تعیین برخی خواص فیزیکی پسته و مغز آن (ارقام بومی قزوین)

محمد غلامی پرشکوهی[a*]، میلاد محمدی‌شمامی[b]، شهرام محسنی[c]، علی ماشاءاله کرمانی[d]، احسان عبدالعلی زاده[b]

[a] دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، گروه ماشین‌های کشاورزی، تاکستان، ایران
[b] دانش آموخته دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، گروه ماشین‌های کشاورزی، تاکستان، ایران
[C] مدرس مرکز آموزش جهاد کشاورزی استان اردبیل، اردبیل، ایران
[d] استادیار پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱۲/۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۸/۴

چکیده

مقدمه: بدون دانستن خصوصیات فیزیکی و مکانیکی مواد کشاورزی امکان بررسی مسائل مربوط به فرآوری، حمل و نقل و نگه‌داری مواد میسر نخواهد بود. در این تحقیق، برخی خواص فیزیکی دانه و مغز پستهٔ ارقام قزوینی (قزوینی و بویین زهرا)، تعیین شد و تاثیر رطوبت در سطوح مختلف بر این خواص بررسی شد.

مواد و روش‌ها: خصوصیات فیزیکی پسته که شامل ابعاد اصلی (طول، عرض، ضخامت)، جرم، کرویت، میانگین قطر هندسی و حسابی، مساحت سطح رویه، حجم حقیقی، چگالی حقیقی، چگالی توده، تخلخل و ضریب اصطکاک استاتیکی می‌باشد، در پنج سطح رطوبتی بر پایهٔ تر (۳/۵٪، ۱۲٪، ۱۹/۵٪، ۲۷٪، ۳۵/۵٪) مورد آزمایش قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج بررسی خواص هندسی نشان داد که رطوبت تأثیر معنی‌داری بر ابعاد، میانگین قطر هندسی و حسابی، کرویت، مساحت سطح رویهٔ دانه و مغز پسته هر دو رقم داشت.

نتیجه‌گیری: با افزایش رطوبت کلیهٔ خواص ذکر شده هر دو رقم (قزوینی و بویین زهرایی) افزایش یافت. خواص ثقلی دانه و مغز پستهٔ ارقام قزوینی با افزایش رطوبت افزایش پیدا کرد. افزایش رطوبت، ضریب اصطکاک دانه و مغز هر دو رقم پسته را در همهٔ سطوح اصطکاکی (چوب، شیشه، آلومنیوم، پلاستیک) افزایش داد. بیشترین ضریب اصطکاک برای پسته رقم قزوینی و بویین زهرایی روی سطح آلومنیوم و کمترین آن روی سطح پلاستیک بدست آمد و برای مغز پسته رقم قزوینی و بویین زهرایی بیشترین ضریب اصطکاک روی سطح چوب و کمترین آن به ترتیب روی سطح پلاستیک و شیشه بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: *پسته قزوین، پسته بویین زهرا، خواص فیزیکی، خواص هندسی، ضریب اصطکاک استاتیکی*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: Gholamihassan@yahoo.com

jftn.srbiau.ac.ir

مقدمه

ارزش غذایی بالای پسته سبب گردید، این محصول هرچه بیشتر مورد توجه مصرف‌کنندگان قرار گیرد. مقدار انرژی حاصل از هر ۱۰۰ گرم مغز پسته حدوداً ۵۵۷ کیلوکالری می‌باشد. پسته یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است که اهمیت زیادی در صادرات و اقتصاد کشور دارد. آمارهای منتشر شده از سوی دفتر آمار وزارت کشاورزی آمریکا نشان داد ایران در سال زراعی ۱۳۸۹، ۲۱۰ هزار تن پسته تولید کرده است که پس از آمریکا با تولید ۲۳۶ هزار تن در مقام دوم قرار دارد(Anonymous, 2011).

دانستن خصوصیات فیزیکی و مکانیکی در مسایل مربوط به طراحی ماشین‌های فرآوری و یا تحلیل رفتار مواد در نگه‌داری، حمل و نقل موثر هستند. دانستن این خصوصیات تأثیر عمده‌ای روی عملکرد و بازده ماشین‌ها و دستگاه‌های خط فرآوری دارد (Mohsenin, 1986).

از جمله خواص فیزیکی پسته که در طراحی ماشین‌ها تأثیرگذار است، خواص ثقلی می‌باشد. دانسیته توده و تخلخل ملاحظات مهم در طراحی خشک کن‌ها و سیستم‌های هوادهی هستند. دانسیته ظاهری عنوان عاملی در مشخص کردن کیفیت و سیستم‌های درجه‌بندی به حساب می‌آید. از این خواص برای پیش بینی ساختار بار برای انبارها نیز استفاده می‌شود (Lvin, 1970). همچنین آگاهی از دانسیته و وزن مخصوص جهت محاسبه انتشار حرارتی در حل مسائل انتقال گرما سودمند می‌باشد. این امر در اتخاذ روش‌های مناسب خشک کردن و نگه‌داری پسته دخالت دارد (حیدری و عباسپور. ۱۳۸۲).

شکل و اندازه مواد پارامترهایی هستند که بر منحنی سرمایش مواد و جداسازی دانه از مواد ناخواسته و درجه‌بندی آن موثر می‌باشد (Mohsenin, 1986). تاکنون مطالعات زیادی در زمینه خواص فیزیکی پسته و محصولات دانه‌ای انجام شده است. رضوی و همکاران (۲۰۰۷) خواص ثقلی، اصطکاکی و هندسی پنج رقم پسته مهم تجاری ایران را مورد بررسی قرار دادند. کاشانی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۶) خواص فیزیکی پسته و مغز رقم اوحدی، از جمله خواص ثقلی آن را به صورت تابعی از رطوبت بررسی کرد. وی همچنین خواص اصطکاکی و سرعت حد پسته و رقم اوحدی را در سطوح مختلف رطوبتی بررسی کرد. سو و همکاران (۱۹۹۱) خواص فیزیکی و حرارتی پسته رقم کرمانی را بررسی کردند. آنان در تحقیق خود تعدادی از خواص ثقلی این رقم شامل دانسیته توده و وزن مخصوص حقیقی را به صورت تابعی از رطوبت بررسی کردند. گوشکی (۱۳۹۰) خواص فیزیکی پسته رقم احمد آقایی را مورد مطالعه قرار داد و اثر رطوبت در سطوح مختلف بر این خواص بررسی نمود. پولات (۲۰۰۷) خواص اصطکاکی پسته رقم قرمز کشور ترکیه را تعیین کرد.

با توجه به اهمیتی که در ارتباط بین خواص فیزیکی و ماشین‌های مربوطه وجود دارد، بدیهی است تعیین چنین خواصی مهم و ضروری می‌باشد و از آنجایی که تاکنون هیچ تحقیق علمی در زمینه خواص فیزیکی و مکانیکی پسته ارقام بومی قزوین (قزوینی و بویین زهرا) صورت نگرفته است و با توجه به سطح و تولید قابل توجه این محصول، شناخت این خواص می‌تواند در کنار خواص مطالعه شده بر روی سایر ارقام اطلاعات کامل‌تری از ارقام مختلف پسته ایرانی ارائه کند.

مواد و روش‌ها

پسته ارقام قزوینی و بویین‌زهرایی دو نوع از ارقام مهم در استان قزوین است که به عنوان نمونه‌های مورد آزمایش این تحقیق انتخاب شد. پسته خشک از باغ‌های استان قزوین تهیه شد. این پسته‌ها به صورت دستی پوست‌گیری، و تمام مراحل خشک شدن آن به صورت طبیعی انجام شد. بعد از تهیه، پسته‌ها کاملا تمیز و مواد زائد آنها جدا شد.

رطوبت اولیه پسته‌ها با استفاده از روش آون در دمای ۲±۱۰۳ درجه سلسیوس و تا رسیدن به وزن ثابت تعیین شد (Kashaninejad *et al.,* 2006). رطوبت اولیه برای پسته قزوینی و بوئین‌زهرا به ترتیب ۳/۵ و ۳/۶ درصد بر پایه تر بدست آمد. برای به دست آوردن نمونه‌هایی با رطوبت بیشتر، مقدار آب مقطر محاسبه شده طبق رابطهٔ ۱ به آن اضافه شد. با افزودن مقدار آب مقطر مورد نیاز چهار سطح رطوبت ۱۲، ۱۹/۵، ۲۷ و ۳۵/۵ درصد (بر پایهٔ تر) دیگر نیز ایجاد شد. سپس نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی دربسته قرار گرفتند و در دمای ۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ روز در یخچال نگه‌داری شدند تا رطوبت به طور یکنواخت در محصول پخش شود (Kashaninejad *et al.,* 2006).

jftn.srbiau.ac.ir

$$w_2 = w_1 \times \left[\frac{M_2 - M_1}{100 - M_2}\right] \quad (۱)$$

که در آن:

w_2 وزن آب اضافه شده (گرم)، w_1 وزن نمونه (گرم)، M_2 رطوبت نهایی (درصد بر پایه تر) و M_1 رطوبت اولیه (درصد بر پایه تر) بودند.

پیش از شروع آزمایش نمونه‌های مورد نیاز برای هم دما شدن با محیط حداقل ۲ ساعت در دمای محیط قرار گرفتند(Aydin, 2002).

- تعیین ابعاد (طول، عرض و ضخامت) و واحد جرم پسته و مغز آن

برای تعیین ابعاد اصلی پسته و مغز و جرم آن‌ها به ترتیب از یک کولیس دیجیتال، ساخت کشور چین مدل Guanglu با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر و ترازوی ژاپنی، مدل GF-600 با دقت ۰/۰۱ گرم استفاده شد. برای اندازه‌گیری ابعاد و واحد جرم در هر سطح رطوبتی ۸۰ پسته (از هر دو رقم) به طور تصادفی انتخاب شد. هر دانه پسته را ابتدا با استفاده از ترازو وزن کرده سپس با قرار دادن پسته بین دو فک کولیس ابعاد اصلی آن اندازه گرفته شد. برای اندازه‌گیری ابعاد و جرم مغز، پوسته سخت پسته با دست جدا و به همان شیوه اندازه گیری پسته، مغز آن نیز اندازه‌گیری شد.

- محاسبه میانگین قطر هندسی، میانگین قطر حسابی، کرویت و مساحت سطح رویه

قطر متوسط حسابی و هندسی، کرویت و مساحت سطح رویهٔ پسته و مغز پارامترهایی هستند که با استفاده از اندازه-گیری ابعاد اصلی (طول، عرض و ضخامت) و روابط ارائه شده در زیر محاسبه می‌شوند. کلیه پارامترهای ذکر شده با استفاده از روابط (۲ تا ۵) محاسبه گردید (Mohsenin, 1986).

$$D_g = (LWH)^{1/3} \quad (۲)$$

$$D_a = \frac{L + W + H}{3} \quad (۳)$$

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

$$S = \pi D_g^{\,2} \quad (۵)$$

که در روابط فوق:

D_a و D_g میانگین قطرحسابی وهندسی (میلی‌متر)، ϕ کرویت (درصد)، S مساحت سطح رویه (میلی‌متر مربع)، L طول (میلی‌متر)، W عرض (میلی‌متر) و H ضخامت (میلی‌متر) می‌باشد.

- اندازه‌گیری و محاسبه حجم حقیقی، چگالی حقیقی، چگالی توده و تخلخل

چگالی واقعی به عنوان جرم واحد حجم حقیقی تعریف شده است. لذا برای محاسبه آن نیاز به مشخص کردن حجم حقیقی و واحد جرم پسته و مغز آن است. حجم حقیقی با استفاده از روش جابجایی مایع تولوئن(C_7H_8) در استوانه مدرج تعیین شد. تولوئن کم‌تر جذب پسته می‌شود و کشش سطحی آن کم است به طوری که تمام گودی‌های کم عمق پسته را پر می‌کند. چگالی واقعی نمونه‌ها با تقسیم جرم نمونه بر حجم حقیقی نمونه محاسبه شد. به منظور محاسبه چگالی توده، از یک ظرف استوانه‌ای با حجم معلوم استفاده شد که توسط پسته یا مغز از ارتفاع ۰/۵ متری از سر استوانه پر شد. به طوری که کاملاً هم سطح شد و هیچ‌گونه فشار اضافی وارد نشد. چگالی توده با تقسیم جرم پسته درون ظرف بر حجم ظرف برآورد شد. درصد تخلخل پسته و مغز آن از رابطه ۶ محاسبه گردید (Mohsenin, 1986).

$$\varepsilon = \left[(\rho_t - \rho_b)/\rho_t\right] \times 100 \quad (۶)$$

که در آن:

ε تخلخل(درصد)، ρ_t چگالی واقعی(کیلوگرم بر متر مکعب) و ρ_b چگالی توده (کیلوگرم بر متر مکعب) می‌باشد.

این آزمایش‌ها در هفت تکرار و در پنج سطح رطوبتی(۳/۵، ۱۲، ۱۹/۵، ۲۷ و ۳۵/۵ درصد) برای پسته و مغز ارقام بومی قزوین (قزوینی و بویین زهرایی) انجام گرفت.

- اندازه گیری ضریب اصطکاک استاتیکی

برای تعیین ضریب اصطکاک استاتیکی، از دستگاهی استفاده شد که دارای یک سطح شیب‌دار قابل تنظیم بود (شکل۱). ضریب اصطکاک استاتیکی در روی چهار سطح اصطکاکی شامل چوب، آلومینیوم، شیشه و پلاستیک و در

jfn.srbiau.ac.ir

۷ تکرار تعیین شد. برای بدست آوردن این ضریب، نمونه‌های پسته یا مغز را در یک استوانه پلاستیکی با ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر و قطر ۸ سانتی‌متر که دو سر آن باز بود ریخته شد. استوانه کمی بالا کشیده شد تا لبهٔ آن با سطح اصطکاکی مورد نظر تماس نداشته باشد. زاویه سطح شیب‌دار به تدریج افزایش داده شد تا استوانه محتوی نمونه شروع به حرکت کند. زاویه شروع به سریدن توسط نقاله مدرج کنار سطح شیب‌دار قرائت و ثبت شد و ضریب اصطکاک استاتیکی از رابطه ۷ محاسبه گردید (Kashaninejad *et al.*,2006).

$$\mu = \tan\varphi \qquad (۷)$$

که در آن:

μ ضریب اصطکاک استاتیکی و φ زاویه سطح شیب‌دار (بر حسب درجه) می‌باشد.

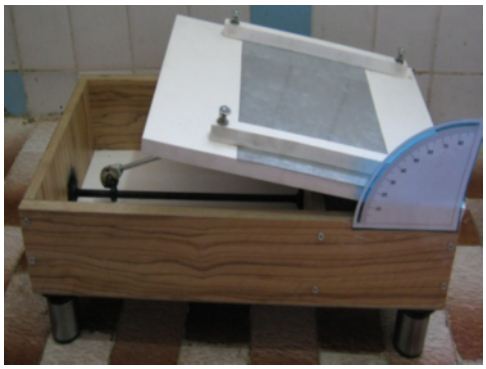
- تجزیه و تحلیل آماری

تمامی داده‌های مربوط به خواص فیزیکی بعد از جمع‌آوری، توسط نرم‌افزارهای Mstatc و Spss 16 در قالب آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفتند. آزمون مقایسه میانگین LSD نیز توسط نرم افزار Mstatc انجام شد. همچنین رسم تمامی نمودارهای رگرسیونی با استفاده از نرم‌افزار Excel 2007 و Spss 16 صورت گرفت.

یافته‌ها

- ابعاد (طول، عرض و ضخامت) و واحد جرم پسته و مغز آن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر رطوبت و رقم و همچنین اثر متقابل رقم و رطوبت بر خواص ابعادی و جرم پسته و مغز آن درسطح احتمال ۱ یک درصد معنی‌دار بود. مقادیر متوسط طول، عرض، ضخامت و جرم هر دو رقم پسته و مغز آن با افزایش رطوبت از سطح۳/۵ تا ۳۵/۵ درصد به ترتیب از ۱۴/۹۸ تا ۱۶/۱۲، ۹/۴۵ تا ۱۰/۶۳، ۹/۸۴ تا ۱۰/۸۱ میلی‌متر و ۰/۶۵ تا ۱/۰۳ گرم برای پسته رقم قزوینی و از ۱۳/۳۶ تا ۱۴/۶۵، ۷/۵۱ تا ۸/۹۴، ۷/۹۴ تا ۹/۱۴ میلی‌متر و ۰/۳۱ تا ۰/۵۳ گرم برای مغز رقم قزوینی و از ۱۶/۷۶ تا ۱۷/۲۵، ۱۰/۶۰ تا ۱۰/۸۱، ۱۰/۷۵ تا ۱۱/۳۴ میلی‌متر و ۰/۸۵ تا ۱/۱۵ گرم برای پسته رقم بوبین‌زهرایی و از ۱۴/۸۰ تا ۱۵/۵۴، ۸/۴۰ تا ۹/۰۸، ۸/۶۶ تا ۹/۳۹ میلی‌متر و ۰/۴۴ تا ۰/۶۵ گرم برای مغز رقم بوبین زهرایی افزایش پیدا کرد. این افزایش را می‌توان به علت متورم شدن سلول‌های پسته و مغز در اثر رطوبت دانست.



شکل۱- سطح شیب‌دار بکار رفته برای تعیین ضریب اصطکاک استاتیکی

- کُرویت

رطوبت بر روی کرویت دانه پسته و مغز هر دو رقم اثر گذار بوده و با افزایش رطوبت کرویت هم افزایش پیدا کرده است. کاشانی نژاد(۲۰۰۶) و گوشکی (۱۳۹۰) نتایج مشابهی را بدست آوردند. ولی این نتایج با تحقیق رضوی و همکاران (۲۰۰۷) متفاوت بود. مقادیر کرویت پسته و مغز آن در محدوده ۷۴/۵۹ تا ۷۶/۲۲ درصد برای پسته قزوینی و ۶۹/۴۸ تا ۷۲/۵۱ درصد برای مغز آن و ۷۳/۵۴ تا ۷۴/۵۱ درصد برای پسته بوبین زهرایی و ۶۹/۲۴ تا ۷۰/۶۷ درصد برای مغز آن متغیر بود.

- میانگین قطر متوسط هندسی و حسابی

میانگین قطر هندسی و حسابی برای پسته قزوینی با افزایش رطوبت از سطح ۳/۵ تا ۳۵/۵ درصد به ترتیب از ۱۱/۱۶ تا ۱۲/۲۷ و ۱۱/۴۲ تا ۱۲/۵۲ میلی‌متر برای دانه پسته قزوینی و ۹/۲۶ تا ۱۰/۶۱ و ۹/۶۰ تا ۱۰/۹۱ میلی‌متر برای مغز پسته قزوینی افزایش پیدا کرد. میانگین قطر هندسی و حسابی برای پسته بوبین‌زهرایی هم با افزایش رطوبت از سطح ۳/۶ تا ۳۵/۵ درصد به ترتیب از ۱۲/۴۰ تا ۱۲/۸۳ و ۱۲/۷۰ تا ۱۳/۱۳ میلی‌متر برای دانه پسته بوبین-زهرایی و ۱۰/۲۴ تا ۱۰/۹۸ و ۱۰/۶۱ تا ۱۱/۳۴ میلی‌متر برای مغز پسته بوبین‌زهرایی افزایش پیدا کرد. رابطه بین افزایش رطوبت و رقم میانگین قطر هندسی و حسابی برای دانه پسته و مغز آن به صورت خطی بدست آمد، این رابطه

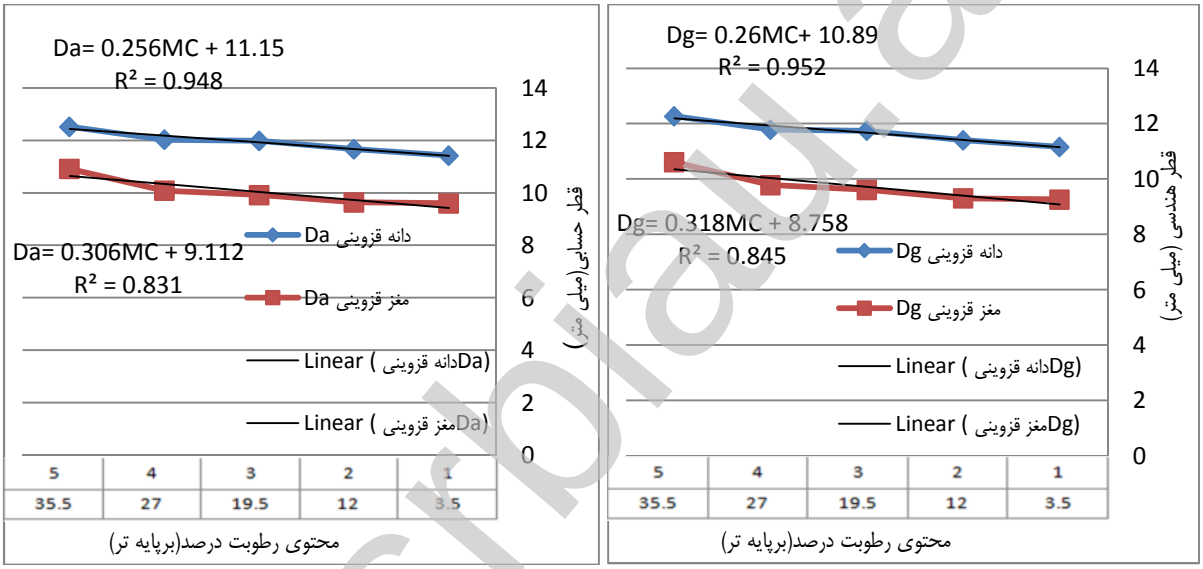
jift.srbiau.ac.ir

در نمودارهای ۱ و ۲ به همراه معادلات رگرسیونی ارائه شده است.

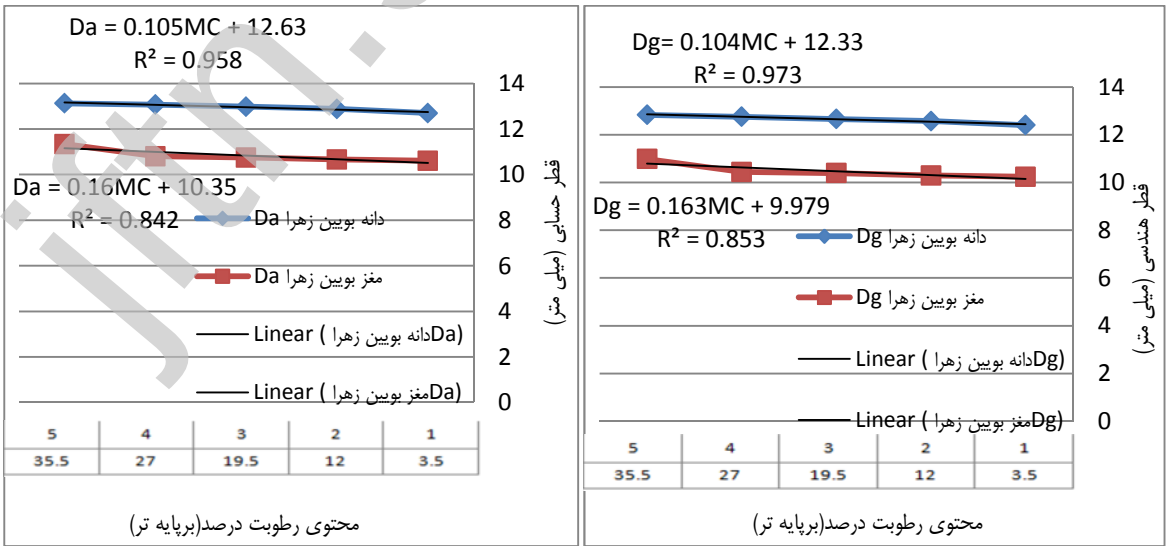
تجزیهٔ واریانس انجام شده نیز ارتباط معنی‌داری در سطح احتمال ۱درصد بین رطوبت و میانگین قطر متوسط هندسی و حسابی نتیجه داد.

- مساحت سطح رویه

از آنجا که در محاسبه قطر پسته و مغز تفاوت زیادی در مقدار قطر هندسی و حسابی نیست، برای محاسبه مساحت سطح رویه دانه و مغز پسته ارقام بومی قزوین از قطر متوسط هندسی استفاده شد. مساحت سطح رویه پسته و مغز هر دو رقم با افزایش محتوای رطوبت از ۳/۵ تا ۳۵/۵ درصد به ترتیب از ۳۹۱/۸۴ میلی‌متر مربع تا ۴۷۳/۸۱ میلی‌متر مربع برای پسته رقم قزوینی و از ۲۷۰/۱۷ میلی-متر مربع تا ۳۵۴/۰۸ میلی‌متر مربع برای مغز پسته رقم قزوینی و از ۴۸۳/۸۴ میلی‌متر مربع تا ۵۱۷/۳۴ میلی‌متر مربع برای پسته رقم بویین زهرایی و از ۳۳۰/۰۳ میلی‌متر مربع تا ۳۷۹/۱۹ میلی‌متر مربع برای مغز پسته رقم بویین زهرایی افزایش پیدا کرد. نمودار ۳ رابطه بین مساحت سطح و محتوی رطوبت را همراه با معادلات رگرسیونی مربوطه نشان می‌دهد که حاکی از رابطه خطی برای پسته و مغز پسته هر دو رقم می‌باشد.

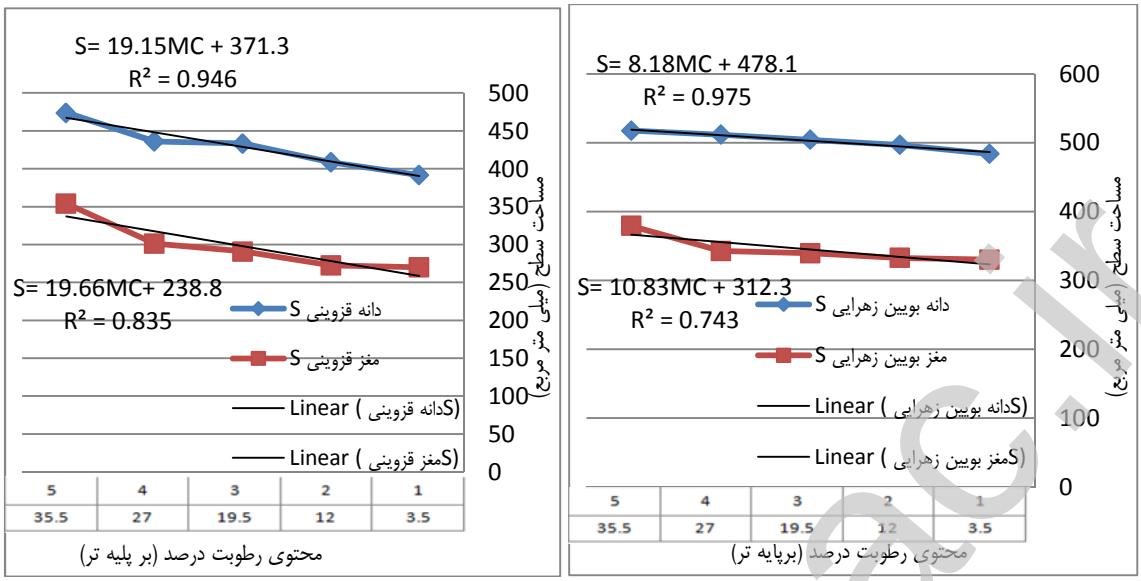


نمودار ۱- منحنی اثر رطوبت بر قطر هندسی و حسابی دانه و مغز پسته رقم قزوینی و روابط رگرسیونی بین آن‌ها



نمودار ۲- منحنی اثر رطوبت بر قطر حسابی و هندسی دانه و مغز پسته رقم بویین‌زهرایی و روابط رگرسیونی بین آن‌ها

jfn.srbiau.ac.ir



نمودار ۳- منحنی اثر رطوبت بر مساحت سطح رویه دانه و مغز پسته (ارقام بومی قزوین) و روابط رگرسیونی بین آن‌ها

- حجم حقیقی

با افزایش رطوبت در هر دو رقم سلول‌های بافت متورم شده و باعث افزایش ابعاد اصلی و جرم پسته و مغز می‌شود که این امر باعث تغییر در حجم حقیقی پسته و مغز نیز خواهد شد. با تجزیه واریانس داده‌های به دست آمده این نتیجه به دست آمد که رطوبت در هر کدام از ارقام بر حجم حقیقی دانه و مغز پسته، در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری دارد. مقایسه میانگین انجام شده این تأثیر را به خوبی نشان داد. مقدار حجم حقیقی پسته و مغز ارقام بومی قزوینی با افزایش رطوبت در محدوده ۳/۵ تا ۳۵/۵ درصد، به ترتیب از ۰/۷۰ تا ۱/۰۷ سانتی‌متر مکعب برای دانه پسته رقم قزوینی و ۰/۳۱ تا ۰/۵۴ سانتی‌متر مکعب برای مغز پسته رقم قزوینی و ۰/۷۷ تا ۱/۰۷ سانتی‌متر مکعب برای دانه پسته رقم بویین زهرایی و ۰/۴۰ تا ۰/۷۲ سانتی‌متر مکعب برای مغز پسته رقم بویین زهرایی افزایش پیدا کرد. نمودار ۴ نیز رابطه بین تغییرات رطوبت بر حجم حقیقی دانه و مغز پسته هر دو رقم را نشان می‌دهد. معادلات نشان داده شده در نمودار حاکی از رابطه مثبت خطی بین رطوبت و حجم حقیقی می‌باشد.

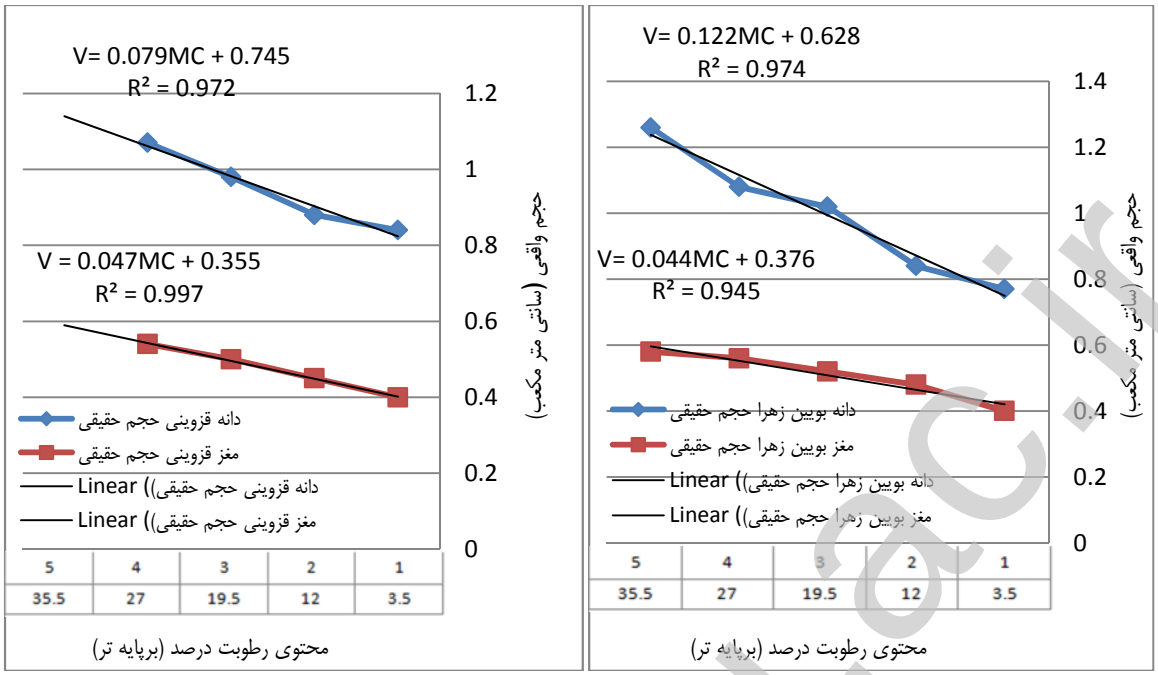
- چگالی حقیقی

افزایش رطوبت تأثیر چندانی بر میزان چگالی حقیقی دانه پسته نداشت و مقدار آن به طور پراکنده و نامنظم در محدوده ۱۱۴۰/۶ تا ۱۰۳۴/۹ کیلوگرم بر سانتی‌مترمکعب برای دانه پسته رقم قزوینی و ۷۶۸ تا ۷۱۶/۱ سانتی‌متر مکعب برای مغز آن و ۱۱۲۵/۴ تا ۹۹۰/۹ سانتی‌مترمکعب برای دانه پسته رقم بویین زهرا و ۹۳۷/۹ تا ۷۹۵/۴ سانتی‌متر مکعب برای مغز آن متغیر بود که به طور پراکنده تغییر پیدا نمود. نمودار ۵ این رابطه را به همراه معادلات حاکم بر آن نشان می‌دهد. همانطور که شکل ۵ نشان می‌دهد چگالی حقیقی مغز پسته کمی کمتر از چگالی حقیقی دانه پسته می‌باشد که این می‌تواند ناشی از بافت مغز پسته در مقابل پوست سخت پسته باشد که توانایی‌های متفاوتی در انبساط در اثر جذب رطوبت دارند.

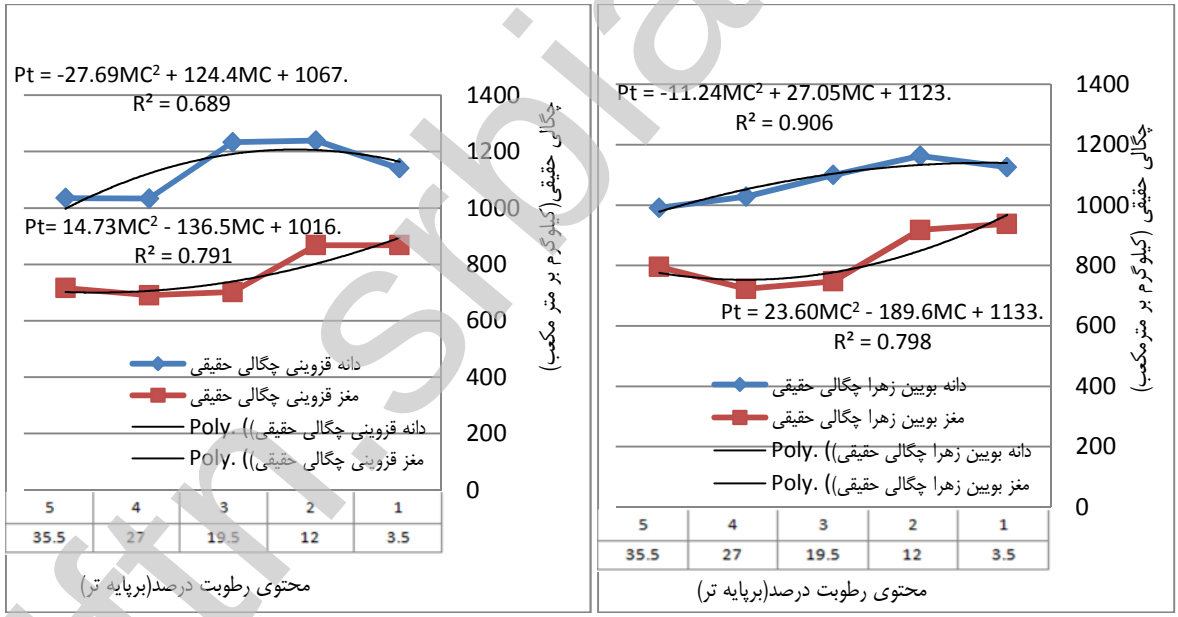
- چگالی توده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، تاثیر رطوبت بر چگالی توده و مغز آن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. با افزایش رطوبت از سطح ۳/۵ تا ۳۵/۵ درصد، چگالی توده از ۵۶۹/۷۴ تا ۶۴۲/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب برای دانه پسته قزوینی و ۴۸۶/۵۴ تا ۵۰۱/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب برای مغز پسته قزوینی و از ۵۷۹/۶۱ تا ۶۴۴/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب برای دانه پسته بویین زهرایی و ۴۹۲/۳۸ تا ۵۰۶/۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب برای مغز پسته بویین زهرایی افزایش یافت (نمودار۶).

jftn.srbiau.ac.ir



نمودار ٤- منحنی اثر رطوبت بر حجم حقیقی دانه و مغز پسته(ارقام بومی قزوین) و روابط رگرسیونی بین آن‌ها

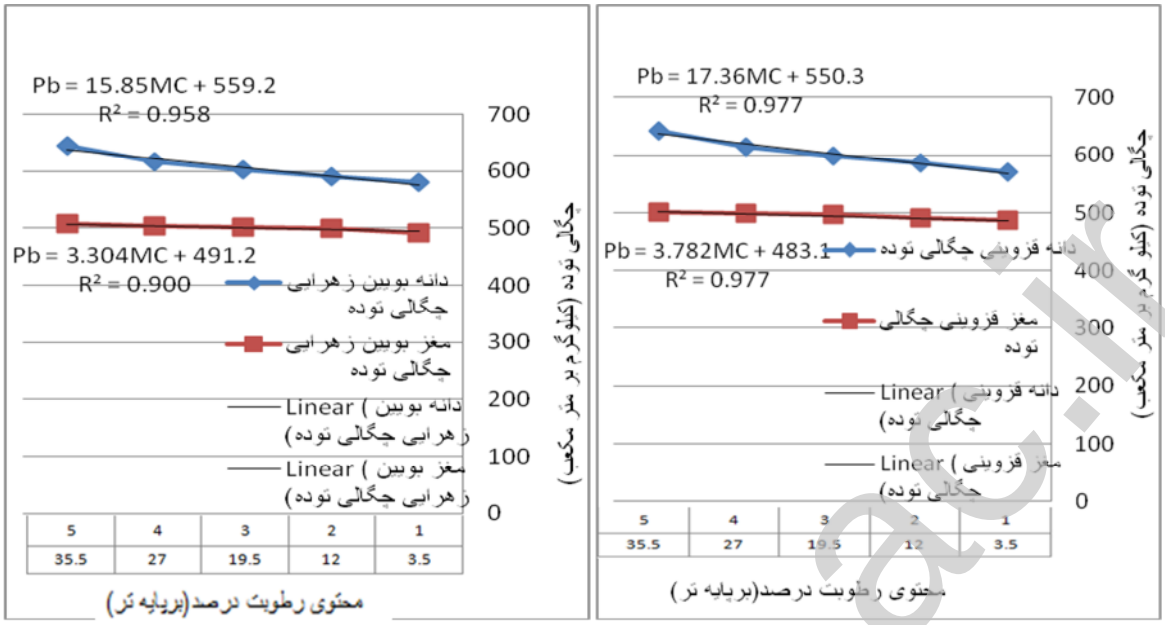


نمودار ٥- منحنی اثر رطوبت بر چگالی حقیقی دانه و مغز پسته (ارقام بومی قزوین) و روابط رگرسیونی بین آن‌ها

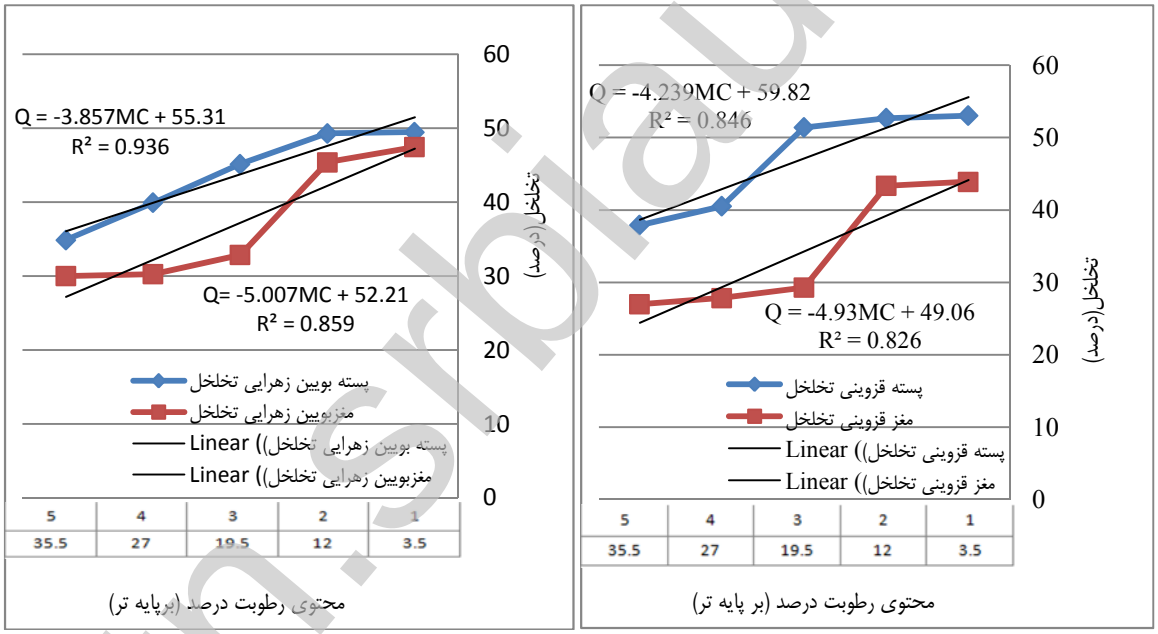
- **تخلخل**

تخلخل نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر رطوبت قرار گرفت. تجزیهٔ واریانس انجام شده این فرضیه را تایید کرد که رطوبت در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر تخلخل پسته و مغز هر دو رقم دارد. این ارتباط با توجه به معادلات رگرسیونی بدست آمده هم برای پسته و هم برای مغز پسته ارقام بومی قزوینی رابطه‌ای خطی ولی کاهشی بود (نمودار ۷).

jfnsriau.ac.ir



نمودار ٦- منحنی اثر رطوبت بر چگالی توده دانه و مغز پسته (ارقام بومی قزوین) و روابط رگرسیونی بین آن‌ها

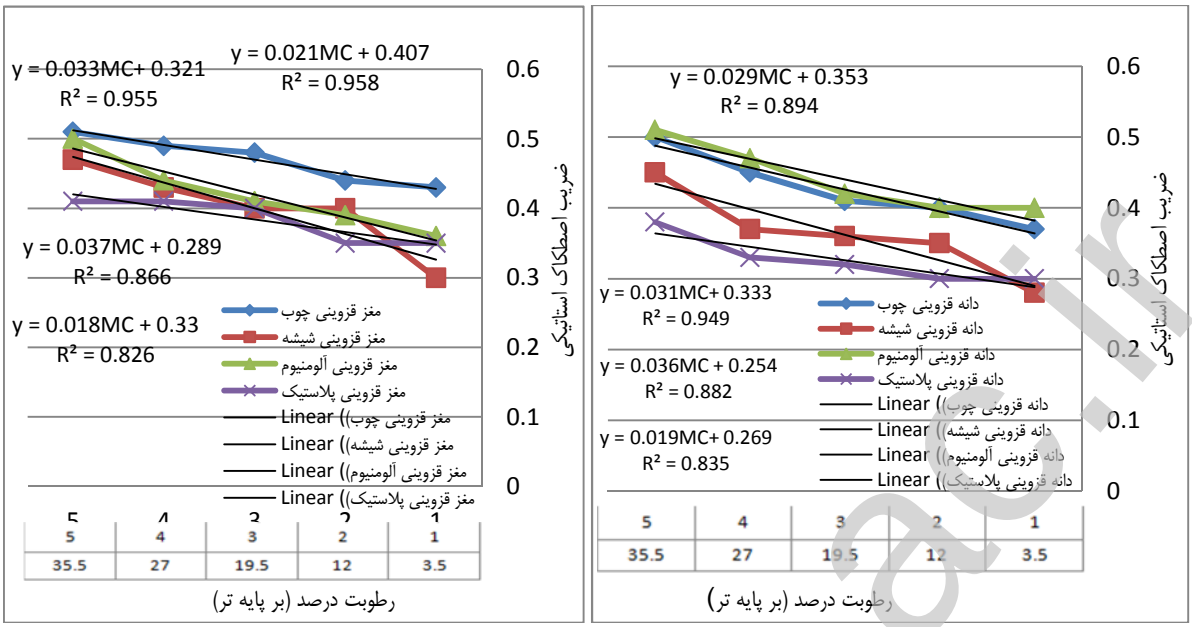


نمودار ۷- منحنی اثر رطوبت بر تخلخل دانه و مغز پسته (ارقام بومی قزوین) و روابط رگرسیونی بین آن‌ها

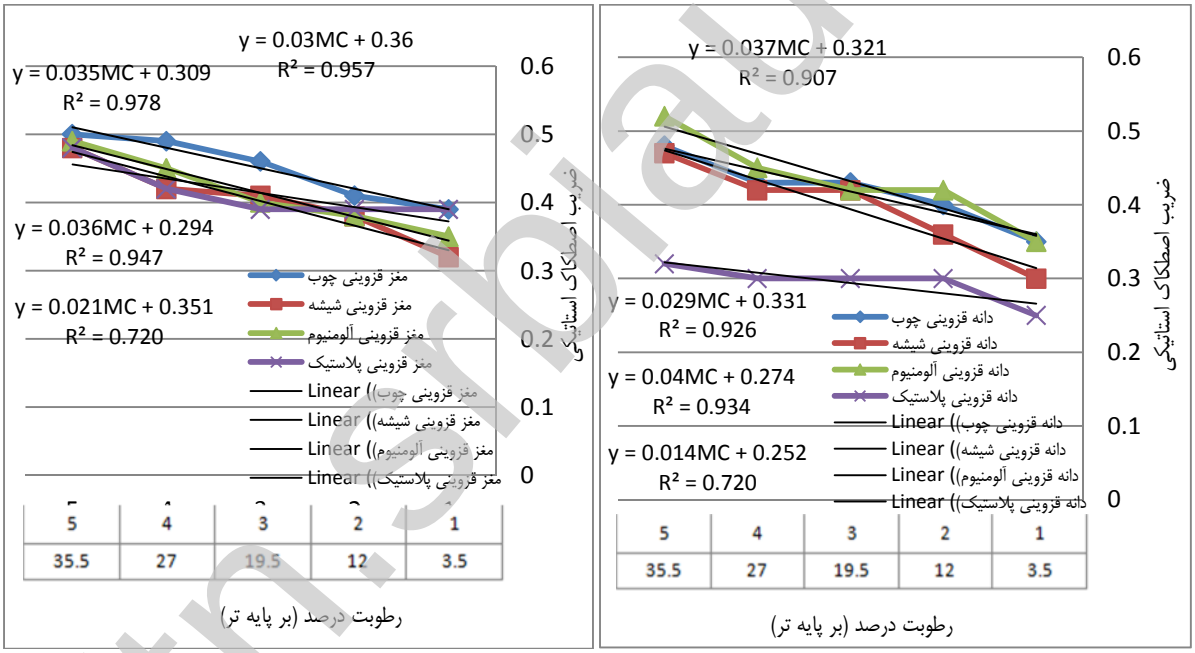
- ضریب اصطکاک استاتیکی

نتایج نشان داد، رطوبت و سطح استاتیکی تاثیر معنی‌داری بر ضریب اصطکاک استاتیکی در سطح یک درصد دارد. برای ارقام قزوینی و بوبین زهرا نتایج مشابهی به دست آمد. بیشترین مقدار ضریب اصطکاک استاتیکی روی سطح آلومنیوم و بعد از آن روی سطوح چوب، شیشه و پلاستیک (برای دانه هر دو رقم) بود و برای مغز هر دو رقم بیشترین مقدار ضریب اصطکاک استاتیکی روی سطح چوب و بعد از آن روی سطوح آلومنیوم، پلاستیک و شیشه بود. ضریب اصطکاک دانه و مغز پسته با افزایش رطوبت از ۳/۵ تا ۳۵/۵ درصد روی تمامی سطوح اصطکاکی افزایش پیدا کرد. در رطوبت‌های بالاتر آب درون پسته و مغز آن زیاد شده و نیروی چسبندگی بین سطح اصطکاکی و نمونه افزایش یافته و باعث افزایش ضریب اصطکاک استاتیکی می‌گردد. علت اختلاف ضریب اصطکاک استاتیکی روی سطوح مختلف اصطکاک نیز به علت زبری و نرمی سطوح است. نمودارهای ۸ و ۹ روابط رگرسیونی بین ضریب اصطکاک استاتیکی پسته و مغز را با رطوبت نشان می‌دهند.

jfn.srbiau.ac.ir



نمودار ۸- منحنی اثر رطوبت بر ضریب اصطکاک دانه و مغز پسته رقم قزوینی روی سطوح اصطکاکی مختلف و معادلات رگرسیونی آن‌ها



نمودار ۹- منحنی اثر رطوبت بر ضریب اصطکاک دانه و مغز پسته رقم بوبین زهرایی روی سطوح اصطکاکی مختلف و معادلات رگرسیونی آن‌ها

بحث

- ابعاد (طول، عرض و ضخامت) و واحد جرم پسته و مغز آن

تاثیر رطوبت بر عرض دانه و مغز معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد تفاوت مقادیر عرض دانه و مغز، و افزایش پیدا نکردن اندازه عرض، به شکل ظاهری و متفاوت پسته ارقام قزوینی با سایر ارقام برگردد.

کاشانی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۶) پیش از این در مطالعات خود تغییرات عرض پسته اوحدی را تحت تأثیر رطوبت بر خلاف دیگر پارامترهای ابعادی این رقم روندی کاهشی، افزایشی بدست آورد. یعنی عرض پسته با افزایش رطوبت ابتدا کاهش سپس افزایش یافت. گوشکی (۱۳۹۰) مشابه نتیجه این تحقیق برای رقم احمد آقایی گزارش کرد.

مقایسه ابعاد و جرم واحد دانه پسته ارقام بومی قزوین که مورد این تحقیق می‌باشد، با ارقام دیگر پسته نشان داد که وزن یک دانه پسته رقم قزوینی و بوبین زهرایی در

jftn.srbiau.ac.ir

رطوبت اولیه خود، خیلی کمتر از وزن یک دانه پسته رقم اکبری (۱/۳۳ گرم در رطوبت ۵/۷ درصد) و کله‌قوچی (۱/۵ گرم در رطوبت ۵/۱۱ درصد) مورد مطالعهٔ رضوی و همکاران (۲۰۰۷)، و رقم احمدآقایی (۱/۰۶ گرم در رطوبت ۴/۶ درصد) مورد مطالعه گوشکی (۱۳۹۰) بود.

مقایسه‌ی ابعادی پسته و مغز رقم قزوینی با رقم بویین زهرا نشان داد که پسته رقم قزوینی از لحاظ اندازه و ابعاد کوچکتر از پسته رقم بویین‌زهرایی است که این امر موجب بازار پسندی و محبوبیت رقم بویین‌زهرا نسبت به رقم قزوینی شده است.

- کُرویت

مقایسه کرویت رقم قزوینی و بویین زهرایی با ارقام دیگر نشان داد که کرویت دانه و مغز این ارقام بیشتر از دانه و مغز رقم احمد آقایی (مورد مطالعه گوشکی(۱۳۹۰)) و کمتر از کرویت دانه و مغز رقم کله قوچی و اوحدی ولی بیشتر از کرویت دانه و کمتر از کرویت مغز پستهٔ رقم اکبری، بادامی و ممتاز (مورد مطالعه رضوی و همکاران (۲۰۰۷) بود.

- میانگین قطر متوسط هندسی و حسابی

با توجه به مقادیر به دست آمده برای میانگین متوسط قطر هندسی و حسابی دانه و مغز (هر دو رقم) پسته این نتیجه به دست می‌آید که متوسط قطرهای محاسبه شده با استفاده از روش قطر حسابی و هندسی در همه سطوح رطوبت تقریبا شبیه به هم می‌باشد. بنابراین هر دو روش قطر متوسط هندسی و حسابی می‌توانند برای محاسبه قطر معادل پسته و مغز استفاده شود. نتایج مشابهی برای قطر هندسی و حسابی توسط رضوی و همکاران (۲۰۰۷) بدست آمد. کاشانی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۶) نیز نتایج مشابه اما در رفتاری غیر خطی به دست آوردند.

مقایسه میانگین قطر هندسی دانه و مغز ارقام قزوینی (در رطوبت اولیهٔ ۳/۵ درصد) با ارقام مورد مطالعهٔ رضوی و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که میانگین قطر هندسی ارقام قزوینی نسبت به ارقام اکبری، احمد آقایی و کله قوچی کمتر بود. با مقایسه میانگین قطر هندسی دانه و مغز ارقام قزوینی نسبت به هم مشاهده شد که میانگین قطر هندسی دانه و مغز رقم بویین زهرا بیشتر از رقم قزوینی است.

- مساحت سطح رویه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که هم برای پسته و هم برای مغز هر دو رقم رطوبت اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد دارد. رضوی و همکاران (۲۰۰۷) یک افزایش خطی با رطوبت برای مساحت سطح رویه دانه و مغز پسته برای پنج رقم پسته تجاری ایران به دست آورد. همچنین مقایسه مساحت سطح رویهٔ دانه و مغز رقم مورد مطالعهٔ این تحقیق با ارقام مورد مطالعهٔ رضوی و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که مساحت سطح رویهٔ رقم قزوینی و بویین زهرایی بیشتر از ارقام اکبری، اوحدی، ممتاز و بادامی اما کمتر از رقم کله‌قوچی در رطوبت مشابه بود.

- حجم حقیقی

همان‌طور که از شکل ۴ مشخص است حجم حقیقی مغز پسته (هر دو رقم) کمی کمتر از دانه پسته می‌باشد که این به دلیل وجود پوست سخت دانه پسته می‌باشد. نتایج مشابهی را گوشکی (۱۳۹۰) برای پسته رقم احمد آقایی و رضوی و همکاران (۲۰۰۷) برای دانه و مغز پنج رقم پسته تجاری ایران به دست آوردند اما باریه و مانگپه (۲۰۰۲) یک رابطه کاهشی غیر خطی با افزایش رطوبت برای لوبیای سودانی رقم Qp-38 به دست آوردند.

- چگالی حقیقی

چگالی حقیقی پسته رقم اوحدی در مطالعات کاشانی-نژاد و همکاران (۲۰۰۶) با افزایش رطوبت افزایش و سپس کاهش یافت. در مطالعات سو و همکاران (۱۹۹۱) نیز یک کاهش خطی با افزایش رطوبت برای رقم کرمان گزارش شد. گوشکی(۱۳۹۰) نیز نشان داد، چگالی حقیقی دانه و مغز پسته رقم احمد آقایی با افزایش رطوبت، افزایش می یابد. مقایسه بین ارقام مختلف پسته با رقم مورد مطالعهٔ ما نشان داد که چگالی حقیقی پسته ارقام قزوین (دانه و مغز هر دو رقم) نسبت به ارقام مورد مطالعهٔ گوشکی و همکاران (۱۳۹۰) و رضوی و همکاران (۲۰۰۷) بیشتر بود. این در حالی بود که نسبت به رقم اوحدی مورد مطالعه کاشانی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۶) کمتر بود.

- چگالی توده

با توجه به ترکیب اثر فضای خالی داخلی پسته و

jftn.srbiau.ac.ir

انبساط ابعاد با افزایش رطوبت، تعداد پسته‌ها درون ظرف با حجم ثابت عملاً ثابت باقی می‌ماند در حالی که وزن پسته‌ها افزایش پیدا می‌کند. بنابراین چگالی توده با افزایش رطوبت افزایش پیدا می‌کند و این با نتایج ما سازگاری کامل دارد. از شکل ۶ که رابطه خطی بین چگالی توده و رطوبت می‌باشد این مطلب را می‌توان دید که چگالی توده برای مغز پسته کمی کمتر از دانه پسته می‌باشد.

گوشکی(۱۳۹۰)، نظری گلدر و همکاران (۲۰۰۹) و رضوی و همکاران (۲۰۰۶) نتایج مشابهی را روی پسته به دست آوردند. این در حالی بود که المحاسنه و رَبابه (۲۰۰۷) و یالسین(۲۰۰۷) روندی کاهشی با افزایش رطوبت به ترتیب برای دانه گندم سبز و نخود رقم ترکیه به‌دست آوردند.

- **تخلخل**

همان‌طور که از شکل ۷ و همچنین مقایسه میانگین انجام شده پیداست با افزایش رطوبت از ۳/۵ تا ۳۵/۵ درصد، تخلخل از ۵۳/۰۴ تا ۳۷/۹۲ درصد برای پسته رقم قزوینی و ۴۳/۹۰ تا ۲۷ درصد برای مغز آن و از ۴۹/۴۸ تا ۳۴/۸۸ درصد برای پسته رقم بویین زهرایی و ۴۷/۴۶ تا ۳۰ درصد برای مغز آن کاهش پیدا کرد. این رفتار تخلخل می‌تواند به این دلیل باشد که با افزایش آب درون پسته خلل و فرج بیشتر پر شده و در نتیجه میزان تخلخل با افزایش رطوبت کاهش پیدا می‌کند. نتایج مشابهی توسط کاشانی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۶)، رضوی و همکاران (۲۰۰۷) به دست آمده بود

- **ضریب اصطکاک استاتیکی**

نتایج مشابهی را گوشکی(۱۳۹۰) برای پسته و مغز رقم احمد آقایی بدست آورد. او بیشترین ضریب اصطکاک را روی سطح چوب و کمترین آن را روی ورق گالوانیزه گزارش کرد. کاشانی نژاد و همکاران (۲۰۰۶) برای پسته و مغز رقم اوحدی نتایج مشابهی به دست آورد. رضوی و همکاران (۲۰۰۷) نیز رابطه خطی را با افزایش رطوبت برای پنج رقم پسته تجاری به دست آورد او بیشترین ضریب اصطکاک را برای سطح لاستیک و کمترین را برای سطح فایبرگلاس به دست آورد.

نتیجه گیری

ابعاد اصلی، جرم، کرویت، قطر هندسی و حسابی، مساحت سطح رویه، حجم حقیقی و چگالی توده پسته و مغز ارقام بومی قزوین با افزایش رطوبت به صورت معنی‌دار و خطی افزایش پیدا کردند. رطوبت تأثیر چندانی بر میزان چگالی حقیقی دانه پسته و مغز آن نداشت و مقدار آن به طور پراکنده و نامنظم متغیر بود. رطوبت بر تخلخل پسته و مغز هر دو رقم تاثیر معنی‌دار داشت و رابطه کاهشی با افزایش رطوبت از خود نشان داد. بررسی معادلات رگرسیونی حاکم نیز این روابط را به صورت خطی نتیجه داد. تجزیه واریانس نشان داد که رطوبت و نوع سطح اصطکاکی اثر بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر ضریب اصطکاک اصطکاکی دارد. بیشترین ضریب اصطکاک برای پسته رقم قزوینی و بویین‌زهرایی روی سطح آلومنیوم و کمترین آن روی سطح پلاستیک بود و برای مغز آن بیشترین ضریب اصطکاک روی چوب و کمترین آن روی شیشه بود. معادلات رگرسیونی نیز رابطه بین افزایش رطوبت و افزایش ضریب اصطکاک استاتیکی را روی همهٔ سطوح به صورت یک رابطه مثبت خطی نشان داد.

منابع

حیدری، ف. و عباسپور، م. (۱۳۸۲). پیش نیاز راهکارهای بهبود روشهای فرآوری پسته؛ تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آن. مجموعه مقالات اولین کنفرانس دانشجویی مهندسی ماشین‌های کشاورزی ارومیه.

گوشکی، ب. (۱۳۹۰). خواص فیزیکی و مکانیکی پسته (رقم احمد آقایی). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان.

Al-Mahasneh, M. A. & Rababah, T. M. 2007). Effect of moisture content on some physical properties of green wheat. Journal of Food Engineering. 79:1467-1473.

Anonymous http:/ www.agrofodnews.com.

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

Baryeh, A. E. & Mangope, B. K.(2002). Some physical properties of QP-38 variety pigeon pea. Journal of Food Engineering, 56:59–65.

Hsu, R. H., Mannapperuma, J. D. & Singh, R. P. (1991). Physical and Thermal Properties of Pistachios. Journal of Agricultural Engineering Research, 49: 311–321.

Kashaninejad, M., Mortazavi, A., Safekordi, A. & Tabil, L. G. (2006). Some physical properties of pistachio (Pistacia vera

jfte.srbiau.ac.ir

L.) nut and its kernel. Journal of Food Engineering, 72, 30–38.

Lvin, J. B. (1970). Analytical evaluation of pressures of granular material son silo walls. Powder Technology, 4: 280–285.

Mohsenin, N. N. (1986). Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon & Breach Science Publishers.

Nazari, M., Jafari, A. & Tabatabaeefar, A. (2008). Some physical properties of wild pistachio (*Pistacia vera* L.) nut and kernel as a function of moisture content . Int. Agrophysics, 22:117-124.

Polat, R., Aydin, C. & Erolak, B. (2007). Some Physical and Mechanical Properties of Pistachio Nut. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 13: 237-246.

Razavi, M. A., Emadzadeh, B., Rafe, A. & Mohammad Amini, A. (2007). The physical properties of pistachio nut and its kernel as a functionof moisture content and variety: Part I. Geometrical properties Journal of Food Engineering, 81: 209–217.

Razavi, M. A., Emadzadeh, B., Rafe, A. & Mohammad Amini, A. (2007). The physical properties of pistachio nut and its kernel as a function of moisture content and variety: Part II. Gravimetrical properties. Journal of Food Engineering, 81, 218–225.

Razavi, M. A., Emadzadeh, B., Rafe, A. & Mohammad Amini, A. (2007). The physical properties of pistachio nut and its kernel as a function of moisture content and variety: Part III: Frictional properties. Journal of Food Engineering, 81, 226–235.

Yalcin, I. (2007). Physical properties of cowpea (Vigna sinensis L.) seed. Journal of Food Engineering 79 :57–62.

Yalcin, I., Ozarslan, C. & Akbas, T. (2007). Physical properties of pea (Pisum sativum) seed. Journal of Food Engineering 79 : 731–735.

jftn.srbiau.ac.ir