ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران (کرج)
۲٤ و ۲۵ شهریور ۱۳۸۹

# بررسی اثر رطوبت بر برخی از خصوصیات فیزیکی دانه باقلا سبز

**اسماعیل عرار گاطع، امین اله معصومی**[۱]

[۱]بترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
e.arargatea@ag.iut.ac.ir

## چکیده

اثر محتوای رطوبتی در محدوده ۸/۱٦ تا ۷٦/۱۲٪ بر برخی خواص فیزیکی دانه‌های باقلا سبز بررسی گردید. حجم نمونه‌ها با استفاده از روش جابجایی مایع و ضریب اصطکاک استاتیکی بر روی چهار سطح مختلف با روش سطح شیب‌دار اندازه‌گیری شد. رابطه ریاضی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده با محتوای رطوبتی نمونه‌ها و همچنین رابطه بین حجم نمونه‌ها با ابعاد آنها تعیین گردید. با بررسی داده‌های بدست آمده معلوم شد که با افزایش محتوای رطوبتی از ۸/۱٦ تا ۷٦/۱۲٪ تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده از جمله طول، عرض، ضخامت، سطح تصویر شده، میانگین قطر هندسی، کرویت، وزن هزار دانه و جرم واحد افزایش یافت. با افزایش محتوای رطوبتی در محدوده آزمایش، میزان تخلخل از ۸٦/۵۸ به ٤٤/۳ درصد تنزل یافت، ولی دانسیته دانه‌ای، دانسیته توده بترتیب از ۰/۸۱۹ تا ۱/۲٦ گرم بر سانتی‌متر مکعب، ۰/۱۱ تا۰/۵٤ گرم بر سانتی‌مترمکعب افزایش یافت. همچنین ضریب اصطکاک استاتیکی با افزایش محتوای رطوبتی برای سطوح مختلف افزایش یافت.

**کلمات کلیدی:** باقلا سبز، خواص هندسی، خواص اصطکاکی، سطح رطوبتی.

## ۱- مقدمه:

باقلا گیاهی است یکساله از تیره نخود (*Fabaceae*) با نام علمی (*Vicia faba L.*) که در کشورهای اروپایی، آمریکای لاتین و آفریقایی به خصوص سودان، اتیوپی، مراکش و مصر و نواحی مدیترانه کاشته می شود و در آسیا، چین مهم ترین تولید کننده باقلا می باشد (بنایی و همکاران، ۱۳۷۲ و Plancquaert, 1978). باقلا یک گیاه بسیار قدیمی است به گونه ای که نمونه وحشی آن شناخته نشده است. این گیاه ۵۰۰۰ سال پیش در چین بصورت پخته شده استفاده می شده است. در سال‌های اخیر استفاده از باقلا به عنوان منبع پروتئین گیاهی مورد توجه زیادی قرار گرفته است. باقلا یکی از مهم ترین گونه های بقولات است که در کشورهای اروپایی به علت دارا بودن میزان بالای پروتئین استفاده فراوانی دارد (Rubio et.al., 1990). ارزش غذایی باقلا به علت دارا بودن مقدار زیاد پروتئین و چند اسید آمینه اصلی مثل لیسین، آرژنین و میتونین حائز اهمیت است و در مقایسه با اسیدهای آمینه موجود در دانه

غلات همچون گندم، باقلا از این نظر غنی تر می باشد. مواد موجود در دانه خشک باقلا ٤٢-٣٠ درصد پروتئین، ٥٤-٥١ درصد هیدرو کربن، ٧-٥ درصد مواد سلولزی و ١/٤-٠/٧ درصد چربی می باشد (سهرابی،١٣٦٨).

طراحی تجهیزات برداشت، انتقال، سورتینگ، درجه بندی، بسته بندی، انبارداری و سایر تجهیزات پس از برداشت محصولات کشاورزی نیازمند دانستن اطلاعاتی در مورد خواص فیزیکی آنها می باشد. همچنین خواص فیزیکی بر خصوصیات انتقال هیدرودینامیکی، پنوماتیکی مواد جامد، سردکردن و حرارت دادن مواد غذایی تأثیرگذار است. مهم ترین خواص هندسی عبارتند از شکل، اندازه (ابعاد)، قطر هندسی، سطح و کرویت. دانسیته توده و تخلخل عوامل مهمی هستند که در طراحی سیستم‌های خشک کردن و هوادهی مورد توجه قرار می گیرند، چون این خواص بر مقاومت جرمی که در مقابل جریان هوا قرار دارد تأثیر می گذارد (Abalone, R. 2004). در تئوری‌هایی که برای پیش بینی فضای انبار بکار می‌روند دانسیته توده عامل اساسی بشمار می‌رود. تخلخل مهم ترین عامل برای بسته بندی است که بر مقاومت جریان هوای بین دانه ها تأثیرمی گذارد. زاویه اصطکاک استاتیکی برای تعیین زاویه لغزش در زمانی که مواد برای حرکت با یک جریان ثابت در یک مکان قرار داده می شوند، بکار می رود. همچنین در طراحی نوار نقاله ها مهم بشمار می رود، زیرا به منظور انتقال بدون لغزش دانه به اصطکاک نیازمندیم. چنانچه هدف انتقال دانه ها باشد، از سطوح زبرتر مانند لاستیک استفاده می شود و چنانچه هدف تخلیه باشد، از سطوح نرمتر مانند فایبرگلاس استفاده می شود.

محققان خواص فیزیکی محصولات مختلفی را اندازه گیری کرده اند. دانه تاج خروس (Abalone, 2004)، میوه بامیه (Akar, 2004)، دانه و مغز بادام (Aydin, 2003)، مغز فندق (Aydin, 2003)، دانه های کاکائو (Baryeh, 2003)، ارزن (Baryeh, 2002)، نخود فرنگی (Baryeh, 2002) ازجمله محصولاتی هستند که خواص فیزیکی آنها تاکنون مورد بررسی قرار گرفته است.

هدف از این تحقیق بدست آوردن رابطه بین محتوای رطوبتی محصول و برخی خواص فیزیکی مانند ابعاد، کرویت، میانگین قطر هندسی ، وزن هزار دانه است. محدوده رطوبت انتخاب شده به این دلیل است که اطلاعات بدست آمده از این تحقیق جهت طراحی و ساخت تجهیزات خشک کردن و بسته بندی باقلا سبز می باشد.

**٢- مواد و روش‌ها:**

غلاف های باقلا سبز بکار رفته در این تحقیق از بازار محلی شهر اصفهان تهیه شد. دانه ها بصورت دستی از غلاف ها جدا شده و دانه ترک خورده از دیگر دانه ها جدا شد. رطوبت اولیه نمونه ها با استفاده از خشک کن آون در دمای ١±١٠٣درجه سانتی‌گراد برای ٧٢ ساعت اندازه گیری شد (ASAE, 1999).

بالاترین سطح رطوبتی دانه‌ها، همان سطح رطوبت دانه‌های تهیه شده از بازار در نظر گرفته شد و با اعمال تیمارهای حرارتی دو سطح رطوبتی ٨/١٦٪ و ٢١/٨٪ ایجاد گردید. یک سری نمونه نیز بصورت طبیعی بمدت ٣ روز در آفتاب قرار داده شد و سطح رطوبتی ٤٥/٨٪ تأمین گردید. بعد از ایجاد سطوح رطوبتی مورد نظر، نمونه‌ها بمدت ٣ روز در یخچال قرارداده شدند. قبل از شروع آزمایشات نمونه‌ها ٤ ساعت زودتر از یخچال بیرون آورده شدند تا دمای آنها با دمای محیط آزمایشگاه به تعادل برسد (Deshpande et.al., 1993).

صد و شصت دانه باقلا از چهار سطح رطوبتی بطور تصادفی انتخاب شد. طول، عرض و ضخامت دانه ها با استفاده از یک کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر و جرم دانه‌ها بوسیله یک ترازوی دقیق دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه گیری شدند. میانگین قطر هندسی ($D_g$) و کرویت ($\Phi$) دانه‌های باقلا سبز با استفاده از دو رابطه زیر محاسبه می‌شوند:

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (۱)$$

$$\Phi = \left(\frac{(LWT)^{\frac{1}{3}}}{L}\right) \times 100 \quad (۲)$$

که L، W و T در این دو رابطه بترتیب بیانگر طول، عرض و ضخامت نمونه‌ها بر حسب میلی‌متر می‌باشند.

دانسیته دانه‌ای باقلا به صورت نسبت جرم یک باقلا به حجم دانه‌ای آن تعریف می‌شود. برای اندازه‌گیری جرم واحد، هر نمونه توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱گرم وزن گردید. در این آزمون، ۵ تکرارلحاظ شده است. حجم دانه‌ای باقلاها و دانسیته دانه‌ای آنها با استفاده از اصل جابجایی مایع به دست آمد. برای این منظور از تولوئن ($C_7H_8$) که دارای نفوذپذیری و کشش سطحی کم می‌باشد، استفاده شد (Deshpande et.al., 1993).

برای اندازه‌گیری دانسیته توده، از طرفی با وزن و حجم مشخص که از بالا با استفاده از باقلا پر می‌شد، استفاده گردید. باقلاها با سرعت یکنواخت از ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری به درون ظرف ریخته می‌شدند. پس از پر شدن ظرف، باقلاهای اضافی با دو حرکت زیگزاگی یک تخته مسطح روی سطح فوقانی ظرف، تخلیه شده به طوری که باقلاها فشرده نشوند. سپس ظرف حاوی باقلاها با استفاده از ترازوی دقیق دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شده و نسبت وزن باقلاهای موجود در ظرف به حجم ظرف به عنوان دانسیته توده هر نمونه در نظر گرفته شد. در این آزمون ٤ تکرار اعمال شد و تخلخل (P) باقلاها از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$P = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}\right) \times 100 \quad (۳)$$

که $\rho_b$ و $\rho_p$ بترتیب دانسیته توده و دانسیته دانه‌ای برحسب کیلوگرم برمتر مکعب می‌باشند (Mohsenin, 1970).

ضریب اصطکاک استاتیکی دانه‌های باقلا سبز بر چهار سطح اصطکاکی شامل چوب، پلکسی گلاس، لاستیک و ورق آهن گالوانیزه مورد بررسی قرار گرفت. یک استوانه توخالی از جنس پلی اتیلن با ارتفاع ۲ سانتی‌متر و قطر ۱۱ سانتی‌متر بر روی صفحات مورد نظر قرار گرفته و پر از نمونه می‌شد. سپس بوسیله کابل سطح مورد نظر بالا کشیده شده و ضریب اصطکاک استاتیکی از رابطه زیر بدست آمد:

$$\theta = \tan^{-1}\frac{H}{D} \quad (٤)$$

$$\mu = \tan\theta = \frac{H}{D} \quad (۵)$$

که H و D بترتیب ارتفاع و قاعده تشکیل شده از شیب صفحه مورب می‌باشد.

سطح دانه باقلا سبز را با استفاده از میانگین قطر هندسی محاسبه شده از رابطه (۱)، بصورت زیر تعریف می‌شود (Sacilik et al., 2002):

$$S = \pi . D_g^2 \quad (٦)$$

که S سطح دانه بر حسب میلی‌متر مربع و $D_g$ میانگین قطر هندسی بر حسب میلی‌متر می‌باشد.

**۳-نتایج و بحث:**

رابطه بین حجم و ابعاد دانه برای هر چهار محتوای رطوبتی همراه با ضریب تبیین ( $R^2$) و میانگین مربعات خطا (MSE) رابطه بین حجم اندازه‌گیری شده و حجم پیش‌بینی شده در جدول (۱) آورده شده است. روابط ارائه شده در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار شد ($p<0.01$).

جدول ۱ – روابط ریاضی برازش شده بین حجم و ابعاد نمونه

| محتوای رطوبتی(w.b٪) | رابطه ریاضی بین حجم و ابعاد نمونه | $R^2$ | MSE |
|---|---|---|---|
| ۸/۱٦ | $V=۰/۳٤۷\times L^{٦/۱۹}\times W^{-۳/۵۷}\times T^{-۰/٦۵۳۷}$ | ۰/۸٤۵۹ | ۰/۱٤۵٤ |
| ۲۱/۸ | $V=۰/۰۱۵\times L^{۱/۳٤۷}\times W^{۲/٤٤۹}\times T^{۰/۳۳۱۵}$ | ۰/۹۵۱٦ | ۰/۰٦۷۹ |
| ٤۵/۸ | $V=۰/۰۰۱٤۹\times L^{۰/۹۸٤۳}\times W^{۳/۵۲۲}\times T^{۰/۵۰۹٤}$ | ۰/۹٤۳٦ | ۰/۱۲۱۲ |
| ۷٦/۱۲ | $V=۰/۵۰۹٦\times L^{۰/۲۱۹٤٤}\times W^{۱/٤۵۵۵}\times T^{۰/۹٤٤۲}$ | ۰/۹۹۵٦ | ۰/۰٤٤۲ |

داده‌های میانگین و انحراف معیار مربوط به طول، عرض، ارتفاع، سطح تصویر شده، جرم واحد و حجم واحد نمونه‌ها با چهار محتوای رطوبتی که از بررسی ۱٦۰ دانه بدست آمده است، بصورت گروه‌بندی شده (گروه‌های کوچک، متوسط و بزرگ) در جدول (۲) آورده شده است. در تمام موارد اندازه‌گیری شده با افزایش محتوای رطوبتی، اندازه طول، عرض، سطح تصویر شده، جرم واحد و حجم واحد بترتیب از ۱۳/۵۱ تا ۲۷/٦۱ میلی‌متر، ۱۰/۱٤ تا ۲۰/۲۸ میلی‌متر ، ٤/۹٤ تا ۱۳/۹ میلی‌متر، ۲۷۰/۲۳ تا ۱۱۷۳/۲۷ میلی‌متر مربع، ۵٤٦/۰۲ تا ۲۵۷۱/۷۷ گرم و ۰/۳۳۳ تا ۳/۸٦۲ سانتی‌متر مکعب افزایش پیدا کرد.

**میانگین قطر هندسی**

میانگین قطر هندسی نمونه‌های مختلف باقلا سبز برای چهار محتوای رطوبتی مختلف از ۹/۲۷ تا ۱۹/۳۳ میلی-متر تغییر یافت. رابطه بین محتوای رطوبتی و میانگین قطر هندسی برای چهار محتوای رطوبتی معنی‌دار شد ($p<0.01$). مدل برازش شده آن در جدول (۳) آورده شده است.

جدول۲– اندازه و توزیع دانه‌های باقلا سبز در چهار سطح رطوبتی

| محتوای‌رطوبتی (w.b.٪) | خواص فیزیکی | گروهبندی اندازه | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | درجه بندی نشده | کوچک | متوسط | بزرگ |
| ۸/۱٦ | | | ۱۲/۰۸> | ۱۲/۰۸ –۱٤/۰۳ | >۱٤/۰۳ |
| | **درصد از کل نمونه‌ها** (بر حسب تعداد) | ۱۰۰ | ۱۲/۵ | ٦۷/۵ | ۱۵ |
| | **میانگین ابعاد** (میلی‌متر) | | | | |
| | طول | ۱۷/٦±٤/۰۹ | ۱۵/٦۳ ±۲/۱۲ | ۱۸/٤۲±۲/۳۵ | ۲/۹۵±۰/۷٤ |
| | عرض | ۱۳/۱۳±۲/۹۹ | ۱۰/۹۸ ±۰/۸٤ | ۱۲/۲۳±۲/۱ | ۱٤/۹۷±۱/۱٦ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ضخامت | ۷/۶۹±۲/۴۵ | ۶/۱۶±۰/۹۲ | ۶/۹۶±۱/۴۸ | ۸/۸۹±۱/۲۶ |
| | **سطح تصویرشده**(میلی‌متر مربع) | ۵۰۰/۵۸±۲۳۰/۳۵ | ۳۲۵/۷±۵۵/۴۷ | ۴۲۶/۶۲±۱۰۶/۶۲ | ۶۳۷/۰۴±۹۳/۸۹ |
| | **جرم واحد** (گرم) | ۰/۸۳۵±۰/۵۱ | ۰/۴۶۴±۰/۱۳ | ۰/۷۰۴±۰/۲۹ | ۱/۱۶۷±۰/۱۸ |
| | **حجم واحد** (سانتی‌متر مکعب) | ۱/۰۲±۰/۶۲ | ۰/۵۷±۰/۱۶ | ۰/۸۵۹±۰/۳۶ | ۱/۴۲±۰/۲۲ |
| ۲۱/۸ | | | <۱۲/۹۵ | ۱۲/۹۵-۱۴/۹۵ | ۱۴/۹۵< |
| | **درصد از کل نمونه ها** (بر حسب تعداد) | ۱۰۰ | ۱۷/۵ | ۵۵ | ۳۲/۵ |
| | **میانگین ابعاد** (میلی‌متر) | | | | |
| | طول | ۱۹/۷۸±۴/۹۳ | ۱۷/۰۳±۲/۱۸ | ۱۹/۸۹±۲/۴۵ | ۲۳/۱۵±۱/۵۷ |
| | عرض | ۱۴/۷۴±۳/۵۲ | ۱۲/۵۹±۲/۰۱ | ۱۵/۱۷±۲/۰۲ | ۷/۱۸±۲/۲۴ |
| | ضخامت | ۷/۱۸±۲/۲۴ | ۶/۴۵±۱/۳۲ | ۶/۷۹±۱/۸۵ | ۸/۳۷±۱/۰۵ |
| | **سطح تصویرشده**(میلی‌متر مربع) | ۵۴۴/۷۹±۲۳۲/۸۹ | ۳۷۳/۴۶±۶۲/۴۹ | ۴۹۸/۶۱±۹۰/۵۹ | ۶۳۹/۸۴±۸۴/۷۶ |
| | **جرم واحد** (گرم) | ۱/۱۱±۰/۶۲ | ۰/۸۰۱±۰/۳۱ | ۱/۰۵۴±۰/۴۲ | ۱/۴۵±۰/۲۹ |
| | **حجم واحد** (سانتی‌متر مکعب) | ۱/۲۵±۰/۶۹ | ۰/۹۰۱±۰/۳۵ | ۱/۱۸±۰/۴۶ | ۱/۶۲±۰/۳۲ |
| ۴۵/۸ | | | ۱۲/۳۲> | ۱۲/۳۲-۱۴/۴۱ | ۱۴/۴۱< |
| | **درصد از کل نمونه ها** (بر حسب تعداد) | ۱۰۰ | ۴۲/۵ | ۴۰ | ۱۷/۵ |
| | **میانگین ابعاد (میلی‌متر)** | | | | |
| | طول | ۱۹/۷۸±۴/۹۳ | ۱۵/۵۳۵±۱/۴۸ | ۱۹/۶۳۵±۱/۹۳ | ۲۲/۵۴۵±۱/۹۷ |
| | عرض | ۱۴/۸۶±۳/۹۲ | ۱۲/۵۴±۱/۶ | ۱۴/۸۲±۱/۵۹ | ۱۷/۰۳±۱/۷۵ |
| | ضخامت | ۷/۴۷±۲/۲۴ | ۵/۸۷±۰/۶۴ | ۷±۱/۵۱ | ۸/۲۶±۱/۴۵ |
| | **سطح تصویرشده**(میلی‌متر مربع) | ۵۲۶/۷۲±۲۳۸/۷۳ | ۳۳۶/۶۹±۴۸/۷ | ۴۸۱/۸۳±۸۴/۹۹ | ۶۶۳/۹۳±۱۰۱/۵۱ |
| | **جرم واحد** (گرم) | ۱/۳۴۵±۰/۸۱ | ۰/۷۶۱±۰/۲۲ | ۱/۲۷۳±۰/۴۲۹ | ۱/۷۹±۰/۳۶ |
| | **حجم واحد** (سانتی‌متر مکعب) | ۱/۶۴±۰/۹۹ | ۰/۹۲۸±۰/۲۷ | ۱/۵۵۳±۰/۵۲ | ۲/۱۸۶±۰/۴۴ |
| ۷۶/۱۲ | | | ۱۵/۱۹> | ۱۵/۱۹-۱۷/۵۷ | ۱۷/۵۷< |
| | **درصد از کل نمونه ها** (بر حسب تعداد) | ۱۰۰ | ۴۲/۵ | ۴۰ | ۱۷/۵ |
| | **میانگین ابعاد** (میلی‌متر) | | | | |
| | طول | ۲۳/۰۰۵±۴/۶۰۵ | ۱۹/۸۷±۱/۴۷ | ۲۳/۰۷±۱/۶۱ | ۲۶/۱۳±۱/۴۸ |
| | عرض | ۱۵/۸۱۵±۴/۴۶ | ۱۲/۸۸±۱/۵۲ | ۱۶/۵۳۵±۲/۰۸ | ۱۸/۷۳±۱/۵۵ |
| | ضخامت | ۱۱/۱۰۵±۲/۷۹ | ۹/۲۹±۰/۹۸ | ۱۰/۰۹±۱/۳ | ۱۱/۸۷۵±۲/۰۳ |
| | **سطح تصویرشده**(میلی‌متر مربع) | ۸۱۹/۴۴۷±۳۵۳/۸۲ | ۵۵۶/۱۲±۹۰/۴۹ | ۷۶۶/۳۵±۹۲/۱۹ | ۱۰۵۳/۴۸±۱۳۷/۷۹ |
| | **جرم واحد** (گرم) | ۲/۹۱۵±۱/۲۷ | ۱/۵۳±۰/۲۱ | ۲/۱۹۸±۰/۴۲ | ۳/۲۸۷±۵۸ |
| | **حجم واحد** (سانتی‌متر مکعب) | ۲/۳۱۱±۱/۱۳ | ۱/۳۶±۰/۱۸ | ۱/۹۶±۰/۳۷ | ۲/۹۳±۰/۵۱۳ |

ارقام بعد از ± بیانگر انحراف معیار می باشد.

## سطح تصویر شده

سطح تصویر شده نمونه‌ها برای چهار محتوای رطوبتی از ۲۷۰/۲۹ تا ۱۱۷۳/۲۷ میلی‌متر مربع تغییر یافت که روند تغییر مقدار آن با گزارش برخی محققین مطابقت دارد (Mehmet et.al., 2007). رابطه بین محتوای رطوبتی و سطح تصویر شده معنی‌دار شد ($p<0.01$). مدل برازش شده آن در جدول (۳) آورده شده است.

## کرویت

درصد کرویت نمونه‌های مختلف باقلا سبز با افزایش محتوای رطوبتی از ۵۸/۰٤ تا ۷۵/۳۵٪ افزایش یافت. رابطه بین محتوای رطوبتی و درصد کرویت برای چهار محتوای رطوبتی معنی‌دار شد ($p<0.01$). مدل برازش شده آن در جدول (۳) آورده شده است.

**حجم اندازه‌گیری شده**

حجم اندازه شده نمونه‌ها با افزایش محتوای رطوبتی مختلف از ۰/٤۱تا ۳/٤٤سانتی‌متر مکعب افزایش یافت. رابطه بین محتوای رطوبتی و حجم اندازه‌گیری شده معنی‌دار شد ($p<0.01$). مدل برازش شده آن در جدول (۳) آورده شده است.

**دانسیته دانه‌ای و توده‌ای**

دانسیته دانه‌ای و توده‌ای دانه‌های باقلا سبز با چهار محتوای رطوبتی مختلف بترتیب ۰/٥٦ تا۰/٥٤ گرم بر سانتی‌متر مکعب و از ۰/۸۱۹ تا ۱/۲٦ گرم بر سانتی‌متر مکعب تغییر یافت که روند تغییر مقدار آن با گزارش برخی محققین مطابقت دارد (Mehmet et.al., 2007). رابطه بین محتوای رطوبتی و دانسیته دانه‌ای و دانسیته توده‌ای معنی دار شد ($p<0.05$). روابط ریاضی برازش شده برای هر دو پارامتر در جدول (۳) آورده شده است.

**تخلخل**

تخلخل دانه‌های باقلا سبز با افزایش رطوبت، کاهش یافت و از۸٦/٥۸ به ٤٤/۳ درصد تنزل یافت. رابطه بین محتوای رطوبتی و تخلخل دانه‌ها معنی‌دار نشد.

**ضریب اصطکاک استاتیکی**

ضریب اصطکاک استاتیکی دانه‌های باقلا سبز برای چهار سطح مختلف ورق آهن گالوانیزه، چوب، لاستیک و پلکسی گلاس اندازه‌گیری شد که با افزایش رطوبت، مقدار ضریب اصطکاک استاتیکی بترتیب از ۰/٥۲٦۳ تا ۰/٥۷۸۹، ۰/٤۰۷۹ تا ۰/٥٥۳، ۰/٤۸٦۸ تا ۰/٥٦۳۹ و ۰/٤٦٦۷ تا ۰/٦۳۱ تغییر یافت. رابطه بین محتوای رطوبتی و ضریب اصطکاک استاتیکی برای تمام سطوح بطور جداگانه بررسی شد و برای سطوح چوب و پلکسی گلاس معنی‌دار شد ($p<0.05$) و برای ورق آهن گالوانیزه و لاستیک معنی‌دار نشد. روابط ریاضی برازش شده برای هر سطح در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ٥- روابط ریاضی برازش شده بین محتوای رطوبتی ($M$) و دانسیته دانه ای ($\rho_p$) ، دانسیته توده ای ($\rho_b$) ، میانگین قطر هندسی ($D_g$) ، کرویت ($\Phi$) ، سطح تصویر شده ($S$) ، حجم اندازه گیری شده ($V_m$) و ضریب اصطکاک استاتیکی ($\mu$) برای دو سطح پلکسی گلاس، چوب

| خواص فیزیکی اندازه‌گیری شده | رابطه برازش شده | ضریب تبیین($R^2$) |
|---|---|---|
| دانسیته دانه‌ای (گرم بر سانتی‌متر مکعب) | $\rho_p$= ۰/۰۰٥۲ M + ۰/۸۲٦٥ | ۰/۷۸۷۲ |
| دانسیته توده‌ای(گرم بر سانتی‌متر مکعب) | $\rho_b$ = ۰/۰۰٥۱ M + ۰/۲۳۰۳ | ۰/۸٤۹٦ |

| | | |
|---|---|---|
| میانگین قطر هندسی(میلی‌متر) | $D_g = ۰/۰۵۹M + ۱۱/۱۷۸$ | ۰/۷۷۲۶ |
| کرویت(٪) | $\Phi = ۰/۰۴۸۸M + ۶۳/۴۶۲$ | ۰/۷۰۰۱ |
| سطح تصویر شده(میلی‌متر مربع) | $S = ۵/۳۲۹۳M + ۳۷۸/۴۵$ | ۰/۸۲۷۲ |
| حجم اندازه‌گیری شده(میلی‌متر مکعب) | $V_m = ۰/۰۲M + ۰/۷۳۳۳$ | ۰/۸۶۱ |
| **ضریب اصطکاک استاتیکی** | | |
| پلکسی گلاس | $\mu = ۰/۰۰۲۲ M + ۰/۵۴۷۲$ | ۰/۹۳۴۹ |
| چوب | $\mu = ۰/۰۰۲ M + ۰/۴۲۲۲$ | ۰/۷۸۶۶ |

**منابع:**


۱- بنایی، ت. داودی کیا، م. راد، ع. نوری، پ. ۱۳۷۲. زراعت حبوبات. دفتر غلات و حبوبات. معاونت امور زراعت وزارت کشاورزی.

۲- سهرابی، م. ۱۳۶۸. نتایج سه ساله و مقایسه عملکرد نهایی و تعیین سازگاری ارقام باقلا. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. سازمان تحقیقات کشاورزی.

3- Abalone, R. 2004. Some physical properties of Amarnath seeds. Biosystems Engineering, 89(1), 109-117.

4- Akbas, M.,Y. & Ozdemir, M. 2008. Application of gaseous ozone to control populations of Escherichia coli, Bacillus cereus and Bacillus cereus spores in dried figs. Food Microbiology, 25, 361-391.

5- Altuntas, E. & Yildiz, M. 2007. Effect of moisture content on some physical & mechanical properties of faba bean (*Vicar faba L.*) grains. Journal of Food Engineering, 78(1), 174-183.

6- ASAE. ASAE S352.2 DEC97. 1999. Moisture measurement- unground grain and seed, in ASAE Standards, 43rd edition; ASAE, St. Joseph, MI.

7- Aydin, C. & Ozcan, M. 2002. Some physico-mechanic properties of terebinth fruits. Journal of Food Engineering, 53, 97-101.

8- Aydin, C. 2003. Physical properties of almond nut and kernel. Journal of Food Engineering 60, 315-320.

9- Bart-Plange, A. & Baryeh, E. A. 2003. The physical properties of Category B cocoa bean. Journal of Food Engineering, 60, 219-227.

10- Baryeh, E. A. 2001. Physical properties for Bambara groundnuts. Journal of Food Engineering, 47, 321-326.

11- Calisir, S. & Aydin, C. 2004. Some physico-mechanic properties of cherry laurel (*Prunus lauracerasus L.*) fruits. Journal of Food Engineering, 65, 145-150.

12- Deshpande, Bal, S. & Ojha, T. P. 1993. Physical properties of soybean. Journal of Agricultural Engineering Research, 56, 89-98.

13- Dursun, E. & Dursun, I. 2005. Some physical properties of caper seed, Biosystems Engineering, 92(2), 237-245.
14- Gupta, R. K. & Das, S. K. 1997. Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultural Engineering Research, 66, 1-8.
15- Kara, M., Turgut, N., Erkmen, Y. & Guler, I. E. 1997. Determination of coefficient of friction of some granules. In 17 national symposium on mechanization in agriculture, Tokat, Turkey (in Turkish), pp. 609- 614.
16- Masoumi, A. & Tabil, L. 2003. Physical properties of chicpea (*C.arietinum*) cultivars.ASAE Annual International Meeting. 2003 july 27-30, Nevada, USA.
17- Mohsenin, N. 1970. Physical Properties of Plant and Animal Materials. New York: Gordon and Breach Science Publishers.
18- Plancquaert, P. 1978. Culture dupoise et de la faverole.Perspectives agriocoles.13:24-35.
19- Rubio, L. A. ,.Brenes, A. & Castom, M. 1990. The utilization of row and autoclaved faba beans (*Vicia faba bean L., Var minor*) and faba bean fractions in diets for growing broiler chickens brit.
20- Sacilik, K., Ozturk, R. & Keskin, R. 2003. Some physical properties of hemp grain. Biosystems Engineering, 86(2), 213-215.
21- Suthar, S. H. & Das, S. K. 1996. Some physical properties of karingda [*Citrus lanatus (thumb) mansf*] grains. Journal of Agricultural Engineering Research, 65(1), 15-22.

## Effect of moisture content on some physical properties of Faba bean grains

**Abstract**

This study was carried out to determine the effect of moisture content at four levels (8.16%, 21.8%, 45.8% and 76.12% d. b.) on some physical properties of faba bean grains. The average length, width, thickness, surface area, geometric mean diameter, sphericity, porosity, bulk density, particle density, unit mass of grain and thousand grains mass were determined. As the moisture content increased, the porosity decreased from 86.58 to 44.3 %, but the bulk density and particle density increased from 0.11 to 0.54 gr/cm3 and 0.819 to 1.26 gr/cm3, respectively. The static coefficients of friction on various surfaces were increased linearly with an increase in moisture content.

**Keywords:** Faba Bean, Physical Properties, Moisture Content.