بررسی اثر رطوبت بر خواص ثقلی و اصطکاکی سه رقم پسته

عبدالله گل محمدی[1*]، پوریا صبوری[2]

۱- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۷ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۲۰)

چکیده

مشخصات فیزیکی محصولات کشاورزی به منظور طراحی بهینه ماشین‌های فراوری، کاشت و برداشت و همچنین به منظور کاهش تلفات و حفظ کیفیت محصولات، طی عملیات برداشت از اهمیت فراوانی برخوردار می‌باشد. در این تحقیق برخی خصوصیات فیزیکی سه رقم متداول پسته (ارقام فندقی، بادامی و اکبری) شامل حجم، چگالی توده، چگالی حقیقی، تخلخل، ضریب اصطکاک استاتیکی (بر روی سه سطح ورق سیاه، گالوانیزه و آلومینیوم) در پنج سطح رطوبتی ۳۵، ۳۰، ۲۵، ۲۰ و ۱۵٪ (بر پایه‌تر) تعیین و اثر محتوای رطوبت محصول بر آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با کاهش محتوای رطوبت محصول حجم، چگالی توده، چگالی حقیقی و ضریب اصطکاک استاتیکی به طور معنی داری کاهش می‌یابد در حالی که تخلخل افزایش می‌یابد. در تمام سطوح رطوبتی مورد مطالعه در بین سطوح تماسی، بیش‌ترین میانگین ضریب اصطکاک استاتیکی در هر سه رقم، به سطح تماس ورق سیاه و کم‌ترین میانگین ضریب اصطکاک استاتیکی در هر سه رقم، به سطح تماس ورق آلومینیوم اختصاص داشت.

کلیدواژگان: پسته، خواص فیزیکی، محتوای رطوبتی

*مسوول مکاتبات: agolmohammadi42@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

۱- مقدمه

گیاه پسته اهلی (*Pistacia Vera. L*) متعلق به خانواده‌ی آناکاردیاسه[1] می‌باشد که بادام هندی، سماق، بلوط سمی و مانگو نیز به این خانواده تعلق دارند. پسته به عنوان یک محصول استراتژیک جایگاه خاصی را در بین تولیدات باغی دارا می‌باشد. این محصول بخش عمده‌ای از صادرات غیر نفتی را تشکیل می‌دهد [۱]. پسته بیشتر در خاورمیانه، آمریکا و کشورهای مدیترانه‌ای تولید می‌شود. بر اساس آمار گمرک جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۹) تولید پسته در طول ۲۰ سال گذشته افزایش یافته است. در شرایط کنونی حدود ۵۵ درصد از تولید و بیش از ۶۰ درصد از صادرات جهانی پسته در اختیار ایران است. در حال حاضر سطح زیر کشت پسته در ایران بیش از ۳۶۰،۰۰۰ هکتار می‌باشد که استان کرمان با مجموع بیش از ۲۷۰،۰۰۰ هکتار باغ‌های بارور و غیر بارور، ۷۷ درصد کل پسته را تولید و به عنوان مهم‌ترین منطقه پسته کاری ایران و دنیا محسوب می‌شود [۲].

دانش امروز برتری‌های پسته را از پاره‌ای جهات بر بسیاری از خوراکی‌های مقوی و مغذی از جمله خاویار، میگو، گوشت قرمز و سفید و ... را به اثبات رسانیده است [۳].

خواص فیزیکی مواد بیولوژیک مانند شکل، اندازه، جرم، چگالی توده، چگالی حقیقی، تخلخل و ضریب اصطکاک استاتیکی بر روی سطوح مختلف و ... وابستگی زیادی به میزان رطوبت محصول دارد [۴]. بر این اساس تحقیقات زیادی در زمینه خواص فیزیکی دانه و مغز از جمله دانه فندق، دانه و مغز بادام، بادام زمینی و دانه آفتاب گردان انجام شده است [۵، ۶، ۷، ۸]. همچنین با توجه به کاربردهای مختلف پسته در صنایع مختلف، بررسی خواص فیزیکی و رئولوژیکی این محصول مورد توجه محققین قرار گرفته است. این مسئله در رابطه با ماشین‌های کشاورزی، از لحاظ تأثیری که در طراحی بخش‌های مختلف ماشین در مراحل برداشت، حمل و نقل، ذخیره سازی و فراوری بر محصول ایجاد می‌کند، حائز اهمیت است. بر این اساس هسو و همکاران (۱۹۹۱) به بررسی خواص فیزیکی و حرارتی پسته کرمان پرداخته‌اند [۹]. کاشانی نژاد و همکاران (۲۰۰۵) نیز برخی از خواص دانه و مغز پسته را فقط برای رقم اوحدی بررسی کردند و همچنین رضوی و همکاران (۲۰۰۷)، خواص فیزیکی پسته و مغز آن را برای پنج رقم متفاوت از پسته‌های منطقه فیض آباد خراسان بررسی کردند [۱۰، ۱۱]. اما بررسی‌های اولیه نشان داد که بر روی خواص فیزیکی پسته اکبری، بادامی و فندقی منطقه رفسنجان تحقیقی صورت نگرفته است؛ لذا در این تحقیق برخی از خواص فیزیکی سه رقم پسته تجاری منطقه رفسنجان مورد بررسی قرار گرفته است و هدف از این مطالعه بررسی ارتباط بین خواص فیزیکی پسته از قبیل حجم، چگالی حقیقی، چگالی توده، تخلخل و ضریب اصطکاک استاتیکی بر روی سطوح مختلف تماسی، با محتوای رطوبتی و ارقام پسته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه، نگهداری و آماده سازی نمونه‌ها

سه رقم پسته شامل ارقام فندقی، بادامی و اکبری و از هر کدام به مقدار ۱۰ کیلوگرم در شهریور ماه سال ۱۳۹۰ از باغ‌های منطقه رفسنجان تهیه شد. دانه‌های نارس، شکسته و مواد زائد از پسته‌ها خارج گردید و پسته‌ها به صورت دستی پوست گیری شدند تا از آسیب مکانیکی به آن‌ها جلوگیری شود. بر اساس روش استاندارد وزنی (۲۰۰۱، ASAE) برای تعیین رطوبت اولیه، پسته‌ها در دمای $103\pm2^{\circ}C$ درون آون قرار گرفتند و به این روش مقادیر رطوبت اولیه هر یک از ارقام اندازه‌گیری شد [۱۲].

به دلیل این که عملیات‌های مختلف فراوری بر روی پسته معمولاً در محدوده محتوای رطوبتی ۱۵ تا ۳۵ درصد بر پایه‌تر انجام می‌شود، برای بررسی اثر رطوبت بر خواص فیزیکی پسته، پنج سطح رطوبتی ۳۵، ۳۰، ۲۵، ۲۰ و ۱۵ درصد (بر پایه‌تر) در نظر گرفته شد. پنج سطح مختلف رطوبتی پسته‌ها از طریق خشک کردن در آون و توزین‌های متوالی و محاسبه‌ی کاهش وزن تا رسیدن به سطح رطوبتی مطلوب به دست آمد و نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در یخچال و در دمای ۵ درجه سلسیوس قرار گرفت. قبل از انجام آزمایش‌ها، نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت در دمای محیط قرار گرفت و سپس آزمایش‌ها بر روی آن‌ها انجام شد [۱۳].

1. anacardiaceae

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

۲-۲- چگالی توده

چگالی توده با استفاده از نسبت جرم توده به حجم ظرف پر شده از پسته تعیین گردید. برای این منظور یک ظرف ۱۰۰۰ میلی لیتری، از ارتفاع ۱۵۰ میلی متری با نرخ ثابت، از پسته‌ها پر شد و سپس پسته‌های اضافی با حرکت زیگزاگی یک قطعه چوب به طوری که نمونه‌ها فشرده نشوند، حذف شد و سپس محتوای ظرف را وزن و بر حجم آن تقسیم شد تا چگالی توده بدست آید [۱۴].

۲-۳- چگالی حقیقی و حجم

چگالی حقیقی با استفاده از نسبت جرم به حجم نمونه تعیین گردید. حجم پسته‌ها با استفاده از روش جا بجایی مایع درون بورت مدرج بر حسب میلی لیتر اندازه گیری شد [۱۴]. برای جلوگیری از جذب مایع توسط پسته و به منظور کاهش کشش سطحی مایع در این آزمایش از تولوئن (C_7H_8) استفاده شد.

۲-۴- درصد تخلخل

تخلخل (ε) نسبت حجم هوای اطراف دانه‌های پسته به حجم توده می‌باشد که از رابطه (۱) به دست می‌آید [۴]:

$$e = \frac{r_t - r_b}{r_t} \times 100 \quad (۱)$$

که در این فرمول، ε = تخلخل (٪)، r_t = چگالی حقیقی (kg/m^3) و r_b = چگالی توده (kg/m^3) محصول است.

۲-۵- اندازه‌گیری ضریب اصطکاک استاتیکی

به دلیل کاربرد بسیار بالای ورق سیاه، گالوانیزه و آلومینیوم در تجهیزات فراوری، ضریب اصطکاک استاتیکی پسته‌ها بر روی این سطوح بررسی شد. یک جعبه بدون سر و ته به ابعاد ۱۵۰×۱۰۰×۴۰ میلی‌متر با پسته پر گردید و روی صفحه‌ای با شیب قابل تنظیم قرار گرفت. جعبه به مقدار خیلی کمی نسبت به صفحه (حدود ۵ میلی‌متر) بالا آورده شد، به طوری که تماس آن با صفحه قطع گردد. شیب صفحه به تدریج اضافه شد تا جعبه شروع به حرکت کند و زاویه شیب از نمایشگر زاویه سنج دیجیتالی قرائت و ضریب اصطکاک استاتیکی از رابطه (۲) محاسبه شد [۱۵].

$$\mu = \tan\theta \quad (۲)$$

که در این فرمول μ ضریب اصطکاک ایستایی و θ زاویه آستانه حرکت توده پسته روی سطح آزمایشی می‌باشد.

۲-۶- تحلیل داده‌ها

برای هر تیمار اندازه گیری مربوط به ضریب اصطکاک استاتیکی در ۱۰ تکرار و اندازه گیری‌های مربوط به سایر خواص در ۳۰ تکرار انجام شد. داده‌های مربوط به خواص اندازه گیری شده به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی به کمک نرم‌افزار آماری SPSS-19 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با نرم افزار MSTAT-C انجام شد. میانگین‌ها و انحراف معیار برای خواص مختلف فیزیکی به کمک نرم افزار Excel 2007 بدست آمد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- حجم، چگالی حقیقی، چگالی توده و تخلخل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم، فقط بر چگالی حقیقی معنی‌دار نشد و اثر رطوبت بر تمامی صفات اندازه گیری شده اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ نشان داد. اثر متقابل رقم در رطوبت، بر حجم، چگالی حقیقی و چگالی توده معنی‌دار نشد، به عبارت دیگر اثر دو فاکتور رقم و رطوبت بر حجم، چگالی حقیقی و چگالی توده به طور مستقل از هم عمل کردند. نتایج مقایسه میانگین و انحراف معیار صفات فوق در جدول ۳-۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده (جدول ۳-۲) حجم نمونه‌ها با کاهش رطوبت، کاهش یافته و می‌توان دلیل آن را این گونه بیان نمود که با کاهش رطوبت، ابعاد کاهش می‌یابد و حجم نیز ارتباط مستقیم با ابعاد دارد، بنابراین کاهش می‌یابد. شایان ذکر است که نتایج به دست آمده با نتایج تحقیق رضوی و همکاران (۲۰۰۷) بر روی پسته مطابقت دارد [۱۱]. بیش‌ترین میانگین حجم در رطوبت w.b. ۳۵٪ مربوط به رقم بادامی با مقدار میانگین ۲/۳۶ cm^3 و کم‌ترین میانگین حجم در رطوبت w.b. ۱۵٪ مربوط به رقم فندقی با مقدار میانگین ۱/۲۰ cm^3 است (جدول ۱).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

چگالی حقیقی پسته‌ها در تمامی ارقام با کاهش رطوبت کاهش می‌یابد و می‌توان دلیل این کاهش را این‌گونه بیان نمود که با کاهش رطوبت، جرم کاهش بیشتری نسبت به حجم می‌یابد و چون چگالی حقیقی رابطه مستقیم با جرم و رابطه معکوس با حجم دارد، بنابراین کاهش می‌یابد (جدول۱). بیش‌ترین میانگین چگالی حقیقی در رطوبت w.b. ۳۵٪ مربوط به رقم فندقی با مقدار میانگین kg/m^3 ۸۹۳/۸۸۴ و کم‌ترین میانگین چگالی حقیقی در رطوبت w.b. ۱۵٪ مربوط به رقم اکبری با مقدار میانگین kg/m^3 ۷۹۴/۸۸۷ است (جدول ۱). رضوی و همکاران (۲۰۰۷) نیز با کاهش رطوبت، روند کاهشی برای چگالی حقیقی پسته به دست آوردند [۱۱]. اختلاف نتایج تحقیق کاشانی نژاد و همکاران (۲۰۰۵) با نتایج این تحقیق بر روی صفت چگالی حقیقی را می‌توان به دلیل تفاوت در روش اندازه گیری حجم دانست زیرا که آن‌ها از روش پیکنومتر گازی برای اندازه گیری حجم استفاده کردند [۱۰].

چگالی توده پسته‌ها در تمامی ارقام با کاهش رطوبت کاهش می‌یابد (جدول ۳-۲). بیش‌ترین میانگین چگالی توده در رطوبت w.b. ۳۵٪ مربوط به رقم فندقی با مقدار میانگین kg/m^3 ۶۳۸/۲۲۶ و کم‌ترین میانگین چگالی توده در رطوبت w.b. ۱۵٪ مربوط به رقم اکبری با مقدار میانگین kg/m^3 ۴۹۴/۹۱۴ است (جدول ۱). نتایج به دست آمده روی صفت چگالی توده با نتایج تحقیقاتی که روی دیگر ارقام پسته و پسته وحشی انجام شده مطابقت دارد [۱۰، ۱۳].

تخلخل پسته‌ها در تمامی ارقام با کاهش رطوبت افزایش می‌یافت (جدول ۱). درصد تخلخل وابسته به چگالی حقیقی و چگالی توده است. بیش‌ترین مقدار میانگین تخلخل برابر ۳۷/۷۱۶٪ برای رقم اکبری در رطوبت w.b. ۱۵٪ و کم‌ترین مقدار میانگین تخلخل برابر ۲۸/۵۶۷٪ مربوط به رقم فندقی در رطوبت w.b. ۳۵٪ است. رضوی و همکاران (۲۰۰۷) نیز با کاهش رطوبت، روند صعودی برای تخلخل پسته‌های منطقه فیض آباد خراسان به دست آوردند و در تحقیق دیگر که روی پسته وحشی انجام شده است، نتیجه کاملاً مشابهی برای روند تغییرات تخلخل با کاهش رطوبت به دست آمده است [۱۱، ۱۳].

۳-۲- ضریب اصطکاک استاتیکی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثرات اصلی و متقابل دوگانه و سه‌گانه رطوبت، رقم و سطح تماسی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است. نتایج مقایسه میانگین و انحراف معیار ضریب اصطکاک استاتیکی در جدول ۲ ارائه شده است.

با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص شد که در تمامی سطوح رطوبتی و در کلیه سطوح تماسی، ضریب اصطکاک استاتیکی مربوط به رقم بادامی با میانگین ۰/۴۲ بیش‌ترین مقدار و رقم فندقی با میانگین ۰/۳۷ کم‌ترین مقدار را داشته است (شکل ۱). همچنین مشخص شد که در تمامی ارقام و در تمامی سطوح تماسی، در رطوبت ۳۵٪ (کلاس a) بیش‌ترین مقدار ضریب اصطکاک استاتیکی (۰/۴۵) و در رطوبت ۱۵٪ (کلاس e) کم‌ترین مقدار ضریب اصطکاک استاتیکی (۰/۳۴) به دست آمده است (شکل ۲). بر اساس نتایج آماری (چند دامنه‌ای دانکن) همچنین مشخص شد که در تمامی ارقام و در تمامی سطوح رطوبتی، در سطح تماسی ورق سیاه (کلاس a) بیش‌ترین مقدار ضریب اصطکاک استاتیکی (۰/۵۰) و در سطح تماسی ورق آلومینیوم (کلاس c) کم‌ترین مقدار ضریب اصطکاک (۰/۳۳) به دست آمده است (شکل ۳). ضریب اصطکاک استاتیکی بر روی سطح تماسی ورق آلومینیوم، به دلیل صاف و صیقلی بودن این سطح نسبت به سطوح دیگر کم‌ترین مقدار را دارا می‌باشد. چنانچه در جدول ۳-۴ مشخص است با کاهش میزان رطوبت پسته‌ها، ضرایب اصطکاک استاتیکی به دلیل کاهش نیروی چسبندگی بین سطوح و پسته‌ها، کاهش می‌یابد. بنابراین بیش‌ترین میانگین ضریب اصطکاک استاتیکی به رقم بادامی در محتوای رطوبتی w.b. ۳۵٪ در تماس با ورق سیاه اختصاص می‌یابد و کم‌ترین میانگین ضریب اصطکاک استاتیکی به رقم فندقی در محتوای رطوبتی w.b. ۱۵٪ در تماس با ورق آلومینیوم اختصاص می‌یابد. نتایج به دست آمده با نتایج دیگر تحقیقاتی که روی پسته، پسته وحشی و هسته زرد آلو انجام شده مطابقت دارد و نشان می‌دهد که ضریب اصطکاک استاتیکی بر روی کلیه سطوح با افزایش سطح رطوبت، افزایش می‌یابد [۱۰، ۱۳، ۱۶].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

جدول ۱ میانگین و انحراف معیار خواص ثقلی پسته در رطوبت‌های مختلف

رقم	رطوبت (%w.b.)	حجم (cm^3)	چگالی حقیقی (kg/m^3)	چگالی توده (kg/m^3)	تخلخل (%)
فندقی	۳۵	۱/۴۷±۰/۱۶^{h}	۸۹۳/۸۸۴±۱۱۸/۴۰۴^{a}	۶۳۸/۲۲۶±۸۲/۹۵۵^{a}	۲۸/۵۶۷±۱/۲۷۶^{k}
	۳۰	۱/۴۱±۰/۱۲^{hi}	۸۶۵/۹۰۱±۸۵/۴۰۵^{ab}	۶۱۰/۷۹۴±۵۶/۵۷۱^{ab}	۲۹/۴۱۴±۱/۱۱۴^{j}
	۲۵	۱/۳۲±۰/۲۰^{ij}	۸۳۷/۱۰۰±۱۴۱/۱۸۲^{ab}	۵۸۱/۵۸۵±۹۷/۲۹۲^{bcd}	۳۰/۴۹۱±۱/۴۰۴^{i}
	۲۰	۱/۲۳±۰/۱۶^{jk}	۸۳۰/۶۷۷±۸۳/۷۴۶^{bc}	۵۶۸/۹۰۳±۵۷/۵۰۸^{cde}	۳۱/۵۰۴±۰/۹۹۸^{h}
	۱۵	۱/۲۰±۰/۱۳^{k}	۸۲۱/۱۰۰±۷۷/۵۱۷^{bc}	۵۵۴/۱۰۸±۵۲/۴۴۸^{defg}	۳۲/۴۰۹±۱/۱۴۲^{fg}
بادامی	۳۵	۲/۳۶±۰/۲۰^{a}	۸۷۱/۹۴۶±۶۱/۱۲۴^{ab}	۵۹۳/۵۳۸±۴۲/۱۰۵^{bc}	۳۱/۹۲۶±۰/۹۸۰^{gh}
	۳۰	۲/۲۳±۰/۲۱^{b}	۸۴۲/۰۸۳±۹۲/۷۹۲^{abc}	۵۶۵/۰۵۷±۶۰/۸۵۹^{cdef}	۳۲/۸۷۴±۰/۹۷۱^{f}
	۲۵	۲/۰۷±۰/۱۶^{c}	۸۲۶/۶۵۲±۶۳/۹۹۰^{bc}	۵۴۴/۳۲۶±۴۳/۲۱۷^{defg}	۳۴/۱۵۸±۰/۸۱۳^{d}
	۲۰	۲/۰۶±۰/۱۸^{c}	۸۱۶/۲۲۶±۷۴/۱۰۹^{bc}	۵۲۷/۳۸۱±۴۹/۳۰۹^{fgh}	۳۵/۳۹۳±۰/۹۹۳^{c}
	۱۵	۱/۹۳±۰/۱۳^{de}	۸۱۵/۰۱۲±۷۷/۹۳۴^{bc}	۵۲۱/۰۸۶±۴۷/۵۰۵^{gh}	۳۶/۰۲۸±۱/۰۰۹^{b}
اکبری	۳۵	۲/۰۲±۰/۲۹^{cd}	۸۵۳/۶۹۹±۱۵۶/۴۵۱^{abc}	۵۷۶/۴۷۲±۱۰۵/۶۴۴^{bcde}	۳۲/۴۶۱±۰/۷۹۹^{fg}
	۳۰	۱/۹۹±۰/۱۸^{cd}	۸۵۵/۶۵۹±۱۱۲/۶۵۱^{ab}	۵۶۸/۹۵۳±۷۷/۹۴۱^{cde}	۳۳/۵۴۴±۰/۸۴۶^{e}
	۲۵	۱/۸۴±۰/۲۱^{ef}	۸۳۷/۲۹۰±۸۸/۳۴۶^{abc}	۵۴۲/۴۵۵±۵۸/۳۹۸^{efg}	۳۵/۲۱۶±۰/۸۵۴^{c}
	۲۰	۱/۸۰±۰/۱۴^{f}	۸۲۷/۵۷۱±۹۶/۳۰۷^{bc}	۵۳۰/۲۹۱±۶۴/۲۷۸^{fgh}	۳۵/۹۵۱±۰/۹۵۹^{b}
	۱۵	۱/۷۰±۰/۱۶^{g}	۷۹۴/۸۸۷±۸۰/۵۹۳^{c}	۴۹۴/۹۱۴±۴۹/۳۰۲^{h}	۳۷/۷۱۶±۱/۳۱۶^{a}

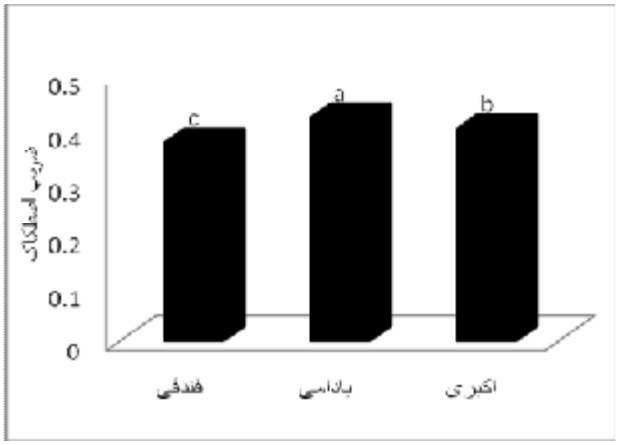
میانگین‌های با حروف یکسان در هر ستون در سطح P< ۰/۰۵ تفاوت معنی داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

جدول ۲ میانگین و انحراف معیار ضرایب اصطکاک استاتیکی پسته در رطوبت و سطوح مختلف

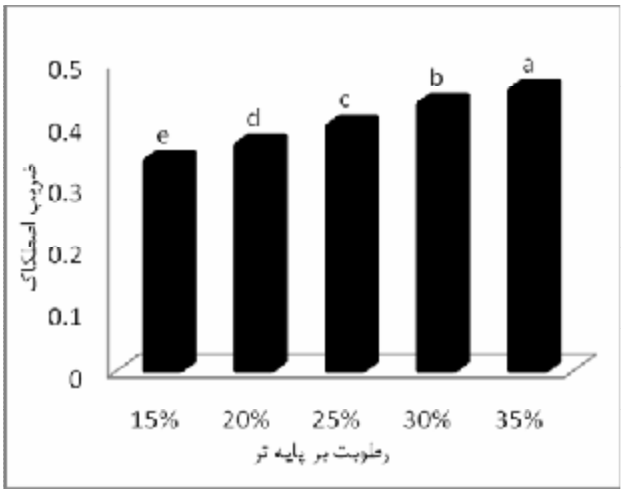
رقم	رطوبت (%)	ورق سیاه	ورق گالوانیزه	ورق آلومینیوم
فندقی	۳۵	۰/۵۴۷۲۶±۰/۰۰۴۷۶^{d}	۰/۴۰۳۲۱±۰/۰۱۱۵۰^{c}	۰/۳۴۶۲۸±۰/۰۰۳۵۹^{d}
	۳۰	۰/۵۲۰۵۷±۰/۰۰۴۶۵^{f}	۰/۳۶۴۹۶±۰/۰۱۱۱۴^{e}	۰/۳۳۵۳۷±۰/۰۰۲۹۹^{e}
	۲۵	۰/۴۶۵۸۸±۰/۰۰۴۸۵^{h}	۰/۳۲۰۸۷±۰/۰۱۰۵۵^{h}	۰/۳۰۹۹۳±۰/۰۰۳۳۷^{g}
	۲۰	۰/۴۳۷۱۰±۰/۰۰۴۳۱^{j}	۰/۳۰۴۹۷±۰/۰۱۱۰۸^{i}	۰/۲۸۳۷۳±۰/۰۰۳۶۱^{h}
	۱۵	۰/۴۰۱۱۹±۰/۰۰۵۷۱^{k}	۰/۲۸۱۶۵±۰/۰۱۱۴۰^{j}	۰/۲۷۴۱۳±۰/۰۰۳۳۰^{i}
بادامی	۳۵	۰/۶۱۱۱۲±۰/۰۰۵۱۴^{a}	۰/۴۲۵۵۱±۰/۰۰۳۶۱^{a}	۰/۳۹۰۰۸±۰/۰۰۶۶۱^{a}
	۳۰	۰/۵۸۲۴۸±۰/۰۰۵۰۶^{b}	۰/۴۰۶۴۶±۰/۰۰۵۱۹^{c}	۰/۳۶۸۳۲±۰/۰۰۶۳۱^{c}
	۲۵	۰/۵۳۵۳۰±۰/۰۰۴۲۱^{e}	۰/۳۶۸۷۲±۰/۰۰۳۲۱^{e}	۰/۳۳۷۹۰±۰/۰۰۶۷۹^{e}
	۲۰	۰/۴۸۹۲۵±۰/۰۰۳۶۸^{g}	۰/۳۴۹۰۲±۰/۰۰۲۸۷^{f}	۰/۳۲۴۷۳±۰/۰۰۴۰۷^{f}
	۱۵	۰/۴۷۰۷۸±۰/۰۰۵۹۶^{h}	۰/۳۲۹۱۷±۰/۰۰۲۷۰^{g}	۰/۳۱۰۷۰±۰/۰۰۵۹۴^{g}
اکبری	۳۵	۰/۵۷۱۰۸±۰/۰۰۵۲۱^{c}	۰/۴۱۲۳۷±۰/۰۰۵۶۷^{b}	۰/۳۷۹۸۶±۰/۰۰۴۶۵^{b}
	۳۰	۰/۵۴۹۳۰±۰/۰۰۶۵۷^{d}	۰/۳۸۱۴۶±۰/۰۰۵۱۹^{d}	۰/۳۷۱۷۰±۰/۰۰۴۲۳^{c}
	۲۵	۰/۵۱۵۴۸±۰/۰۰۶۵۸^{f}	۰/۳۷۰۷۱±۰/۰۰۵۰۲^{e}	۰/۳۳۹۴۵±۰/۰۰۵۶۶^{e}
	۲۰	۰/۴۴۴۱۸±۰/۰۰۶۴۹^{i}	۰/۳۲۲۰۳±۰/۰۰۴۹۵^{h}	۰/۳۳۸۲۹±۰/۰۰۴۱۵^{e}
	۱۵	۰/۳۷۴۴۸±۰/۰۰۴۷۳^{l}	۰/۳۰۰۹۷±۰/۰۰۳۹۷^{i}	۰/۳۱۵۳۰±۰/۰۰۴۸۷^{g}

میانگین‌های با حروف یکسان در هر ستون در سطح P<۰/۰۵ تفاوت معنی داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

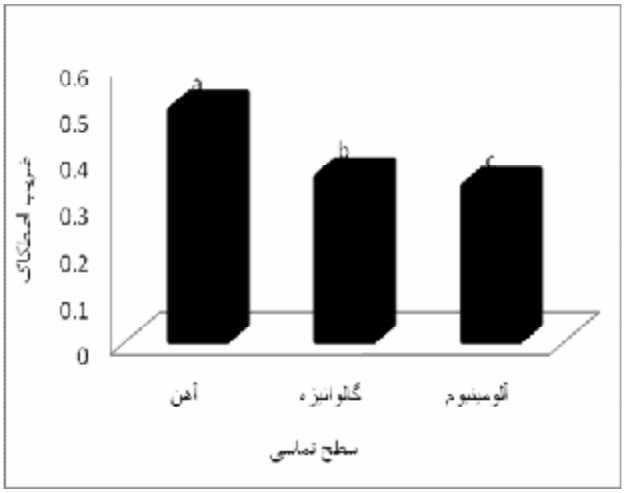
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]



شکل ۱ بررسی تأثیر رقم بر ضریب اصطکاک استاتیکی پسته



شکل ۲ بررسی تأثیر رطوبت بر ضریب اصطکاک استاتیکی پسته



شکل ۳ بررسی تأثیر سطح تماسی بر ضریب اصطکاک استاتیکی پسته

۴- نتیجه گیری

۱- حجم، چگالی حقیقی، چگالی توده و ضریب اصطکاک استاتیکی پسته به محتوای رطوبتی وابسته است.

۲- خواص ثقلی پسته شامل حجم، چگالی حقیقی و چگالی توده با کاهش رطوبت، کاهش ولی تخلخل با کاهش رطوبت، افزایش می‌یابد.

۳- بیش‌ترین چگالی حقیقی (۸۹۳/۸۸۴ kg/m^3) مربوط به رقم فندقی در رطوبت .w.b ۳۵٪ و کم‌ترین چگالی حقیقی (۷۹۴/۸۸۷ kg/m^3) مربوط به رقم اکبری در رطوبت .w.b ۱۵٪ بدست آمد.

۴- بیش‌ترین مقدار تخلخل (۳۷/۷۱۶٪) مربوط به رقم اکبری در رطوبت .w.b ۱۵٪ و کم‌ترین مقدار تخلخل (۲۸/۵۶۷٪) مربوط به رقم فندقی در رطوبت .w.b ۳۵٪ بدست آمد.

۵- با کاهش رطوبت، ضریب اصطکاک استاتیکی پسته روی تمامی سطوح کاهش یافت و در تمامی سطوح رطوبتی کم‌ترین و بیش‌ترین ضریب اصطکاک استاتیکی به ترتیب بر روی ورق آلومینیوم و ورق سیاه به دست آمد.

۶- بیش‌ترین ضریب اصطکاک استاتیکی (۰/۶۱۱۱۲) مربوط به رقم بادامی در رطوبت .w.b ۳۵٪، در تماس با ورق سیاه بدست آمد و کم‌ترین ضریب اصطکاک استاتیکی (۰/۲۷۴۱۳) مربوط به رقم فندقی در رطوبت .w.b ۱۵٪، در تماس با ورق آلومینیوم بدست آمد.

۵- منابع

[1] Abrishami, M. (1373). Iranian pistachio. Publishing Center of Tehran University, 820-825.

[2] The Islamic Republic of Iran Customs administration (IRICA), (1389). Available at: http://www.irica.gov.ir

[3] Maskan, M., Karatas, S. (1998). Fatty acid oxidation of pistachio nuts stored under various atmospheric conditions and different temperatures. Journal of the Science of Food and Agriculture, 77, 334-340.

[4] Mohsenin, N. N. (1980). Physical properties of plants and animal materials. New York: Gordon and Breach Science Publishers, NW.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

[5] Ozdemir, F., Akinci, I. (2004). Physical and nutritional properties of four major commercial Turkish hazelnut varieties. Journal of Food Engineering, 63, 341-347.
[6] Aydin, C. (2003). Physical properties of Almond nut and kernel. Journal of Food Engineering, 60, 315-320.
[7] Edward, A., Baryeh, E. A. (2001). Physical properties of Bambara groundnuts. Journal of Food Engineering, 47, 321-326.
[8] Gupta, R. K., Das, S. K. (2000). Fracture resistance of sunflower seed and kernel to compressive loading. Journal of Food Engineering, 46, 1-8.
[9] Hsu, R. H., Mannapperuma, J. D., Singh, R. P. (1991). Physical and thermal properties of pistachios. Journal of Agricultural Engineering Research, 49, 311-321.
[10] Kashaninejad, M., Mortazavi, A., Safekordi, A., Tabil, L. G. (2005). Some physical properties of pistachio (Pistachio Vera. L.) nut and its kernel. Journal of Food Engineering, 72(1), 30-38.
[11] Razavi, S. M. A., Mohammad Amini, A., Rafe, A., Emadzadeh, B. (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.
[12] ASAE Standard. (2001). Moisture measurement-unground grain and seeds. American Society of Agricultural Engineering, 567-568.
[13] Aydin, c., Ozcan, M. m. (2002). Some phisico-mechanic properties of terebinth fruits. Journal of Food Engineering, 53, 97-104.
[14] Stroshine, R., Hamann, D. (1994). Physical Properties of Agricultural Materials and Food Products. 1st edn. West Lafayette, IN.
[15] Joshi, D. C., Das, S. K., Mukherjee, R. K. (1993). Physical properties of pumpkin seeds. Journal of Agricultural Engineering Research, 54(3), 219-229.
[16] Gezer, I., Haciseferogullari, H., Demir, F. (2002). Some physical properties of hacihaliloglu apricot pit and kernel. Journal of Food Engineering, 56, 49-57.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

The effect of moisture content on the properties of gravity and frictional of three varieties pistachio

Golmohammadi, A.[1*], Sabouri, P.[2]

1. Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh
Ardabili, Ardabil, Iran
2. Msc Student, Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh
Ardabili, Ardabil, Iran
(Received: 90/8/7 Accepted: 90/11/20)

Physical properties of agricultural crops are important to design of milling, planting and harvesting machines and also for reducing losses and safe quality of crops along to post harvest stage. In this study, some physical properties of three common varieties pistachio nut (i. e. Fandoghi, Badami and Akbari) including of volume, bulk density, true density, porosity and static coefficient of friction were determined at five level of moisture content (35, 30, 25, 20, 15% w.b.). Then effect of pistachio nut moisture content was investigated on them. Results showed that with decreasing of moisture content of pistachio nut volume, bulk density, true density and static coefficient of friction were decreased while porosity was increased. At all pistachio nut moisture content levels and contact surfaces, the most static coefficient of friction allocated to black sheet and the lowest static coefficient of friction allocated to aluminum contact sheet.

Key words: Pistachio nut, Physical properties, Moisture content

* Corresponding Author E-Mail Address: : agolmohammadi42@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]