر معنی‌داری روی ضریب اصطکاک ایستایی روی سطوح ساختمانی چوب، شیشه و سیمان نداشت ($P>0/05$). میزان زاویه‌ی پایداری تخلیه دانه‌ی نخود رقم آرمان نسبت به مورد مشابه خود در ارقام هاشم و ۹۳-۹۳ به ترتیب ۶/۸ و ۷/۸ درصد، زاویه‌ی پایداری پر شدن آن به ترتیب ۲۵/۵ و ۴/۳ درصد، ضریب اصطکاک ایستایی آن روی سطح لاستیک (بدون اختلاف معنی‌دار با رقم ۹۳-۹۳) به ترتیب ۶/۲ و ۲/۰ درصد بیشتر بود ولی ضریب اصطکاک ایستایی دانه‌ی نخود رقم ۹۳-۹۳ روی سطح آلومینیوم نسبت به مورد مشابه خود در ارقام آرمان و هاشم به ترتیب ۴/۸ و ۷/۹ درصد بیشتر بود (جدول ۷). در گزارش دیگری زاویه‌ی ریپوز دانه‌ی نخود رقم کوچباسی معادل ۲۴/۵ درجه آمده است (۱۹) که در مقایسه با نتایج این تحقیق مقدار کمتری را نشان می‌دهد. رضوی و دیگران میزان زاویه‌پایداری تخلیه و پر شدن نخود دسی واریته‌ی کاکا را به ترتیب ۲۷/۱۰۳ و ۳۱/۴۴۲ درجه گزارش نموده‌اند که در مورد زاویه پایداری تخلیه و پر شدن از نتایج تحقیق حاضر به ترتیب کمتر و بیشتر می‌باشد (۲). زاویه ریپوز یا پایداری یا استقرار یا انباشتگی مشخصه‌ی مناسبی برای میزان جریان‌پذیری یک محصول است. هر چه زاویه ریپوز کوچکتر باشد، محصول راحت‌تر جریان می‌یابد. گزارش شده است که مقادیر ضرایب اصطکاک ایستایی دانه‌ی نخود دسی واریته‌ی کاکا روی سطوح ساختمانی شیشه، فایبر گلاس، آهن گالوانیزه، لاستیک و تخته سه لا به ترتیب ۰/۳۱۷، ۰/۳۶۸، ۰/۳۵۲، ۰/۵۴۹ و ۰/۶۰۱ می‌باشد (۲).

میزان رطوبت تأثیر معنی‌دار ($P<0/01$) روی خصوصیات زاویه‌ی پایداری تخلیه، زاویه‌ی پایداری پر شدن، ضرایب اصطکاک ایستایی روی سطوح ساختمانی استیل، چوب، آهن گالوانیزه، لاستیک، آلومینیم، شیشه و سیمان داشت. چنان که بیشینه‌ی مقادیر در مورد صفات مورد نظر که در بالاترین سطح رطوبتی (سطح چهارم، ۲۸/۵ درصد) مشاهده شده بود نسبت به کمینه‌ی آنها در پایین‌ترین سطح رطوبتی (سطح اول، ۷/۱ درصد) به ترتیب زاویه‌ی پایداری تخلیه ۱۴/۲ درصد، زاویه‌ی پایداری پر شدن ۲۵/۷ درصد، ضریب اصطکاک ایستایی روی سطح استیل ۳۰/۲ درصد، چوب ۲۰/۴ درصد، آهن گالوانیزه ۲۳/۴ درصد، لاستیک ۵۷/۵ درصد، شیشه ۶۴/۷ درصد، سیمان ۱۶/۷ درصد و آلومینیم ۱۸/۸ درصد بیشتر بود (جدول ۸). نتایج این بخش با یافته‌های باریه و مانگوپ مطابقت داشت (۹). به نظر می‌رسد افزایش زاویه پایداری پرشدن نمونه‌های مورد بررسی، در پی بالا رفتن محتوای رطوبتی، باعث تمایل بیشتر دانه‌ها به چسبیدن با یکدیگر می‌شود که این امر منجر به اثر شکل‌پذیری آنها می‌گردد (۵، ۱۴).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که معادلات رگرسیونی برازش شده برای نشان دادن تغییرات خصوصیات اصطکاک ایستایی زاویه‌ی پایداری تخلیه و پر شدن، ضرایب اصطکاک ایستایی روی سطوح ساختمانی مختلف چوب؛ سیمان، آهن گالوانیزه، لاستیک، آلومینیم و استیل دانه‌ی نخود ارقام آرمان، هاشم و ۹۳-۹۳ به عنوان تابعی از میزان رطوبت (در محدوده رطوبتی مورد نظر)، همگی از نوع درجه اول بوده وضرایب تعیین (R^2) بالای بدست آمده نشان دهنده‌ی توابع خطی در این موارد بود (جدول ۹). گزارش شده است که ضریب تعیین زاویه‌ی پایداری دانه‌ی نخود رقم کوچباسی معادل ۰/۹۹۸ است (۱۹) که از نتایج این تحقیق بالاتر بوده ولی از نظر برازش معادله‌ی درجه اول مشابه می‌باشد. ضرایب تعیین (R^2) ضرایب اصطکاک ایستایی روی سطوح ساختمانی لاستیک، تخته چند لا و ورقه‌ی آهن به ترتیب ۰/۹۵۶، ۰/۹۸۹ و ۰/۹۹۹ گزارش شده است (۱۹) که از نتایج تحقیق حاضر در مورد لاستیک و ورقه‌ی آهن گالوانیزه (به ترتیب برای دانه‌ی رقم آرمان ۰/۹۱ و ۰/۸۸، برای دانه‌ی رقم هاشم ۰/۹۷ و ۰/۹۸ و برای دانه‌ی رقم ۹۳-۹۳، ۰/۹۰ و ۰/۹۸) بیشتر است

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مقایسه میانگین ویژگی‌های هندسی نخود ارقام مورد آزمایش تحت تأثیر رقم

رقم	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	ضخامت (میلی‌متر)	میانگین حسابی قطر (میلی‌متر)	میانگین هندسی قطر (میلی‌متر)	سطح جانبی (سانتی‌متر مربع)	ضریب کرویت	مساحت تصویر (میلی‌متر مربع)
آرمان	۹/۰۷۳ b	۷/۳۷۸ b	۷/۰۶۰ b	۷/۸۴۰ b	۷/۷۸۷ b	۱/۹۱۳ b	۰/۸۶۱ a	۵۸/۹۰۰ b
هاشم	۹/۱۸۶ b	۷/۵۲۹ a	۷/۲۲۶ a	۷/۹۷۹ b	۷/۹۳۱ b	۱/.۹۸۵ b	۰/۸۶۵ a	۶۰/۵۷۵ b
۹۳-۹۳	۱۰/۰۳۹ a	۷/۵۵۹ a	۷/۱۶۸ ab	۸/۲۵۵ a	۸/۱۵۶ a	۲/.۰۹۹ a	۰/۸۱۵ b	۶۹/۶۶۳ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های هندسی دانه‌ی نخود ارقام مورد آزمایش تحت تأثیر رطوبت

سطوح رطوبتی (وزن تر، درصد)	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	ضخامت (میلی‌متر)	میانگین حسابی قطر (میلی‌متر)	میانگین هندسی قطر (میلی‌متر)	سطح جانبی (سانتی‌متر مربع)	ضریب کرویت	مساحت تصویر (میلی‌متر مربع)
۷/۱	۹/۱۸۴ c	۷/۲۷۸ c	۶/۸۸۳ c	۷/۷۸۴ c	۷/۷۱۵ c	۱/۸۷۶ c	۰/۸۴۴ a	۵۹/۶۵۴ c
۱۳/۴	۹/۳۱۳ bc	۷/۳۷۶ bc	۶/۹۸۶ c	۷/۸۹۱ bc	۷/۸۲۰ bc	۱/۹۲۷ bc	۰/۸۴۳ a	۶۱/۳۵۸ bc
۲۰/۵	۹/۴۲۶ b	۷/۴۸۶ b	۷/۲۲۳ b	۸/۰۴۵ b	۷/۹۸۳ b	۲/۰۱۲ b	۰/۸۴۹ a	۶۳/۰۳۷ b
۲۸/۵	۹/۸۰۷ a	۷/۸۱۳ a	۷/۵۱۳ a	۸/۳۷۷ a	۸/۳۱۳ a	۲/۱۷۹ a	۰/۸۵۰ a	۶۸/۱۴۲ a

در هر ستون میانگین های دارای حروف یکسان اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های ثقلی دانه‌ی نخود ارقام مورد آزمایش تحت تأثیر رقم

رقم	وزن هزاردانه (گرم)	دانسیته واقعی (کیلوگرم بر متر مکعب)	دانسیته توده (کیلوگرم بر متر مکعب)	حجم (سانتی‌متر مکعب)	تخلخل (درصد)
آرمان	۳۴۸/۳۶۵ b	۱۲۳۵/۵ b	۷۶۸/۸۵ b	۳/۴۴۰ a	۳۷/۳۴۰ ab
هاشم	۳۴۴/۹۷۵ b	۱۳۱۷/۳ a	۷۸۴/۳۵ a	۲/۹۹۵ b	۳۹/۹۶۵ a
۹۳-۹۳	۴۰۸/۹۶۰ a	۱۲۹۴/۰ ab	۷۶۰/۰۵ c	۳/۳۸۵ a	۳۶/۴۰۰ b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان اختلاف معنی‌دار ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- معادلات رگرسیونی بدست آمده برای خصوصیات هندسی دانه‌ی نخود ارقام مورد آزمایش

واریته	میزان رطوبت (درصد، وزن تر)	معادله	ضریب تعیین (R^2)
آرمان	۷/۱-۲۸/۵	$L = ۰/۰۲۹\ M_C + ۸/۵۰۳۷$	۰/۹۶
		$W = ۰/۰۲۸۴\ M_C + ۶/۸۸۲۲$	۰/۸۶
		$T = ۰/۰۳۴۱\ M_C + ۶/۴۷۸۱$	۰/۹۴
		$D_a = ۰/۰۳۱۶\ M_C + ۷/۲۹۲۸$	۰/۹۵
		$D_g = ۰/۰۳۱۸\ M_C + ۷/۲۳۳۲$	۰/۹۶
		$S = ۰/۰۱۵۹\ M_C + ۱/۶۳۳۸$	۰/۹۵
		$A = ۰/۴۳۲۳\ M_c + ۵۱/۳۶۵$	۰/۹۴
		$\varphi = ۰/۰۰۰۴\ M_c + ۰/۸۵۳$	۰/۶۰
		$\varphi = -۲E-۰۵\ M_c^۲ - ۰/۰۰۰۵\ M_C + ۰/۸۵۹$	۰/۷۰
هاشم	۷/۱-۲۸/۵	$L = ۰/۰۳۷۶\ M_c + ۸/۵۳۴۲$	۰/۷۶
		$W = ۰/۰۲۵۶\ M_c + ۷/۰۸۵$	۰/۹۱
		$T = ۰/۰۳۱۶\ M_c + ۶/۶۷۵۸$	۰/۸۲
		$D_a = ۰/۰۳۱۵\ M_C + ۷/۴۳۱۹$	۰/۸۳
		$D_g = ۰/۰۳۱۸\ M_C + ۷/۳۷۷۱$	۰/۸۴
		$S = ۰/۰۱۶۲\ M_C + ۱/۷۰۱۲$	۰/۸۴
		$A = ۰/۴۸۱۲\ M_c + ۵۲/۲۱۲$	۰/۷۹
		$\varphi = -۰/۰۰۰۱\ M_C + ۰/۸۶۶۸$	۰/۶۸
		$\varphi = -۶E-۰۵\ M_c^۲ - ۰/۰۰۱۹\ M_C + ۰/۸۵۲۳$	۰/۷۲
۹۳-۹۳	۷/۱-۲۸/۵	$L = ۰/۰۱۴۶\ M_C + ۹/۸۷۱۵$	۰/۸۹
		$W = ۰/۰۱۹۵\ M_C + ۷/۲۱۸۸$	۰/۹۹
		$T = ۰/۰۲۳۸\ M_C + ۶/۷۵۴۰$	۰/۹۷
		$D_a = ۰/۰۱۹۵\ M_C + ۷/۹۱۶۵$	۰/۹۸
		$D_g = ۰/۰۱۹۹\ M_C + ۷/۸۱۱۵$	۰/۹۸
		$S = ۰/۰۱۰۴\ M_C + ۱/۹۱۶۱$	۰/۹۸
		$A = ۰/۲۴۴۷\ M_c + ۶۵/۴۰۸$	۰/۹۴
		$\varphi = ۰/۰۰۰۸\ M_c + ۰/۷۹۹۷$	۰/۸۶

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- معادلات رگرسیونی بدست آمده برای خصوصیات ثقلی دانه‌ی نخود ارقام مورد آزمایش

واریته	میزان رطوبت (درصد، وزن تر)	معادله	ضریب تعیین (R^2)
آرمان	۷/۱-۲۸/۵	$\rho_b = -۱/۴۹۵۲ M_c + ۷۹۴/۷۳$	۰/۹۷
		$\rho_t = ۷/۸۷۵۳ M_c + ۱۰۹۸/۹$	۰/۹۶
		$\varepsilon = ۰/۵۷۳۹ + ۲۷/۳۵۳$	۰/۹۳
		$V = ۰/۰۲۵۲ M_C + ۳/۰۱۲۷$	۰/۹۵
		$m_{1000} = ۳/۷۸۲۵ M_c + ۲۸۲/۶۸$	۰/۷۹
هاشم	۷/۱-۲۸/۵		
		$\rho_b = -۵/۰۷۵۵ M_c + ۸۷۲/۴۴$	۰/۹۸
		$\rho_t = ۵/۰۳۸۳ M_c + ۱۲۲۹/۵$	۰/۷۹
		$= -۰/۳۵۱۷ M_c^2 + ۱۷/۶۱۷ M_C + ۱۱۳۹/۵$	۰/۹۴
		$\varepsilon = ۰/۶۴۵۴ + ۲۸/۷۶۱$	۰/۹۸
		$V = ۰/۰۲۹۳ M_C + ۲/۴۸۵۲$	۰/۹۸
		$m_{1000} = ۵/۱۸ M_c + ۲۵۴/۰۷$	۰/۹۴
۹۳-۹۳	۷/۱-۲۸/۵	$\rho_b = -۳/۶۴۴ M_c + ۸۲۳/۵۶$	۰/۹۴
		$\rho_t = ۵/۸۶۹۲ M_c + ۱۱۹۲$	۰/۹۲
		$\varepsilon = ۰/۶۶۳۹ + ۲۸/۳۹$	۰/۹۷
		$V = ۰/۰۲۹۸ M_C + ۲/۸۶۷۸$	۰/۹۵
		$m_{1000} = ۶/۰۱۹۳ M_c + ۳۰۴/۵۶$	۰/۹۶

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦- مقایسه میانگین ویژگی‌های ثقلی دانه‌ی نخود ارقام مورد آزمایش تحت تأثیر رطوبت

سطح رطوبتی (وزن تر، درصد)	وزن هزاردانه (گرم)	دانسیته واقعی (کیلوگرم بر متر مکعب)	دانسیته توده (کیلوگرم بر متر مکعب)	حجم (سانتی‌متر مکعب)	تخلخل (درصد)
۷/۱	۳۲۶/۰۰۰ d	۱۲۰۹/۶۷ c	۸۰۴/۰۰ a	۲/۹۶۰ d	۳۲/۱۴ c
۱۳/۴	۳۴۱/۳۹۳ c	۱۲۷۰/۰۰ bc	۷۸۸/۶۰ b	۳/۲۰۰ c	۳۶/۹۸ b
۲۰/۵	۳۶۸/۱۶۷ b	۱۳۰۰/۴۷ ab	۷۵۸/۳۳ c	۳/۳۷۳ b	۴۱/۶۹ a
۲۸/۵	۴۳۴/۱۷۳ a	۱۳۴۸/۹۳ a	۷۳۳/۴۰ d	۳/۵۶۰ a	۴۰/۷۹ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین ویژگی‌های اصطکاکی دانه‌ی نخود ارقام مورد آزمایش تحت تأثیر رقم

رقم	زاویه پایداری		ضریب اصطکاک ایستایی					
	پرشدن	تخلیه	شیشه	آلومینیم	استیل	آهن گالوانیزه	لاستیک	سیمان	چوب
آرمان	۲۹/۰۶۰ a	۳۱/۹۰۵ a	۰/۴۵۳ a	۰/۵۲۸ b	۰/۴۹۴ a	۰/۵۶۹ a	۰/۴۷۹ a	۰/۵۸۶ a	۰/۵۴۶ a
هاشم	۲۳/۱۵۵ c	۲۹/۸۸۰ b	۰/۴۵۳ a	۰/۵۱۳ b	۰/۴۶۸ b	۰/۴۹۰ c	۰/۴۵۱ b	۰/۵۷۹ a	۰/۵۳۳ a
۹۳-۹۳	۲۷/۸۶۵ b	۲۹/۶۰۰ b	۰/۴۶۳ a	۰/۵۵۴ a	۰/۵۰۴ a	۰/۵۲۰ b	۰/۴۷۰ a	۰/۵۹۴ a	۰/۵۴۳ a

در هر ستون میانگین های دارای حروف یکسان اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۸- مقایسه میانگین ویژگی‌های اصطکاکی دانه‌ی نخود ارقام مورد آزمایش تحت تأثیر رطوبت

رطوبت (وزن تر،درصد)	زاویه پایداری		ضریب اصطکاک ایستایی					
	پرشدن	تخلیه	شیشه	آلومینیم	استیل	آهن گالوانیزه	لاستیک	سیمان	چوب
۷/۱	۲۳/۵۷ d	۲۸/۱۶ c	۰/۳۴ d	۰/۴۸ c	۰/۴۳ d	۰/۴۷ d	۰/۴۰ d	۰/۵۴ d	۰/۴۹ d
۱۳/۴	۲۵/۹۵ c	۳۰/۴۲ b	۰/۴۰ c	۰/۵۱ b	۰/۴۵ c	۰/۵۱ c	۰/۴۴ c	۰/۵۷ c	۰/۵۳ c
۲۰/۵	۲۷/۶۳ b	۳۱/۱۱ ab	۰/۵۳ b	۰/۵۵ a	۰/۵۱ b	۰/۵۵ b	۰/۵۰ b	۰/۶۰ b	۰/۵۵ b
۲۸/۵	۲۹/۶۴ a	۳۲/۱۵ a	۰/۵۶ a	۰/۵۷ a	۰/۵۶ a	۰/۵۸ a	۰/۵۳ a	۰/۶۳ a	۰/۵۹ a

در هر ستون میانگین های دارای حروف یکسان اختلاف معنی‌دار ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۹- معادلات رگرسیونی بدست آمده برای خصوصیات اصطکاکی دانه‌ی نخود ارقام مورد آزمایش

واریته	میزان رطوبت (وزن تر، درصد)	معادله	ضریب تعیین (R^2)
آرمان	۷/۱-۲۸/۵	$\theta_e = ۰/۱۹۹ M_C + ۲۸/۴۶۸$	۰/۸۵
		$\theta_f = ۰/۴۴۱۶ M_C + ۲۱/۴۰۳$	۰/۹۸
		$\mu_w = ۰/۰۰۳۵ M_C + ۰/۴۸۶۴$	۰/۹۶
		$\mu_{Al} = ۰/۰۰۳۶ M_C + ۰/۴۶۲۴$	۰/۹۵
		$\mu_{ru} = ۰/۰۰۶۱ M_C + ۰/۳۷۴۲$	۰/۹۱
		$\mu_{cem} = ۰/۰۰۴ M_C + ۰/۵۱۲۹$	۰/۹۱
		$\mu_{gi} = ۰/۰۰۵۷ M_C + ۰/۴۶۹۳$	۰/۸۸
		$\mu_{St} = ۰/۰۰۴۴ M_C + ۰/۴۱۷۸$	۰/۹۵
		$\mu_{gl} = ۰/۰۰۷۵ M_C + ۰/۳۱۹۹$	۰/۹۵
هاشم	۷/۱-۲۸/۵	$\theta_e = ۰/۲۸۰۵ M_C + ۲۱/۴۰۳$	۰/۹۸
		$\theta_f = ۰/۲۵۲۹ M_C + ۱۸/۷۵۶$	۰/۹۶
		$\mu_w = ۰/۰۰۴ M_C + ۰/۴۶۲۹$	۰/۹۱
		$\mu_{Al} = ۰/۰۰۶ M_C + ۰/۴۰۸۳$	۰/۹۵
		$\mu_{ru} = ۰/۰۰۶۵ M_C + ۰/۳۳۷۷$	۰/۹۷
		$\mu_{cem} = ۰/۰۰۲۸ M_C + ۰/۵۳۱۴$	۰/۹۹۷
		$\mu_{gi} = ۰/۰۰۳۸ M_C + ۰/۴۳۷۲$	۰/۹۸
		$\mu_{St} = ۰/۰۰۷۱ M_C + ۰/۳۴۳۳$	۰/۹۴
		$\mu_{gl} = ۰/۰۱۰۱ M_C + ۰/۲۷۶۶$	۰/۹۰
۹۳-۹۳	۷/۱-۲۸/۵	$\theta_e = ۰/۲۱۴۶ M_C + ۲۷/۲۲۱$	۰/۹۵
		$\theta_f = ۰/۱۴۱۲ M_C + ۲۵/۳۹۷$	۰/۹۸
		$\mu_w = ۰/۰۰۵۵ M_C + ۰/۴۴۷۵$	۰/۹۷
		$\mu_{Al} = ۰/۰۰۳۴ M_C + ۰/۴۹۶۷$	۰/۹۹
		$\mu_{ru} = ۰/۰۰۶۷ M_C + ۰/۳۵۴$	۰/۹۰
		$\mu_{cem} = ۰/۰۰۴۷ M_C + ۰/۵۱۱۴$	۰/۹۸
		$\mu_{gi} = ۰/۰۰۶۸ M_C + ۰/۴۰۲۲$	۰/۹۸
		$\mu_{St} = ۰/۰۰۸ M_C + ۰/۳۶۶۶$	۰/۹۳
		$\mu_{gl} = ۰/۰۱۴۵ M_C + ۰/۲۱۳$	۰/۹۰

Archive of SID

www.SID.ir

٤- نتیجه‌گیری

از لحاظ خصوصیات هندسی می‌توان گفت که دانه‌ی نخود رقم ۹۳-۹۳ دارای طول، عرض، میانگین حسابی قطر، میانگین هندسی قطر و مساحت تصویر بیشتری از دو رقم دیگر بود ولی ضخامت رقم هاشم بیشتر بود. با افزایش میزان رطوبت هریک از ویژگی‌های هندسی به جز ضریب کرویت به صورت معنی‌داری افزایش یافت. از لحاظ خصوصیات ثقلی، میزان دانسیته واقعی، دانسیته توده و تخلخل در رقم هاشم بیشتر بود ولی میزان وزن هزاردانه در زقم ۹۳-۹۳ و حجم در رقم آرمان بیشتر بود. با افزایش میزان رطوبت، وزن هزار دانه، دانسیته واقعی، حجم و تخلخل افزایش ولی دانسیته توده کاهش یافت. در مورد خصوصیات اصطکاکی نیز می‌توان بیان کرد که با افزایش رطوبت، زاویه پایداری پر شدن و تخلیه و ضریب اصطکاکی روی تمام سطوح افزایش یافت.

٥- منابع

۱- رضوی، م. ع. و اکبری، ر. ۱۳۸۸. خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- رضوی، م. ع. زایرزاده، ا.خفاجی، ن. و پهلوانی، م. ۱۳۸۹. بررسی برخی خواص فیزیکی و بذر و لپه نخود دسی واریته کاکا. *پژوهش‌های حبوبات ایران*، جلد ۱، شماره ۱، ۸۳-۷۷.

۳- زاهدی، س. م. ت. طاهری، ا. موسوی، س. م. و جعفری، س. م. ۱۳۸۸. بررسی اثر محتوای رطوبتی بر شاخص‌های فیزیکوشیمیایی دو رقم عدس کشت شده در ایران. *فصلنامه‌ی علوم و فناوری غذایی*، سال اول، شماره اول. سبزوار.

۴- کرمانی، ع. ۱۳۸۷. برخی خواص فیزیکی و مکانیکی فندق و مغز آن. *مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون*، دانشگاه فردوسی مشهد.

5- Altuntas, E., Özgoz, E., and Taser, O. F. 2005. Some physical properties of fenugreek (*Trigonella foenumgraceum* L.) seeds. *Journal of Food Engineering*, 71, 37-43.

6- Amin, M. N., Hossain, M. A. and Roy, K. C. 2003. Effects of moisture content on some physical properties of lentil seeds. Journal of Food Engineering, v(65): 83-87.

7- ASAE S352.2. 1997. *Moisture Measurement — Unground Grain and Seeds*, *ASAE standards* vol. 555, ASAE, St. Joseph, MI

8- Balasubramanian, D., 2001. Physical properties of raw cashew *nut Journal of Agricultural Engineering Research*. 78: 291–297.

9- Baryeh, E.A., and Mangope, B. K. 2003. Some physical properties of QP-38 variety pigeon pea. *Journal of Food Engineering*, 56(1), 59-65.

10- Baümler, 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(2), 134-140.

11- Bülent Coşkun, M., Yalçin, I., and Özarslan, C. 2006. Physical properties of sweet corn seed (Zea mays saccharata Sturt.). *Journal of Food Engineering*, 74(4), 523-528.

12- Çağatay Selvi, K., Pinar, Y., and Yeşiloğlu, E. 2006. Some Physical Properties of Linseed. *Biosystems Engineering*, 95(4), 607-612.

13- Çarman K. 1996. Some Physical Properties of Lentil Seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 63(2), 87-92.

14- Deshpande, S. D., Bal, S., and Ojha, T. P. 1993. Physical Properties of Soybean. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 56(2), 89-98.

15- Dutta, S. K., Nema, V. K., and Bhardwaj, R. K. 1988. Physical properties of gram**.** *Journal of Agricultural Engineering Research*. 39(4), 259-268.

16- Ghasemi, M., Mobli, H., Jafari, A., Keyhani, A. R., Soltanabadi, M. H., Rafiee, S., et al. 2008. Some physical properties of rough rice (Oryza Sativa L.) grain. *J. Cereal Sci.* 47: 496-501.

17- Gupta, R. K., and Das, S. K. 1997. Physical Properties of Sunflower Seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 66(1), 1-8.

18- Kaleemullah, S., and Gunasekar, J. J. 2002. Moisture-dependent physical properties of areca nut kernals. *Biosystem Engineering*. 82(3), 331-338.

19- Konak, K., Çarman, K. and Aydin, C. 2002. Physica; properties of chick pea seeds. *Biosystems Engineering*, 82, 144-169.

20- Mohsenin, N. N. 1986. *Physical Properties of Plants and Animal Materials*. Gordon and Breach Sci. Publ., New York.

21- Sreenarayanan, V. V., Viswanathan, R., and Subramanian, V. 1988. Physical and thermal properties of soybean. *Journal of Agricultural Engineering Research*.65, 15-22.

22- USDA. 2011. United States of Department Agriculture. Foreign Agricultural Service. Office of Global Analysis. International Production Assessment Division. Washington, DC, USA.

Archive of SID

www.SID.ir