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

# برخی خواص فیزیکی لوبیای سفید

**کاظم ساسانی[۱] و منصور راسخ[۲]و غیبعلی آقاجعفرپور[۳]**

۱ و۲ – به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی.

۳– دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه تبریز.

ایمیل مکاتبه کننده: kazemsas@gmail.com

**چکیده**

در این تحقیق، برخی خواص فیزیکی لوبیای سفید به صورت تابعی از رطوبت لوبیای سفید بررسی شد. نتایج نشان داد که رطوبت بر خواص فیزیکی لوبیای سفید شامل طول، سطح تصویر، وزن هزار دانه، زوایه استقرار، تخلخل, چگالی حقیقی و چگالی توده در سطح احتمال ۱ درصد و بر قطر متوسط حسابی و حجم دانه در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌دار دارد. به طوری‌که با افزایش رطوبت از ۹/۱ به ۱۳/٦ درصد بر پایه خشک طول، قطر متوسط حسابی ، سطح تصویر شده، حجم، وزن هزار دانه ، چگالی حقیقی و زاویهٔ استقرار افزایش می‌یابند، در حالی‌که چگالی توده کاهش می‌یابد. هم‌چنین رطوبت بر کرویت ، ضخامت، عرض دانه و قطر متوسط هندسی اثر معنی‌دار ندارد. اثر متقابل رطوبت و نوع سطوح بر ضریب اصطکاک استاتیکی بر روی چهار نوع سطح ( استیل، آهنی، آهن گالوانیزه و آلومینیومی) در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌دار دارد.

واژه‌های کلیدی: خواص فیزیکی، لوبیای سفید و چگالی.

## مقدمه

لوبیا سفید (White Been) از جنس Phaselous و گونه ی Vulgaris می باشد. لوبیا نام نوعی گیاه و میوه خوراکی آن است. لوبیا بیش از چهار سده است که در سراسر جهان مصرف می‌شود و پیش از آن برای دنیای متمدن ناشناخته بود. درسال ۱۵۳۳ میلادی لوبیا به نام مکزیکی اولیه اش «ایاکوک» از آمریکا به اروپا آورده شد و از آنجا به سایر نقاط جهان راه یافت واکنون همه ساله میلیون‌ها تن به مصرف می‌رسد و یکی از مواد غذایی نسبتاً ارزان و فراوان است(Anonymoul, 2010) . لوبیا یکی از منابع مهم پروتئینی و تولید انرژی برای انسان است. انواع لوبیا ۲۰ تا ۲۵ درصد پروتئین دارد. بزرگ ترین کشورهای تولید کننده ی لوبیا آمریکا، برزیل، مکزیک و چین است. استان های آذربایجان شرقی، زنجان، لرستان، مرکزی، چهارمحال و بختیاری، فارس و اصفهان مهم ترین مناطق کشت این محصول در ایران می باشند(مجنون حسینی، ن. ۱۳۷۵).سطح زیر کشت لوبیا سفید در سال ۹۰، در ایران حدود ۹۰۸۴۴ هکتار و تولید آن ۱۹۴۱۱۱ تن گزارش شده

است و سطح زیر کشت آن در این سال در جهان ۲۹۹۲۰۹۰۶ هکتار و میزان تولید آن نیز ۲۳۳۲۳۰۰۳۴ تن بوده است (Anonymoul, 2010).

باشناخت خواص فیزیکی دانه لوبیا سفیداز قبیل مشخصات ابعادی دانه ( طول، عرض و ضخامت )، چگالی توده،چگالی حقیقی وضریب اصطکاک استاتیکی دانه روی سطوح مختلف، می‌توان بادقت لازم نسبت به طراحی وساخت دستگاه‌های پروسس بذر ( جداکننده ناخالصی از دانه لوبیا سفید) و سیستم‌های انتقال دانه اقدام نمود. همچنین از این نتایج می‌توان برای کاهش هزینه‌های ناشی از ضایعات مکانیکی که در مراحل جابه‌جایی، ذخیره‌سازی و فرآوری محصول رخ می‌دهد، استفاده کرد.

در تحقیقی خواص فیزیکی دو رقم لوبیا قرمز (گلی و اختر) را بر اساس تغییر رطوبت دانه تعیین شد. آزمایش ها در ۵ مقدار رطوبت دانه از ۱۰ تا ۲۰ درصد بر پایه تر انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین طول، عرض و ضخامت دانه های رقم گلی به ترتیب از ۱۱/۳ به ۱۱/۸۴، ۷/۰۸ به ۷/۳۵، ۵/۲۷ به ۵/۶۱ میلی متر و برای رقم اختر به ترتیب از ۱۳/۹۶ به ۱۵/۲، ۷/۵۶ به ۸/۲۲ و ۵/۵۱ به ۶/۱ میلی متر متغییر بود. چگالی توده برای رقم های گلی و اختر به ترتیب به ۸/۳۵ و ۹/۷ درصد کاهش یافت. در حالی که چگالی حقیقی در ۲ رقم به ترتیب، ۴/۷۶ و ۶/۲۴ درصد افزایش یافت(کیانی، ۲۰۰۸).

در تحقیقی خواص فیزیکی لوبیای رقم باربونیا را در محدوده رطوبتی ۱۸/۳۳ تا ۳۲/۲۳ درصد (بر مبنای خشک) بررسی شدنتایج نشان داد که با افزایش رطوبت، طول، عرض، ضخامت، وزن هزار دانه، سطح تصویر شده، کرویت و تخلخل افزایش می‌یابد. در حالی که چگالی واقعی و چگالی توده کاهش یافت. همچنین ضریب اصطکاک استاتیکی با افزایش رطوبت افزایش یافته و بر روی سطوح با جنس مختلف از ۰/۱۴۷ تا ۰/۲۷۱ تغییر یافت(Cetin, 2007).

در تحقیقی خواص فیزیکی و مکانیکی لوبیا قرمز تعیین شد.آزمایش ها در محدوده رطوبتی ۱۰/۲۵ تا ۲۵/۶ درصد بر پایه وزن خشک انجام شد در این تحقیق میانگین طول، عرض و ضخامت به ترتیب ۲۲/۶، ۱۳/۵۷و ۱۰/۲۵ میلی متر بدست آمد. در محتوای رطوبتی ۱۰/۲۵و ۲۵/۶، میانگین اقطارهندسی و حسابی به ترتیب از ۱۵/۴۷ به ۱۶/۲۸ و از ۱۴/۶۱ به ۱۴/۸۲ میلی متر افزایش نشان داد در حالی که کرویت از ۰/۷۳ به ۰/۵۹ کاهش داشته است مقادیر ابعاد سه گانه با افزایش محتوای رطوبتی از ۱۰/۲۵ به ۲۵/۶ بر پایه خشک افزایش یافت. سطح رویه دانه با افزایش محتوای رطوبتی به طور خطی از ۶۳۷/۱۶ به ۶۹۲/۸۸ میلی متر مربع افزایش یافت. چگالی تودهو چگالی حقیقی با افزایش محتوای رطوبتی به ترتیب از ۶۶۴/۹۵ به ۵۳۶/۱۹ کیلوگرم برمترمکعب کاهش و از ۱۳۰۱/۶ به ۱۴۵۲/۸ کیلوگرم افزایش نشان داده است(Tekin and Isik, 2006).

**مواد وروش ها**

در این تحقیق لوبیا سفید رقم دهقان، تهیه و به آزمایشگاه خواص بیوفیزیک محصولات کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی منتقل شد.کلیه بذرها بطور دستی تمیز ودانه‌های شکسته ازآن جدا شده و از دانه‌هایسالم برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد. پنج نمونه لوبیا سفید با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شده و با استفاده از

اجاق آزمایشگاهی و روش استاندارد میزان رطوبت اولیه نمونه ها بر پایه ی وزن خشک از رابطه (۱) برابر ۹/۱ درصد تعیین شد(ASAE, 1999).

$$M_{db} = \frac{W_i - W_j}{W_j} \times 100 \qquad (۱)$$

در رابطه (۱):

$W_i$ =وزن اولیه نمونه بر حسب گرم.

$W_j$ =وزن نمونه خشک بر حسب گرم.

$M_{db}$ =درصد رطوبت اولیهٔ لوبیا سفید بر پایهٔ خشک.

**تعیین خصوصیات فیزیکی**

پس از تعیین رطوبت اولیه، نمونه‌های ۲ کیلوگرمی از توده اصلی به طور تصادفی انتخاب و مواد زائد از آن جدا شدند. مقدار آب مورد نیاز برای اضافه کردن به توده اولیه به منظور حصول به رطوبت‌های مورد نظر (۱۰/۶، ۱۲/۱ و ۱۳/۶ درصد) ازرابطه (۱) محاسبه گردید(Kibar,2010).

$$Q = \frac{W_i(M_f - M_i)}{100 - M_f} \qquad (۲)$$

در رابطه‌ی (۲) داریم:

$Q$ = میزان آبی که برای رساندن به رطوبت مورد نظر لازم است (بر حسب گرم).

$W_i$ = وزن نمونهٔای که می‌خواهیم به آن آب اضافه شود (بر حسب گرم).

$M_f$ = رطوبت ثانویه محصول (بر حسب درصد).

$M_i$ = رطوبت اولیه محصول (بر حسب درصد).

پس از محاسبه مقدار آب لازم و اضافه کردن مقدار مناسب آب به وسیله آب پاش به دانه‌ها، نمونه‌ها در داخل کیسه‌های پلاستیکی سربسته ریخته شدند و به مدت ۷۲ ساعت در داخل یخچال قرار گرفتند تا به رطوبت تعادلی برسند (Özarslan, 2002).

ابعاد دانه لوبیا سفید شامل طول (a)، عرض (b) و ضخامت (w) با انتخاب ۱۵۰ عدد بذر به طور تصادفی و اندازه‌گیری با کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر بدست آمد. قطر متوسط هندسی، قطر متوسط حسابی،کرویت، سطح تصویر شده و حجم دانه لوبیا سفید با استفاده از روابط (۳)، (۴)، (۵)، (۶) و (۷) محاسبه شد (Kilickan and Guner, 2006; Manimehalai and Viswanathan, 2006). این کار برای هر ۴ سطح رطوبتی انجام شد .

$$D_g = \sqrt[3]{abw} \qquad (۳)$$

$$D_a = \frac{a+b+w}{2} \qquad (4)$$

$$\emptyset = \frac{D_g}{a} \qquad (5)$$

$$S = \frac{\pi ab}{4} \quad (٦)$$

$$V = \frac{\pi}{6}(abw) \quad (٧)$$

در روابط فوق داریم:

$D_g$= قطر متوسط هندسی( میلی متر ).

$D_a$= قطر متوسط حسابی( میلی متر ).

Ø= کرویت .

S= سطح تصودر شده( میلی متر مربع ).

V= حجم دانه( میلی متر مکعب ).

a= طول دانه( میلی متر ).

b= عرض دانه( میلی متر ).

W= ضخامت دانه( میلی متر ).

چگالی حقیقی دانه با استفاده از روش جابجایی مایع به دست آمد به این ترتیب که وزن مشخصی از دانه لوبیا سفید را داخل استوانه مدرج که حجم معینی از مایع تولوئن ریخته شده است قرار می دهیم در صورت مشاهده حباب داخل استوانه آن را تکان داده تا حباب خارج شود حجم دانه همان حجم مایع جابجا شده است(راسخ و همکاران، ۱۳۸٤). چگالی حقیقی دانه لوبیا سفید از تقسیم وزن به حجم دانه طبق رابطه (۸) به دست آمد.

$$\rho_{\tau} = \frac{M_{\tau}}{V_{\tau}} \quad (٨)$$

در رابطه فوق داریم :

$\rho_{\tau}$= چگالی دانه لوبیا سفید( برحسب گرم بر سانتی متر مکعب ).

$M_{\tau}$= وزن دانه لوبیا سفید( برحسب گرم ).

$V_{\tau}$= حجم دانه لوبیا سفید(بر حسب سانتی متر مکعب ).

برای اندازه گیری چگالی توده، نمونه ها داخل یک ظرف استوانه ای شکل با حجم معلوم ریخته شد چگالی توده از تقسیم وزن به حجم نمونه به دست می آید. از آنجا که ممکن است نحوه پر کردن ظرف در اندازه گیری ها تاثیر گذار باشد ارتفاع ریزش نمونه ها برای کلیه تکرارها ثابت در نظر گرفته شد پس از پر شدن ظرف دانه های سرریز با انتقال خط کش به صورت مورب خارج شدند(Davies, 2009).چگالی توده از رابطه (۹) به دست آمد.

$$\rho_b = \frac{M_b}{V_b}$$

در رابطه فوق داریم :

$\rho_b$=چگالی توده( برحسب گرم بر سانتی متر مکعب ).

$M_b$= وزن دانه لوبیا سفید( برحسب گرم ).

$V_b$= حجم دانه لوبیا سفید( برحسب سانتی متر مکعب ).

میزان تخلخل لوبیا سفید با مشخص شدن چگالی توده و چگالی حقیقی لوبیا سفید از رابطه (۱۰) محاسبه شد (Mohsenin, 1986).

$$\varepsilon = (1-\frac{\rho_b}{\rho_\tau}) \times 100 \qquad (۱۰)$$

در رابطه فوق داریم :

$\varepsilon$= تخلخل دانه لوبیا سفید.

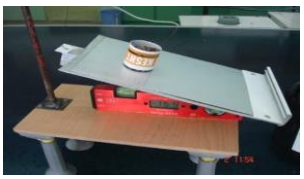
$\rho_b$= چگالی توده( گرم بر سانتی متر مکعب ).

$\rho_\tau$= چگالی حقیقی( گرم بر سانتی متر مکعب ).

وزن هزار دانه لوبیا سفید با انتخاب ۱۵۰ دانه بصورت تصادفی وتوزین آن با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم برای هر چهار سطح رطوبتی انجام شد.

برای اندازه‌گیری ضریب اصطکاک استاتیکی از شیب سنج دیجیتالیبا دقت ۰/۱ درجه استفاده گردید. روش کار به این ترتیب بود که ابتدا زاویه شیب سنج صفر شده و سپس مقداری دانه لوبیا سفید به طور تصادفی انتخاب و به داخل یک لوله استوانه‌ای که بر روی سطح شیب‌دار قرار داده می‌شد ریخته می‌شدند پس از پر شدن، برای جلوگیری از خطا، لوله استوانه‌ای طوری به آرامی بالا کشیده می‌شد تا لبه آن با سطح شیب سنج تماس نداشته باشد. سپس به آرامی با اهرمی که بر بالای شیب سنج مستقر بود زاویه شیب سنج افزایش داده می‌شد تا زمانی که محصول شروع به لغزش کند، به محض لغزش، زاویه سطح توسط زاویه سنج نشان داده شده و مقدار آن یادداشت برداری می‌شد و در نهایت ضریب اصطکاک استاتیکی دانه لوبیا سفید از رابطه‌ی (۱۱) محاسبه شد.

$$\mu = \tan^{-1}\alpha \qquad (۱۱)$$



شکل ۱- شیب سنج دیجیتالی مورد استفاده برای اندازه گیری ضریب اصطکاک استاتیکی

در رابطه (۱۱) داریم:

$\mu$= ضریب اصطکاک استاتیکی دانه لوبیا سفید.

$\alpha$= زاویه خوانده شده از شیب سنج دیجیتالی.

برای اندازه گیری زاویه استقرار دانه لوبیا سفید، توده لوبیا سفید را از طریق لوله استوانه ای شکل داخل محفظه مکعبی شکلی که قسمت تحتانی آن صفحه مسطحی قرار گرفته است پس از آن لوله را به آرامی بیرون می کشیم تا توده حالت طبیعی به خود بگیرد. از آنجا که ارتفاع ریزش دانه ها ممکن است در محاسبات تاثیر گذار باشد ارتفاع ریزش دانه لوبیا سفید برای تمامی تکرارها یکسان انتخاب شد(Davies, 2009).

با اندازه گیری ارتفاع وقطر توده تشکیل یافته با استفاده از کولیس، زاویه استقرار لوبیا سفید از رابطه (۱۲) محاسبه می شود.

$$\theta=\text{Arc tan}\left(\frac{2H}{D}\right) \qquad (12)$$

در رابطه (۱۲) داریم:

θ= زاویه ی استقرار دانه لوبیا سفید( بر حسب درجه ).

H= ارتفاع توده لوبیا سفید( بر حسب میلی متر ).

D= قطر توده لوبیا سفید( برحسب میلی متر ).

آزمایش‌های مربوط به طول، عرض، ضخامت، قطر متوسط حسابی، قطر متوسط هندسی، وزن هزار دانه، حجم، کرویت و سطح تصویر شده در طرح کاملا" تصادفی با ۱۵۰ تکرار و در ۴ سطح رطوبتی، آزمایش‌های مربوط به چگالی حقیقی، چگالی توده، زاویه استقرار و تخلخل در طرح کاملا" تصادفی با ۱۰ تکرار و در ۴ سطح رطوبتی و آزمایش تعیین ضریب اصطکاک استاتیکی در آزمایش فاکتوریل با ۲ عامل (۴ محتوای رطوبتی و ۴ سطح اصطکاکی شامل فولاد زنگ نزن، آهن گالوانیزه، آلومینیوم و استیل) در طرح پایه کاملا" تصادفی با ۱۰ تکرار انجام شد. بعد از انجام آزمایش‌ها و دسته‌بندی داده‌ها، تجزیه و تحلیل نتایج و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C انجام شد و نتایج به صورت جدول و نمودار با استفاده از نرم افزارEXCEL ارائه شده است.

## نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج حاصل از تجزیه واریانس خواص فیزیکی دانه لوبیا سفید به جز ضریب اصطکاک استاتیکی نشان می دهد.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس خواص فیزیکی دانه لوبیا سفید (به جز ضریب اصطکاک استاتیکی )

| متغیر وابسته | منبع تغییرات | درجهٔ آزادی | میانگین مربعات | ضریب تغییرات (درصد) |
|---|---|---|---|---|
| طول (میلی‌متر) | تیمار | ۳ | ۲/۷۶۶** | ۸/۳۴ |
| | خطای آزمایشی | ۵۹۶ | ۰/۷۰۰ | |
| عرض (میلی‌متر) | تیمار | ۳ | ۰/۲۸۸ns | ۷/۴۸ |
| | خطای آزمایشی | ۵۹۶ | ۰/۲۲۵ | |
| ضخامت (میلی‌متر) | تیمار | ۳ | ۰/۴۲۸ ns | ۸/۲۲ |
| | خطای آزمایشی | ۵۹۶ | ۰/۲۰۰ | |
| قطر متوسط حسابی(میلی‌متر) | تیمار | ۳ | ۰/۷۵۱* | ۶/۷ |
| | خطای آزمایشی | ۵۹۶ | ۰/۲۳۸ | |
| قطر متوسط هندسی (میلی‌متر) | تیمار | ۳ | ۰/۵۱۰ns | ۶/۶۸ |
| | خطای آزمایشی | ۵۹۶ | ۰/۲۲۰ | |
| حجم(میلی‌متر مکعب) | تیمار | ۳ | ۴۰۷۹/۹۳۸* | ۲۰/۲۱ |
| | خطای آزمایشی | ۵۹۶ | ۱۴۰۴/۰۴۳ | |
| کرویت (درصد) | تیمار | ۳ | ۰/۰۰۱ns | ۳/۲۴ |
| | خطای آزمایشی | ۵۹۶ | ۰/۰۰۱ | |
| سطح تصویر شده (میلی‌مترمربع) | تیمار | ۳ | ۵۰۲/۶۲۷** | ۱۳/۸۹ |
| | خطای آزمایشی | ۵۹۶ | ۸۲/۱۸۵ | |
| زاویه استقرار (درجه) | تیمار | ۳ | ۵۶/۰۵۹** | ۶/۲۷ |
| | خطای آزمایشی | ۳۶ | ۲/۵۸۲ | |
| چگالی توده (گرم بر سانتی‌متر مکعب) | تیمار | ۳ | ۰/۰۰** | ۰/۶۹ |
| | خطای آزمایشی | ۳۶ | ۰/۰۰ | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| چگالی حقیقی (گرم بر سانتی‌متر مکعب) | تیمار | ۳ | ۰/۰۰۸** | |
| | خطای آزمایشی | ۳۶ | ۰/۰۰۱ | ۱/۸۱ |
| تخلخل (درصد) | تیمار | ۳ | ۴۷/۵۶** | |
| | خطای آزمایشی | ۳۶ | ۰/۴۸۷ | ۴/۰۵۴ |
| وزن هزاردانه (گرم) | تیمار | ۳ | ۰/۰۱۳** | ۱۹/۶۴ |
| | خطای آزمایشی | ۵۹۶ | ۰/۰۰۳ | |

**: معنی داری درسطح احتمال ۱ درصد * معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد و ns : عدم وجود اختلاف معنی داری

از جدول ۱ مشاهده می‌شود که رطوبت بر ویژگی‌های طول، چگالی توده، چگالی حقیقی، سطح تصویر شده، زاویه استقرار، تخلخل و وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱ درصد و بر ویژگی‌های حجم دانه وقطر متوسط حسابی، در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری دارد، در حالی که رطوبت بر کرویت، عرض، ضخامت و قطر متوسط هندسی اثر معنی‌داری ندارد.در جدول ۲ نتایج حاصل از تجزیه واریانس ضریب اصطکاک استاتیکی دانه لوبیا سفید در ٤ سطح رطوبتی و بر روی سطوح مختلف نشان داده شده است.

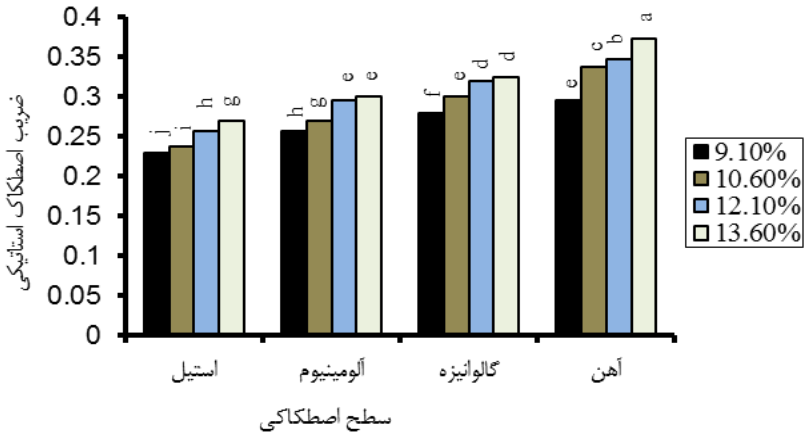
جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس ضریب اصطکاک استاتیکی دانه لوبیا سفید

| منبع تغیرات | درجه آزادی | میانگین مربعات |
|---|---|---|
| رطوبت | ۳ | ۰/۰۲۰** |
| سطح اصطکاک | ۳ | ۰/۰۵۷** |
| رطوبت × سطح اصطکاک | ۹ | ۰/۰۰۱** |
| خطا | ۱۴۴ | ۰/۰۰۰ |
| کل | ۱۵۹ | |

**: معنی داری در سطح ۱ درصد.

LSD Value=۰/۰۰۵۶۶

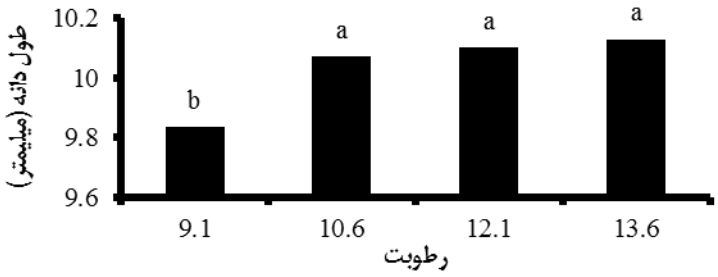
از جدول ۲ ملاحظه می‌شود که اثر اصلی عوامل رطوبت و سطح اصطکاکی و اثر متقابل دوتایی رطوبت و سطح اصطکاک در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است.به عبارتی تعیین ضریب اصطکاک دانه لوبیا سفید بر روی هر سطح کاری زمانی از دقت کافی برخوردار خواهد بود که رطوبت آن مشخص شود. شکل ۲ میانگین اثر متقابل دوتایی رطوبت و سطح اصطکاک را برای ضریب اصطکاکی استاتیکی لوبیا سفید نشان می‌دهد.




LSD Value = ۱/۴۵۷

شکل ۲- اثر متقابل رطوبت و سطح اصطکاکی بر ضریب اصطکاک استاتیکی

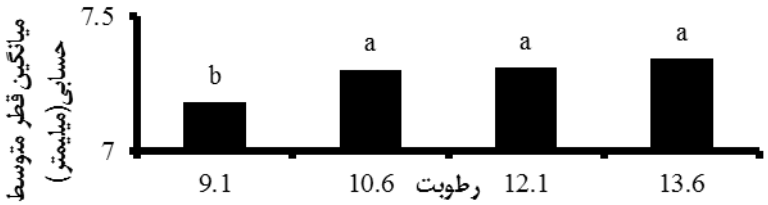
از شکل ۲ مشخص است که با افزایش رطوبت، ضریب اصطکاک استاتیکی روی تمامی سطوح مورد آزمایش افزایش یافته است. این نتیجه به خاطر افزایش چسبندگی بین لوبیا سفید و سطوح مورد آزمایش با افزایش رطوبت است که سبب افزایش ضریب اصطکاک استاتیکی می شود. در شکل۲ مشخص استبا افزایشرطوبت از ۹/۱ به ۱۳/۶ درصد ضریب اصطکاک استاتیکی برای تمام سطوح افزایش داشته است. بیشترین ضریب اصطاک استاتیکی برای آهن و کمترین آن برای استیل بود. آهن در رطوبت ۱۳/۶ درصد دارای ضریب اصطکاک استاتیکی برابر با ۰/۳۷۳ بود و استیل در رطوبت ۹/۱ درصد دارای کمترین ضریب اصطکاک استاتیکی برابر با ۰/۲۲۹ بود. افزایش ضریب اصطکاک متناسب با افزایش رطوبت به‌دلیل افزایش چسبندگی بین دانه‌های لوبیا سفید و سطح اصطکاک است. همچنین به‌دلیل صاف و صیقلی بودن سطح استیل نسبت به سطوح دیگر مخصوصا"آهن است. لازم به ذکر است که تعیین مقادیر دقیق ضریب اصطکاک استاتیکی دانه لوبیا سفید از پارامترهای اصلی طراحی مخازن نگهداری و سیستم‌های جابجایی بخصوص در هنگام تخلیه از ناودانی‌های مخروطی می‌باشد. رضوی و همکاران (۲۰۰۸)، بیان نمودند که اختلاف در ضریب اصطکاک استاتیکی سطوح مختلف مربوط به زبری سطوح است. این نتایج با نتایج تحقیقات آلتونتاس وییلدز(۲۰۰۲) ،سیفی و علیمردانی (۲۰۱۰)،و ایزبک و یونال که به ترتیب برای باقلا، دانه ذرت و دانه لوبیا قرمز انجام گرفته است برای کاملا مطابقت دارد. در شکل۳، میانگین طول دانه لوبیا سفید به صورت تابعی از رطوبت نشان داده شده است.




LSD Value = ۰/۱۸۹۷

شکل۳- میانگین طول دانه لوبیا سفید در سطوح مختلف رطوبتی

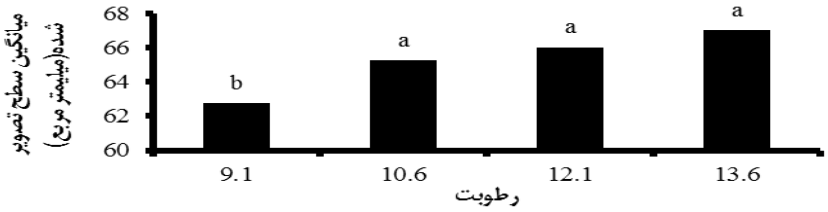
از شکل۳ مشخص است با افزایش رطوبت، طول دانه از مقدار میانگین ۹/۸۳۴ میلی متر درسطح رطوبتی ۹/۱ درصد تا مقدار میانگین ۱۰/۱۳ میلی متردر سطح رطوبتی ۱۳/۱درصد افزایش می‌یابد. افزایش طول دانه بین سطوح رطوبتی ۱۲/۱۰،۱/۶ و ۱۳/۶ اختلاف معنی‌دار ندارد، ولی بین سطوح رطوبتی ۹/۱ و ۱۳/۶درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد.علت افزایش طول دانه لوبیا سفید با افزایش رطوبت،انبساط طولی آن درنتیجه جذب رطوبت می‌باشد. شکل ٤ میانگین قطر متوسط حسابی لوبیا سفید به صورت تابعی از رطوبت نشان داده شده است.




LSD Value = ۰/۱۱۰۶

شکل ٤- میانگین قطر متوسط حسابی لوبیا سفید در سطوح مختلف رطوبتی

از شکل ۴ مشخص است با افزایش رطوبت قطر متوسط حسابی، از مقدار میانگین ۷/۱۸۱ میلی‌متر،در سطح رطوبتی ۹/۱ تا ۷/۳۴۳ میلی‌متر، در سطح رطوبتی ۱۳/۱ درصد افزایش می‌یابند. افزایش قطر متوسط حسابی، در بین سطوح رطوبتی ۱۰/۶ ، ۱۲/۱ و ۱۳/٦ درصد اختلاف معنی‌دار ندارد، در حالی‌که سطح رطوبتی ۹/۱ با بقیه سطوح رطوبتی اختلاف معنی‌دار دارد. این نتیجه با نتایج تحقیقات قهاری کرمانی (۱۳۹۰) برای لوبیا رقم محلی مشگین شهر مطابقت دارد.شکل ۵ میانگین سطح تصویر شده لوبیا سفید به صورت تابعی از رطوبت نشان داده شده است.

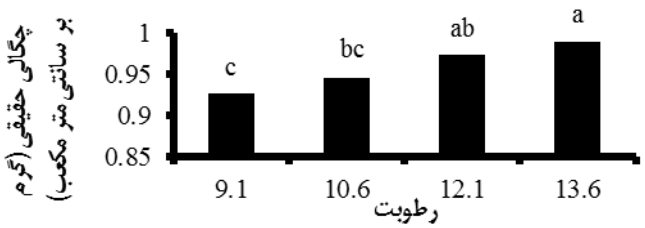



LSD Value = ۲/۰۵۶

شکل ۵- میانگین سطح تصویر شده لوبیا سفید در سطوح مختلف رطوبتی

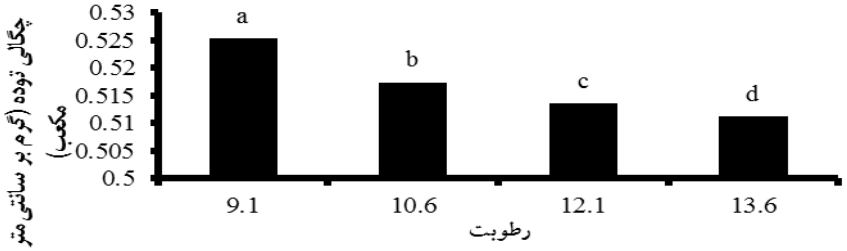
از شکل۵، مشخص است با افزایش رطوبت میانگین سطح تصویر شده لوبیاسفید از مقدارمیانگین ۶۲/۷۵۴ میلی‌متر مربع،درسطح رطوبتی ۹/۱ تا ۶۷/۰۴۱ میلی متر مربع، در سطح رطوبتی ۱۳/۱ درصد افزایش می‌یابد. افزایش سطح تصویر شده، در بین سطوح رطوبتی ۱۰/۶ ، ۱۲/۱ و ۱۳/۶ درصد اختلاف معنی‌دار ندارد، در حالی‌که سطح رطوبتی ۹/۱ با بقیه سطوح رطوبتی اختلاف معنی‌دار دارد. شکل و اندازهٔ فیزیکی محصولات کشاورزی دررطوبت‌های مختلف در جداسازی آن‌ها از مواد خارجی و همچنین جداسازی براساس اندازه کاربرد دارد و از این اطلاعات می‌توان در طراحی سیلوهای دانه،

موزع‌های ردیف‌کارها و غربال‌های کروی شکاف‌دار و غلتک‌های جدا کننده استفاده کرد.در شکل های ۶ و ۷ میانگین چگالی حقیقی و جگالی توده لوبیا سفید به صورت تابعی از رطوبت نشان داده شده است.




LSD Value = ۰/۰۲۸۶۸

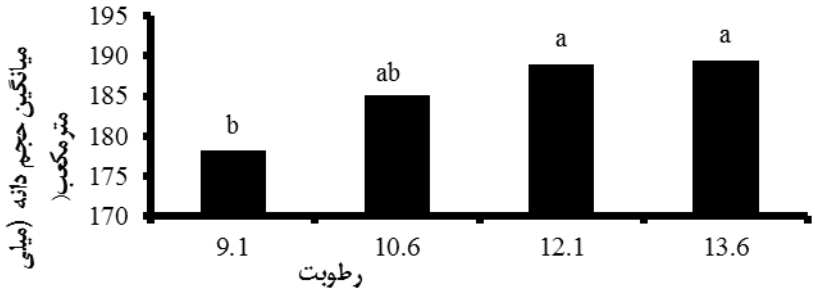
شکل ۶- میانگین چگالی حقیقی لوبیا سفید در سطوح مختلف رطوبتی



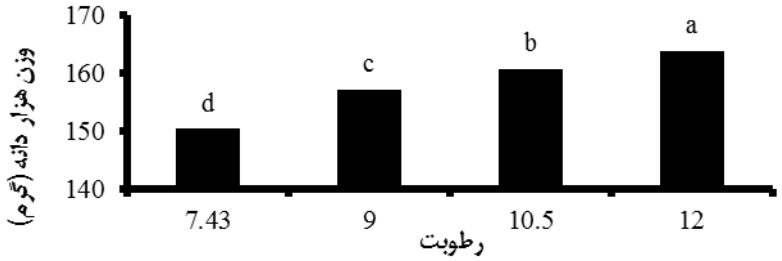

LSD Value =۰/۰۰۱۵۷۱

شکل ۷- میانگین چگالی توده لوبیا سفید در سطوح مختلف رطوبتی

در شکل ۶ مشخص است با افزایش رطوبت، چگالی حقیقی از مقدار میانگین ۰/۹۲۷ گرم بر سانتی متر مکعب در سطح رطوبتی ۹/۱ درصد تا مقدار میانگین ۰/۹۹۰ گرم بر سانتی متر مکعب در سطح رطوبتی ۱۳/۱درصد افزایش می‌یابد. این افزایش بین سطوح رطوبتی ۹/۱ و ۱۰/۶ درصد، همچنین بین سطوح رطوبتی ۱۰/۶ و ۱۲/۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارد ولی بین سطوح رطوبتی ۹/۱ با ۱۲/۱ و ۱۳/٦ اختلاف معنی دار دارد. همچنین با توجه به شکل ۷با افزایش رطوبت چگالی توده از مقدار میانگین ۰/۵۲۵گرم بر سانتی متر مکعب در سطح رطوبتی ۹/۱ درصد تا مقدار میانگین ۰/۵۱۱گرم بر سانتی متر مکعب در سطح رطوبتی ۱۳/۱ درصد کاهش می‌یابد. این کاهش در بین کلیه سطوح رطوبتی اختلاف معنی‌داری دارد. علت کاهش چگالی توده افزایش بیشتر حجم نسبت به وزن لوبیا سفید است. این نتیجه با نتایج تحقیقاتی که ایزیک و یونال(۲۰۰۷) و سیفی و علیمردانی(۲۰۱۰) به ترتیب برای دانه لوبیا قرمز و دانه ذرت انجام داده اند مطابقت دارد. از این نتیجه می‌توان در جداسازی و درجه‌بندی محصول لوبیا سفید استفاده نمود. در شکل های ۸ و ۹ میانگین حجم و وزن هزار دانه لوبیا سفید به صورت تابعی از رطوبت نشان داده شده است.



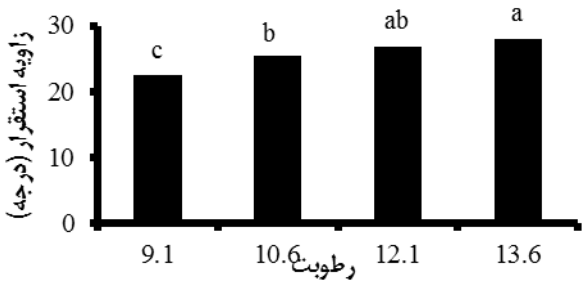

شکل ۸- میانگین حجم دانه لوبیا سفید در سطوح مختلف رطوبتی




شکل۹- میانگین وزن هزار دانه لوبیا سفید در سطوح مختلف رطوبتی

از شکل ۸، مشخص است با افزایش رطوبت، میانگین حجم دانه لوبیا سفید، از مقدار میانگین ۱۷۸/۱۶۳ میلی‌متر مکعب، در سطح رطوبتی ۹/۱ تا ۱۸۹/۴۴ میلی متر مکعب، در سطح رطوبتی۱۳/۱ درصد افزایش می‌یابد. افزایش حجم دانه ها، در بین سطوح رطوبتی ۹/۱ و ۱۰/۶ و همچنین بین سطوح رطوبتی ۱۲/۱ و ۱۳/۶ و سطح رطوبتی ۱۰/۶ با سطوح رطوبتی ۱۲/۱ و۱۳/۶ درصد اختلاف معنی‌دار ندارد، در حالی‌که سطح رطوبتی ۹/۱ با سطوح رطوبتی ۱۲/۱ و۱۳/۶ درصداختلاف معنی‌دار دارد. این نتیجه با نتایج تحقیقات قهاری کرمانی برای لوبیا رقم محلی مشگین شهر مطابقت دارد.

از شکل ۹ مشخص است با افزایش رطوبت، وزن هزاردانه از مقدار میانگین ۲۵۰/۷۲ گرم در سطح رطوبتی ۹/۱ درصد تا مقدار میانگین ۲۷۲/۵۶ گرم در سطح رطوبتی ۱۳/۶ درصد افزایش می‌یابد. افزایش وزن هزار دانه بین کلیه سطوح رطوبتی اختلاف معنی‌دار دارد. علت افزایش وزن هزار دانه با افزایش رطوبت لوبیا سفید ، جذب آب توسط دانه ها در سطوح رطوبتی بالاتر می‌باشد. . این نتایج با نتایج تحقیقات ایزیک و یونال(۲۰۰۷) برای دانه لوبیا قرمز و قهاری کرمانی برای لوبیا رقم محلی مشگین شهر مطابقت دارد. در شکل ۱۰ میانگین زاویه استقرار لوبیا سفید در سطوح مختلف رطوبتی نشان داده شده است.




شکل ۱۰- میانگین زاویه استقرار لوبیا سفید در سطوح مختلف رطوبتی

در شکل ۱۰ مشخص است با افزایش رطوبت، زاویه استقرار از مقدار میانگین ۲۲/۴۶ درجه در سطح رطوبتی ۹/۱ درصد تا مقدار میانگین ۲۷/۹٦ درجه در سطح رطوبتی ۱۳/۱ درصد افزایش می‌یابد. این افزایش در بین سطوح رطوبتی ۱۳/۱۰،٦/٦و ۱۲/۱درصد اختلاف معنی‌دار ندارد، ولی بین سطوح رطوبتی ۹/۱ و ۱۳/٦اختلاف معنی‌دار وجود دارد. این نتیجه به دلیل افزایش ارتفاع توده لوبیا سفید و کاهش قطر توده لوبیا سفید با افزایش رطوبت لوبیا سفید است. این نتیجه با نتیجه ستین (۲۰۰۷)، برای لوبیای رقم باربونیا مطابقت دارد.

## نتیجه گیری

نتیجه این تحقیق به شرح زیر می باشد

۱- خواص فیزیکی لوبیا سفید شامل ویژگی‌های ابعادی (طول،)، وزن هزاردانه و خواص هندسی (قطر متوسط حسابی، حجم، مساحت سطح تصویر شده) با افزایش رطوبت، افزایش می‌یابد. این نتیجه می‌تواند بدلیل جذب رطوبت در رطوبت‌های بالا-تر باشد.

۲- به‌دلیل چسبندگی بیشتر دانه‌ها با سطوح اصطکاکی در رطوبت‌های بالاتر، ضریب اصطکاک استاتیکی با افزایش رطوبت افزایش می‌یابد.

۳- بررسی تأثیر جنس سطوح مورد استفاده در آزمایش نشان داد که ضریب اصطکاک استاتیکی روی سطح آهنی بیشترین و کمترین آن برای استیل بود. این نتیجه می‌تواند به‌دلیل زبر بودن جنس آن نسبت به استیل باشد.

## فهرست

۱- راسخ، م.، توکلی هشجین، ت.، فیروزآبادی، ب.، و کیانمهر، م. ۱۳۸٤. بررسی تجربی عملکرد دستگاه جداکنندهٔ ثقلی در میزان جداسازی گندم سن‌زده. مجلهٔ علوم و صنایع غذایی ایران. دورهٔ ۲ شمارهٔ ۳. ص ۴۶-۳۳.

۲- قهاری کرمانی، ف. ۱۳۹۰. تعیین برخی خواص فیزیکی و مکانیکی یک رقم لوبیای ایرانی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی.

۳- مجنون حسینی، ن. ۱۳۷۵. حبوبات در ایران، ۱، موسسه نشر جهاد وابسته به جهاد دانشگاهی، تهران، ص ۲۴۰.

4-Altuntas, E. and Yildis, M. 2005. Effect of mouisture content on some physical and mechanical properties of fabf been (Visia faba L.) grains. Journal of Food Engineering. 78:174-183.
5-Anonymous. 2010. Agriculture Database of FAO – STAT. Available on the http://FAOSTAT. FAO. ORG.
6-ASAE. 1999. Moisture measurement-ungrounder grain and seeds. ASAE Standaed S 352/2. 567-568.
7-Cetin, M. 2007. Physical properties of Barbunia bean (Phaseolus vulgaris L.cv. Barbunia) seed. Journal of Food Engineering, 80, 353-358
8-Coskuner, Y. and Karababa, E. 2007. Some physical properties of flaxseed (Linum usitatissimum L.). Journal of Food Engineering. 78: 1067-1073.
9-Davies, R. M. 2009. Some physical properties of groundnut grains. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. 1(2): 10-13.
10-Isik, E. and Unal, H. 2007. Mouisture dependent physical properties of White speckled erd kindy bean grains. Journal of Food Engineering, 82: 209 - 216.
11-Kiani Deh Kiani, M. 2008. Moisture dependent physical properties of red bean. Int. Agrophysics, 22, 231-237.
12-Kibar, H. Öztürk, T. and Esen, B. 2010. The effect of moisture content on Physical and mechanical properties of rice (Oryza sativa L.). Spanish of Agricultural Research. 8(3): 741-749.
13-Kilickan, A. and Guner. 2006. Pneumatic conveying characteristics of cotton seeds. Biosystems Engineering. 95(4): 537- 546.
14-Manimehalai, N. and Viswanathan, R. 2006. Physical properties of fuzzy cottonseeds. Biosystems Engineering. 95(2): 207-217.
15-Mohsenin, N. N. 1986. Physical properties of Plant and Animal Materials. Gorden and Beach Science Poblishers London.
16-Özarslan, C. 2002. Physical properties of cottonseed. Biosystem Engineering. 83(2): 169-174.
18-Razavi, S. M. Mazaherinasab, M. Nickfar, f. and Sanaeefard, H. 2008. Physical properties and image analysis of wild pistachio nut (baneh). Iranian Food Science & Technology Research Journal. Pp. 61-70.
19-Seifi, M. R. and Alimardani, R. 2010. Comaraision of moisture- dependent physical and mechanical properties of two varieties of corn (SC 704 and DC 307). Australian Journal Agricultural Engineering 1(5): 170- 178.
20-Tekin, Y. and Isik, E. 2006. Physical and mechanical properties of Turkish Goynuk Bombay beans (Phaseolus vulgaris L.). Pakistan journal of biological sciences 9(12): 2229- 2235.

# Determination of Some Physical and Mechanical Properties of White Been

## Abstract

In this study, some physical properties of white beans were studied as a function of moisture content. The results showed that moisture content had significant effect on the physical properties of white been such as length, projected area, angle of repose, bulk density, true density, porosity and thousand seed mass ($p< 0.01$), and also had significant effect on the arithmetic mean diameter and volume ($p< 0.05$), while moisture content had no effect on the sphericity, width, thickness and geometric mean diameter. As moisture content increased from 9.1 to 13.6% (based on dry basis), length, arithmetic mean diameter, projected area, volume, thousand seed mass, porosity, angle of repose and true density increased, while, bulk density decreased. The interaction effect of surface type and moisture content had significant effect ($p< 0.01$) on static friction coefficient of four surface materials, namely, iron, galvanized iron, stainless steel and aluminum. In the mechanical tests, white been grain were loaded between two parallel plates to determine the deformation at rupture point, force required to rupture, energy required to rupture and toughness. Experiments were designed in factorial test based on completely randomized design.

**Keyword:** White Been, Physical Properties, Density.