نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

تعیین برخی خواص فیزیکی و آیرودینامیکی لوبیا (بومی‌اردبیل)

بهروز ایمانی[1*]، غلامحسین شاهقلی[2]، یوسف پورحسن[3]

۱، ۲ و ۳ – به ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد، استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مکانیک بیوسیستم دانشکده فناوری‌کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی

ایمیل مکاتبه کننده: behroozimani93@gmail.com

چکیده

تعیین خواص فیزیکی و آیرودینامیکی محصولات کشاورزی در طراحی تجهیزات کاشت، داشت، برداشت،تمیزکردن، مرتب-کردن (سورتینگ) و طراحی نقاله‌های پنوماتیک از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد . در این تحقیق برخی از خواص فیزیکی و آیرودینامیکی لوبیا (بومی اردبیل) در سه سطح رطوبتی ۱۲٪، ۱۵٪ و ۱۸٪ (برپایه تر) مورد بررسی قرارگرفته است. برای تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشی، از طرح ANOVA و فاکتوریل در قالب طرح‌های کاملاً تصادفی و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. نتایج نشان داد که میانگین تمام صفت‌های آزمایشی با افزایش رطوبت افزایش می-یابند. اثر رطوبت و سطح تماس بر ضریب اصطکاک استاتیکی در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل رطوبت و سطح (صفحه) در سطح احتمال ۵٪ معنی‌داری نشان دادند، و کمترین ضریب اصطکاک در رطوبت ۱۲٪ مربوط به سطح گالوانیزه به میزان ۰/۲۰۲ و بیشترین ضریب اصطکاک در رطوبت ۱۸٪ مربوط به سطح آهن به میزان ۰/۳٦٤ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خواص فیزیکی و آیرودینامیکی، رطوبت، لوبیا

مقدمه

افزایش روز افزون نقش اقتصادی محصولات کشاورزی و مواد غذایی در جوامع امروزی و پیچیدگی فناوری‌های مدرن برای تولید محصول مناسب در مراحل (کاشت، داشت و برداشت)، حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی، فراوری، نگهداری، ارزیابی و مصرف این محصولات، نیازمند درک دقیق و صحیح خواص فیزیکی است. همچنین خواص فیزیکی بر خصوصیات انتقال هیدرودینامیکی و پنوماتیکی مواد جامد، سرد کردن و حرارت دادن مواد غذایی تأثیر می‌گذارد. مهم‌ترین خواص هندسی یک محصول؛ شکل، اندازه (ابعاد)، قطرهای هندسی و حسابی، سطح و کرویت، تخلخل، چگالی توده و چگالی حقیقی مهم‌ترین عواملی هستند که در طراحی سیستم‌های خشک کن و هوادهی مورد توجه قرار می‌گیرند؛ چون این خواص بر مقاومت جرمی که در مقابل جریان هوا قرار دارد، تأثیر می‌گذارند. در تئوری‌هایی که برای پیش‌بینی فضای انبار به کار می‌روند، دانسیته توده عامل اساسی به شمار می‌رود. وزن هزار دانه، شاخص مؤثر و مفیدی در تعیین قطر معادل است و می‌تواند برای تخمین تئوریک حجم دانه و همچنین در پاک کردن آن‌ها با استفاده از نیروهای آیرودینامیکی به‌کار گرفته شود (رضوی و همکاران، ۱۳۸۸).

مواد و روشها

آماده‌سازی نمونه‌ها و تعیین میزان رطوبت

نمونه‌های مورد آزمون از شهرستان اردبیل که بومی آن منطقه‌است، تهیه شد. کلیه دانه‌های لوبیا به صورت دستی تمیز و بوجاری شدند. رطوبت اولیه دانه‌ها نیز با استفاده از آون الکتریکی ۱۲٪ تعیین گردید؛ جهت تهیه‌ی نمونه-هایی با درصد بالاتر و مطابق با سطوح رطوبتی مورد نظر در آزمایش، مقادیر محاسبه شده‌ی از آب مقطر به نمونه‌ها افزوده شد. مقدار آب مقطر اضافه شده از رابطه‌ی (۱) محاسبه گردید:

$$Q = [W_i(M_f - M_i)/(100 - M_f)] \quad (۱)$$

در رابطه‌ی(۱)، Q: میزان آب اضافه شده(لیتر)، W_i: جرم اولیه‌ی نمونه (گرم)، M_f: رطوبت مورد نیاز (درصد)، M_i: رطوبت اولیه(درصد). سپس نمونه‌ها در کیسه‌های نایلونی جداگانه ریخته شد و درب کیسه‌ها محکم بسته شدند. بعد نمونه‌ها در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد در یخچال به مدت یک هفته نگهداری شدند تا رطوبت به توزیع یکنواخت در سراسر نمونه برسد. نمونه‌های مورد نیاز از یخچال برداشته و در حدود ۲ ساعت در دمای اتاق ماند تا به دمای تعادل برسد (زمان مجاز)(Sing et al, 1996).

تعیین خصوصیات هندسی

همه خواص فیزیکی دانه در سه سطح رطوبتی ۱۲٪، ۱۵٪، ۱۸٪ (بر پایه تر) تعیین شد. برای اندازه گیری ابعاد یعنی طول، عرض و ضخامت در سه سطح رطوبتی از هر رقم ۳۵ عدد به صورت تصادفی انتخاب شده و با استفاده ازکولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای محاسبه میانگین قطر حسابی و هندسی ارقام از روابط (۲) و (۳) استفاده شد (Mohsenin, 1978).

$$D_a = \frac{L+W+T}{3} \quad (۲)$$

$$D_g = \sqrt[3]{L.W.T} \quad (۳)$$

ضریب کرویت و سطح تصویر شده نمونه ها با استفاده از روابط (٤) و (٥) محاسبه شد (محسنین، ۱۹۷۸).

$$\varphi = \frac{\sqrt[3]{L.W.T}}{L} \quad (٤)$$

$$z = L + \frac{W}{2} \; , \; s = \frac{\pi . L . z}{4} \quad (٥)$$

D_a: قطر حسابی برحسب میلی‌متر، D_g: قطر هندسی برحسب میلی‌متر، L: طول برحسب میلی‌متر، W: عرض برحسب میلی‌متر، T: ضخامت بر حسب میلی‌متر، φ: ضریب‌کرویت برحسب درصد و S: سطح تصویر بر حسب میلی-مترمربع.

تعیین خصوصیات ثقلی

برای اندازه گیری جرم هزار دانه ارقام در سه سطح رطوبتی، از هر نمونه ۳۵ عدد در ۵ تکرار به صورت تصادفی انتخاب شده و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند بعد میانگین داده ها در عدد (۱۰۰۰ تقسیم بر ۳۵) ضرب شد و عدد حاصل نشانگر وزن هزاردانه می‌باشد. برای اندازه‌گیری چگالی توده (ρ_b) طبق رابطه (٦) یک استوانه خالی را با حجم مشخص پر از نمونه کرده، از تقسیم جرم توده (M_b) بر حجم توده (V_b)،میزان چگالی توده به دست آمد (Carman, 1996). جهت تعیین چگالی واقعی (P_t) از تولوئن غیر جاذب استفاده شد تا فضای خالی ما بین نمونه‌ها تعیین شده و از کاستن حجم توده از آن، حجم واقعی محاسبه شد. با تقسیم جرم توده به حجم واقعی، میزان چگالی حقیقی محاسبه شد. سپس با توجه به رابطه‌ی (۷) میزان تخلخل (ε) نمونه به دست آمد(قاسمی و همکاران، ۲۰۰۸).

$$\rho_b = \frac{M_b}{V_b} \quad (٦)$$

$$\varepsilon = \frac{(\rho_t - \rho_b)}{\rho_t} \quad (٧)$$

ρ_b و ρ_t : به ترتیب چگالی توده و چگالی واقعی برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، M_b: جرم توده برحسب کیلوگرم، V_b : حجم توده برحسب مترمکعب و ε : تخلخل برحسب درصد.

تعیین خصوصیات اصطکاک استاتیکی

برای تعیین ضریب اصطکاک استاتیکی ارقام در سه سطح رطوبتی از سه ورق آلومینیوم، آهن و گالوانیزه در ۵ تکرار بر روی سطح شیبدار قابل تنظیم ، با دقت ۰/۱ درجه استفاده شد. برای این منظور لوبیا را به صورت توده ای داخل استوانه‌ای دو سر باز با قطر ٤/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵/۵ سانتی‌متر پر و برای جلوگیری از تماس استوانه با سطح، استوانه کمی بالا آورده می‌شد. بعد زاویه سطح شیبدار به آرامی افزایش داده شد و شیب زاویه سنج در آستانه حرکت دانه‌های داخل استوانه بر روی سطوح فلزی مختلف ثبت گردید و با قرار دادن آن در رابطه (۸) ضریب اصطکاک استاتیکی محاسبه گردید.

$$\mu = tan\alpha \quad (٨)$$

μ : ضریب اصطکاک بدون بعد و α: زاویه سطح با افق برحسب درجه.

تعیین سرعت حد

برای تعیین سرعت حد دانه لوبیا در سه سطح رطوبتی از دستگاه تونل باد عمودی، استفاده شد. از یک دمنده باد الکتریکی با توان ٦٢٠ وات با میزان دور قابل تنظیم برای تامین باد مورد نیاز تونل باد، و از سنسور سیم داغ (هات وایر) با دقت ۰/۰۱ متر بر ثانیه (مدل TES - 1340) برای ثبت سرعت باد استفاده شد. برای آرام سازی جریان هوا از لانه زنبوری در مسیر باد استفاده شد در این آزمایش دانه‌ها به صورت تکی داخل تونل باد انداخته می شد بعد میزان باد افزایش داده می‌شد تا دانه در هوا معلق شود (سرعت حد دانه) بعد با استفاده از سنسور سیم داغ سرعت باد در این حالت ثبت می‌گردید این آزمایش برای هر تیمار در ۱۰ تکرار انجام شد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشی، از طرح آنوا (Anova) و فاکتوریل در قالب طرح‌های کاملا تصادفی و برای مقایسه اثـرات اصلی و اثـرات متقابل از آزمون چند دامنه ای دانـکن با استفاده از نرم افـزار SPSS 22 استفاده شد و نمودارها بوسیله نرم افزار XCELE ترسیم گردید.

بحث و نتایج

خصوصیات هندسی

خلاصه نتایج تجزیه واریانس صفت‌های آزمایشی مربوط به خواص فیزیکی و آیرودینامیکی لوبیا در جداول زیر بیان شده است:

مطابق جدول (۱) ، در تمام صفت‌ها، با افزایش درصد رطوبت عامل‌های آزمایشی نیز افزایش نشان می‌دهند.

جدول۱: میانگین هندسی صفت های آزمایشی در سه سطح رطوبتی

مشخصات / رطوبت(٪)	٪۱۲	٪۱۵	٪۱۸
طول (mm)	۱۲/۸۱۰	۱۲/۹۵۰	۱۳/٤۰۸
عرض (mm)	۹/۱۲۹	۹/۲٦٤	۹/۸٤٥
ضخامت (mm)	٦/۸٦۷	۷/۳۰۱	۹/٦٥۰
قطرحسابی (mm)	۹/٦٤۸	۹/۷٤٦	۱۰/۹۲۷
قطر هندسی (mm)	۹/۳۲۳	۹/٤۰٦	۱۰/۳۳٤
کرویت (%)	۷۲/۹	۷۳/٥	۷۷/۳
سطح تصویرشده(mm^2)	۱۱۰/۸۹۰	۱۱۱/۷۲۷	۱۲۱/۸۳٥
حجم دانه (mm^3)	٤۳٥/٤۹٤	٤٥۰/۹٤۹	٥۲۸/۸۸۹

مطابق جدول (۲) که نتایج تجزیه واریانس را بیان می‌کندکه؛ ضخامت و قطر حسابی در سطح احتمال ۱درصد، طول، عرض، سطح تصویر و حجم دانه در سطح احتمال ٥ درصد معنی‌دار و کرویت غیر معنی‌داری از خود نشان دادند.

جدول۲: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مشخصات هندسی

ردیف	منابع تغییرات	رطوبت	خطا
۱	درجه آزادی	۲	۱۰۲
۲	طول	٤/۱۸۲*	۱/۲۸٦
۳	عرض	۳/۲۸۲*	۰/۷۹٤
٤	ضخامت	٥/۳۸٦**	۰/۸۹۳
٥	قطر حسابی	۳/۷۸۲**	۰/۷۰۳
٦	قطر هندسی	۳/۲۰۳*	۰/٦۹۸
۷	کرویت	۰/۰۱۷ns	۰/۰۰۸
۸	سطح تصویر	۱۲۹۹/۱۱۱*	۳٦٥/٥٤۸
۹	حجم دانه	۸۷۷۱۱/۹۰۸*	۱٥۹٦۸/۸٦٤

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪، * معنی‌دار ی در سطح احتمال ٥٪ و ns غیر معنی‌دار

خصوصیات ثقلی

مطابق جدول (۳) که نتایج مقایسه میانگین ثقلی را نشان می‌دهد در تمام صفت‌ها با افزایش درصد رطوبت عامل-های آزمایشی نیز افزایش می‌یابد.

جدول۳: میانگین ثقلی صفت های آزمایشی در سه سطح رطوبتی

مشخصات / رطوبت(٪)	٪۱۲	٪۱٥	٪۱۸
جرم هزار دانه (gr)	٤۷۱/۷٥۷	٤۹٦/۰۱۸	٥۳۷/۱۱٦
چگالی توده (kg/m^3)	٦۹۲	۷۰۳	۷۱٤
چگالی حقیقی (kg/m^3)	۱۲٤۷	۱۲۸۱	۱۳۰٤
حجم استوانه (mm^3)	۱۳۲۲۱۹/۷	۱۳۲۲۱۹/۷	۱۳۲۲۱۹/۷
جرم ماده (gr)	۹۱/٤۳۷	۹۲/٦٦٤	۹۳/۷٤٦
تخلخل	٤٤/٥۰	٤٥/۱۲	٤٥/۲٥

تعیین اصطکاک استاتیکی

مطابق جدول (٤) تجزیه و تحلیل داده‌های ضریب اصطکاک نشان داد که اثر رطوبت و سطح (فلزات) در سطح احتمال ۱٪ و همچنین اثر متقابل رطوبت و سطح (فلزات) در سطح احتمال ٥٪ معنی‌دار می‌باشند.

جدول٤: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ضریب اصطکاک

ردیف	منابع تغییرات	درجه‌آزادی	ضریب اصطکاک
۱	رطوبت	۲	۰/۰۵۵**
۲	سطح	۲	۰/۰۰۸**
۳	رطوبت * سطح	٤	۰/۰۰۳*
٤	خطا	۳٦	۰/۰۰۰

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪

مطابق شکل ۱ نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رطوبت و سطح بر ضریب اصطکاک استاتیکی نشان داد که با افزایش رطوبت ضریب اصطکاک استاتیکی نیز افزایش می‌یابد و علت آن افزایش چسپندگی بین سطح و دانه می‌باشد. کمترین ضریب اصطکاک در رطوبت ۱۲٪ مربوط به سطح گالوانیزه به میزان ۰/۲۰۲ و بیشترین ضریب اصطکاک در رطوبت ۱۸٪ مربوط به سطح آهن به میزان ۰/۳٦٤ می‌باشد.

شکل ۱: اثر متقابل رطوبت و سطح بر ضریب اصطکاک استاتیکی لوبیا

تعیین سرعت حد

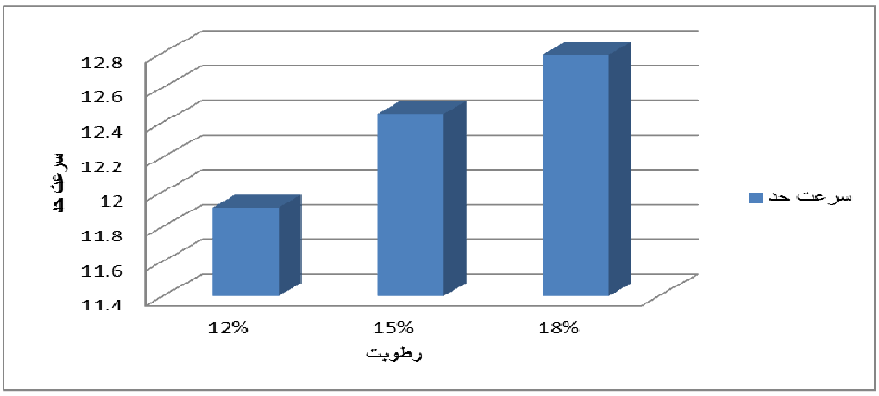
مطابق جدول (۵) اثر درصد رطوبت بر سرعت حد دانه لوبیا در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار نشان داد.

جدول۵: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سرعت حد

ردیف	منابع تغییرات	درجه‌آزادی	سرعت حد
۱	رطوبت	۲	۱/۹٤۷**
۲	خطا	۲۷	۰/۲۷٦

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

شکل ۲ نتایج مقایسه میانگین اثر رطوبت بر سرعت حد نشان داد که با افزایش رطوبت سرعت حد دانه لوبیا نیز افزایش می‌یابد که از ۱۱/۹۱۱ به ۱۲/۷۹۰ متر بر ثانیه رسید.



شکل ۲: اثر رطوبت بر سرعت حد لوبیا

نتیجه‌گیری

با افزایش درصد رطوبت، حجم دانه‌ها بیشتر شده و در نتیجه ابعاد و جرم آنها نیز افزایش می‌یابد.

با افزایش حجم دانه‌ها سطح تماس آنها در مقابل جریان هوا زیاد شده و سرعت حد نیز افزایش پیدا می‌کند.

افزایش رطوبت باعث چسبندگی بیشتر دانه به سطح آزمایشی شده و در نتیجه ضریب اصطکاک دانه افزایش نشان می‌دهد. اهمیت در اختیار داشتن اطلاعات و داده‌های دقیق علمی در زمینه خصوصیات فیزیکی محصولات کشاورزی با کاربرد صنعتی، امری کاملاً بدیهی می‌باشد. نیاز روز افزون بخش کشاورزی در جهت طراحی و ساخت تجهیزات و ماشین‌آلات مورد نیاز در این زمینه از یک سو و کمبود داده‌های خواص فیزیکی مورد نیاز در طراحی فرایندها در صنایع تبدیلی از سوی دیگر، تأکیدی بر ضرورت پژوهش در زمینه مذکور است.

منابع و مآخذ

۱. رضوی، س.م.ع. اکبری، ر. ۱۳۸۸. خواص بیو فیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. مشهد.

2. Çarman, k. 1996. Some Physical Properties of Lentil Seeds. Journal of Agricultural Engineering Research. No. 63(2). pp. 87-92.

3. Ghasemi, M. Mobli, H. Jafari, A. Keyhani, A.R. Soltanabadi, M.H. Rafiee, S. 2008. Some physical properties of rough rice (OryzaSativa L.) grain. J. Cereal Sci. No. 47. pp. 496-501.

4. Mohsenin, N.N. 1978 . Physical Properties of Plant and Animal Meterials Structure Physical characteristis and Mechanical properties. Gordon and Breach science publishers. p. 742.

5. Singh, K.K.& Goswami, T.K.1996. Physical properties of cumin seed. Journal of Agricultural Engineering Research. vol. 64. no. 2. pp. 93–98.

Determination of some physical properties and aerodynamic beans (Native Ardabil)

Abstract

Determination of Physical and aerodynamic properties of Agricultural products is great importance in designing for planting, harvesting, sorting, cleaning machines, and also designing of pneumatic conveyors. The research investigated some of the physical and aerodynamic properties of beans (native Ardabil) in the moisture level of 13%, 15% and 17% . Experiments were conducted based on factorial design as completely randomized design with three replications and Anova test was used for data analysis. Duncan's multiple range test was used to compare the main effects and interactions which were significant. The effect of moisture and contact surface for the coefficient of static friction was significant at 1% and mutual binary effect of moisture on contact surface was significance at 5%. The lowest coefficient of friction of 0.202 was obtained at the moisture content 12% galvanized surface, and maximum friction coefficient of 0.364 was obtained at the moisture content of 18% on Iron surface iron.

Keywords: physical and aerodynamic properties, moisture content, bean