تأثیر رطوبت بر برخی مشخصه‌های فیزیکی دو رقم شلتوک رایج در استان اصفهان (۲۸۵)

هادی آشتیانی عراقی[۱] ، مرتضی صادقی[۲] ، عباس همت[۳]

چکیده

در این تحقیق برخی خواص فیزیکی مهم دانه شلتوک برنج و تأثیر رطوبت بر آنها مورد بررسی قرار گرفت. تأثیر رقم (سرخه و سازندگی) و رطوبت (۱۲، ۱۴ و ۱۶ ٪ بر پایه تر) بر ابعاد (قطرهای بزرگ، متوسط، کوچک، قطر متوسط هندسی و درجه کرویت)، وزن، چگالی حقیقی و ظاهری، تخلخل، ضریب اصطکاک استاتیکی (روی چهار سطح شیشه، چوب، گالوانیزه و بتن) و زاویه پایداری در قالب طرح کاملاً تصادفی ارزیابی شد. نتایج نشان داد، رقم سازندگی با میانگین طول ۸/۶۸ یلی‌متر در دسته دانه‌های بلند و سرخه با ۸/۲۷ میلی‌متر در دسته دانه‌های متوسط قرار گرفت. به استثنای چگالی حقیقی، اثر نوع رقم بر ابعاد، وزن، چگالی ظاهری، تخلخل، ضریب اصطکاک استاتیکی و زاویه پایداری در سطح آماری ۰/۱٪ معنی‌دار بود. چگالی ظاهری رقم‌های سازندگی و سرخه به ترتیب برابر با ۰/۵۷۶ و ۰/۵۹۸گرم بر سانتیمتر مکعب و تخلخل آن‌ها برابر با ۴۹ و ۴۷٪ بدست آمد. رطوبت اثر معنی‌داری در سطح آماری ۱٪ بر قطر کوچک، وزن، چگالی ظاهری و حقیقی، تخلخل، ضریب اصطکاک استاتیکی و زاویه پایداری و در سطح آماری ۵ ٪ بر قطر متوسط هندسی د شت. قطر متوسط هندسی، درجه کرویت، چگالی حقیقی و زاویه پایداری، به ترتیب با افزایش رطوبت از ۳/۴۷ به ۳/۵۴ میلی‌مت ر، ۰/۴۱ به ۰/۴۲، ۱/۱ به ۱/۵۲ گرم بر سانتی متر مکعب و ۳۲/۶ به ۳۴/۶ درجه افزایش یافتند. چگالی ظاهری با افزایش رطوبت روند کاهشی داشت. ضریب اصطکاک استاتیکی با افزایش رطوبت افزایش یافت، به طوری که سطوح بتن و شیشه با مقادیر ۰/۴۳۲ و ۰/۰۸۲ به ترتیب بیشترین و کمترین ضریب اصطکاک استاتیکی را به خود اختصاص دادند.

کلیدواژه: رقم شلتوک، رطوبت، چگالی، ضریب اصطکاک، زاویه پایداری

[۱]- کارشناس ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، پست الکترونیک: ashtiani_ha@yahoo.com
[۲]- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
[۳]- استاد گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۱- مقدمه

اهمیت تولید اقتصادی محصولات کشاورزی، بویژه غلات به عنوان مواد اولیه غذای اصلی مردم، به همراه فنون فرآوری آنها هر روز افزایش می‌یابد. فرآوری این محصولات، شامل عملیاتی است که به منظور حفظ یا بهبود کیفیت، تغییر شکل و تغییر خصوصیات آنها انجام می‌شود و در نهایت مواد پس از تبدیل و فرآوری، ارزش افزوده پیدا می‌کنند [۱]. عملیاتی که برای فرآوری محصولات دانه‌ای صورت می پذیرد، عمدتاً شامل خشک‌کردن، تمیزکردن، سفیدکردن، درجه‌بندی، تفکیک‌کردن و انبارداری می‌باشند. تعیین خواص فیزیکی این محصولات شامل شکل، مساحت رویه، حجم، چگالی و رنگ به منظور رده بندی استاندارد آنها برای انبارکردن و بازاریابی آنها ضروری است [۶]. بنابراین شناخت خواص فیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی، همواره مورد توجه و علاقه متخصصین بوده است. این موضوع بویژه در رابطه با ماشین‌های کشاورزی، از لحاظ تأثیری که در بخش‌های مختلف ماشین در مراحل کاشت، برداشت، حمل و نقل، ذخیره‌سازی و فرآوری بر محصول ایجاد می‌کند، حائز اهمیت است.

کوریا[1] و همکاران طی تحقیقی خواص فیزیکی دانه برنج شامل ابعاد، چگالی حقیقی و ظاهری و تخلخل را در سه وضعیت شلتوک[2]، برنج قهوه‌ای[3] و سفید شده[4] در رطوبت ۱۲ ٪ بر پایه تر اندازه‌گیری کردند. نتیجه تحقیق ایشان حاکی از کاهش چگالی ظاهری دانه‌ها از حالت شلتوک به سفید ده بود. آنها همچنین خواص فیزیکی دانه برنج از قبیل تخلخل و چگالی را به عنوان فراسنجه‌های مهم در فرآیندهای انتقال حرارت و جرم و مساحت رویه و حجم را به عنوان فراسنجه‌های اساسی عملیات‌های خشک‌کردن و انبارداری محصولات کشاورزی بیان کردند [۵]. در تحقیق دیگری امین و همکاران اثر سطوح مختلف رطوبت (۱۰/۳ تا ۲۱٪ بر پایه تر) را بر خواص فیزیکی دانه عدس از قبیل ابعاد، چگالی حقیقی و ظاهری، تخلخل، خواص اصطکاکی و زاویه پایداری، بررسی کردند. نتایج ایشان حاکی از افزایش ابعاد و زاویه پایداری با افزایش رطوبت بود. چگالی حقیقی و ظاهری نیز روندی کاهشی را با افزایش رطوبت نشان دادند [۳]. پاکسوی و آیدین[5] چگالی ظاهری و حقیقی و تخلخل دانه کدو را در محدوده رطوبتی ۶/۴ تا ۵۲/۹٪ بر پایه تر بدست آوردند. در این تحقیق چگالی حقیقی و ظاهری با افزایش رطوبت به ترتیب از ۴۵۰ به ۶۲۵ و ۳۵۰ به ۴۷۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مکعب افزایش یافتند. آنها ضریب اصطکاک استاتیکی را روی سطوح مختلف در دامنه ۰/۱۸ تا ۰/۶۴ بدست آوردند و زاویه پایداری را همراه با ضریب اصطکاک به عنوان دو مشخصه فیزیکی مهم برای طراحی مؤثر ادوات کشاورزی معرفی کردند [۹].

برنج از جمله ارزشمندترین گیاهان زراعی با سابقه کشت طولانی بوده و امروزه از محصولات مهم غذایی دنیا محسوب می‌شود. برنج از لحاظ تولید دانه و سطح زیر کشت رتبه دوم پس از گندم را بخود اختصاص می‌دهد. این گیاه به علت پراکندگی زیاد در سطح دنیا و دارا بودن ارقام متعدد و قابلیت سازگاری بالا با دامنه وسیعی از اقلیم‌ها و شرایط کشت منحصر بفرد می‌باشد [۲].

ارقام برنج در استان اصفهان علیرغم برخورداری از کیفیت عطر، طعم و درجه پخت خوب، از نظر درصد شکستگی دانه از کیفیت پایینی برخوردار هستند که این مسئله به عنوان یک معضل مهم به شمار می رود. از طرف دیگر دانه‌های برنج همواره در معرض نیروهای مختلف از قبیل فشار، برش و خصوصاً اصطکاک در حین عملیات پوست کنی و سفید کنی قرار دارند که هر کدام در شرایط رطوبتی خاصی صورت می‌گیرند. به منظور حل این معضل، ضروری است که مراحل برداشت و پس از برداشت ارقام برنج در منطقه اصفهان به صورت علمی و دقیق مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا اولین قدم، شناخت و تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی ارقام برنج در منطقه همراه با تأثیر میزان رطوبت بر آن‌ها می‌باشد. بنابراین هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی تأثیر رطوبت بر برخی خواص فیزیکی دو رقم رایج شلتوک استان اصفهان می باشد.

1- Correa
2- Rough Rice
3- Brown Rice
4- Milled Rice
5- Paksoy and Aydin

۲- مواد و وش‌ها

۲-۱- تهیه، نگهداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

از میان ارقام مختلف برنج در استان اصفهان، دو رقم رایج سرخه و سازندگی انتخاب گردیدند. برای انجام آزمایش‌ها، نمونه‌ها به صورت تصادفی برای هر رقم از سطح یک مزرعه تحت نظر مرکز تحقیقات کشاورزی استان اصفهان در اواخر شهریور ماه سال زراعی ۸۴ تهیه شدند. دانه‌ها بلافاصله بعد از عملیات برداشت، درون کیسه‌های پلاستیکی مخصوص قرار داده شده و پس از انتقال به آزمایشگاه، درون اتاقک با دمای ۴ درجه سانتیگراد قرار گرفتند.کلیهٔ دانه‌های شلتوک به طور دستی تمیز و بوجاری شد و دانه‌های شکسته و صدمه دیده از آن جدا گردیده و دانه‌های شلتوک یک دست و سالم برای انجام آزمایش‌ها باقی ماندند. رطوبت اولیه دانه‌ها با استفاده از دستگاه آون طبق استاندارد ASAE اندازه‌گیری شد [۴]. با این روش، رطوبت اولیه ارقام سرخه و سازندگی به ترتیب برابر با ۲۰/۵ و ۲۱/۳ ٪ بر پایهٔ تر بدست آمد.

۲-۲- روش انجام آزمایش‌ها

به منظور بررسی خواص فیزیکی شلتوک برنج از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد که متغیرهای مستقل آن، دو رقم محلی سرخه و اصلاح شده سازندگی یا ۲۱۳ (اصلاح شده رقم محلی نوگرانی که بیشترین سطح کشت را در اصفهان به خود اختصاص داده است) و سه محدوده رطوبتی ۱۳-۱۱، ۱۵-۱۳ و ۱۷-۱۵ ٪ بر پایه تر بود. دلیل انتخاب این سه محدوده رطوبتی، اجرای عملیات تبدیل[1] دانه در این سطح رطوبت در استان اصفهان بود. به منظور رساندن رطوبت دانه‌ها از رطوبت در زمان برداشت به مقادیر مورد نظر، دانه‌ها در معرض هوای آزاد قرار گرفتند تا به تدریج رطوبت خود را از دست دهند. متغیرهای وابسته طرح نیز شامل: ابعاد (قطرهای بزرگ، متوسط و کوچک، قطر هندسی و درجهٔ کرویت)، وزن، چگالی حقیقی و ظاهری، تخلخل، ضریب اصطکاک استاتیکی و زاویه پایداری بود. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به کمک نرم افزار SAS انجام پذیرفت.

الف- مشخصات ابعادی

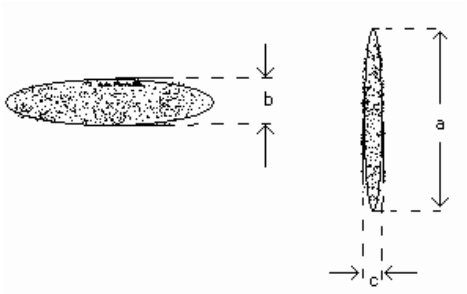
برای تعیین مشخصات ابعادی تعداد ۱۰۰ دانه از هر رقم به صورت تصادفی انتخاب شده و سپس برای آنها مشخصه‌های ابعادی و وزن تعیین گردید. ابعاد سه‌گانه (قطرهای بزرگ، متوسط و کوچک) به وسیله یک کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. همچنین وزن دانه‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم محاسبه گردید. میانگین قطر هندسی[2] و درجه کرویت[3] با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه شد [۸]:

$$GMD = (abc)^{1/3} \quad (۱)$$

$$S = \frac{(abc)^{1/3}}{a} \quad (۲)$$

که a، b و c به ترتیب قطر بزرگ، قطر متوسط و قطر کوچک (شکل ۱) و GMD و S به ترتیب میانگین قطر هندسی و درجه کرویت هستند.

1- Milling
2- Geometric Mean Diameter (GMD)
3- Sphericity



شکل ۱- ابعاد سه‌گانه (قطرهای بزرگ، متوسط و کوچک) دانه برنج.

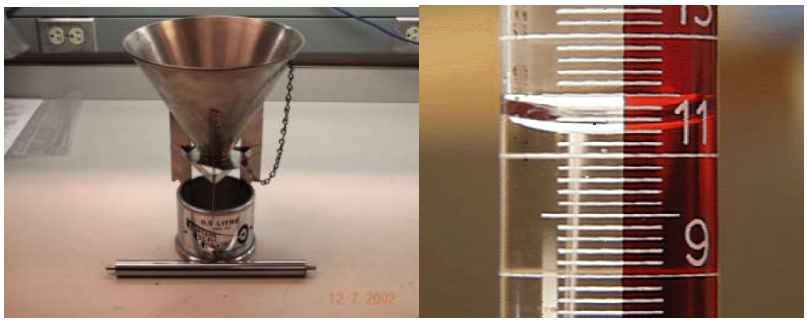
ب- چگالی حقیقی و ظاهری

برای اندازه‌گیری چگالی حقیقی، از روش جابجایی مایع (تولوئن) با استفاده از بورت مدرج برحسب یلی‌لیتر استفاده شد [۱۰]. در این روش مقدار ۲۰ گرم از هر تیمار با ترازو وزن شده و داخل بورت حاوی مایع ریخته شد، سپس میزان بالا رفتن سطح مایع تولوئن در اثر اضافه شدن دانه‌ها در هر آزمایش یادداشت شد. چگالی حقیقی از تقسیم وزن نمونه از هر تیمار بر حجم مایع جابجا شده بدست آمد. برای اندازه‌گیری چگالی ظاهری هر تیمار، توده‌ای از دانه‌ها از ارتفاع ۱۵ سانتیمتری توسط یک قیف داخل ظرفی استوانه‌ای شکل به حجم ۵۰۰ یلی‌لیتر ریخته شد (شکل۲) و پس از پر شدن ظرف روی آن با یک میله کوچک به آرامی صاف شد. چگالی ظاهری هر نمونه از تقسیم وزن توده دانه جای گرفته در ظرف بر حجم ظرف محاسبه شد. آزمایش‌های تعیین چگالی با پنج تکرار صورت گرفت.

محسنین، تخلخل را به عنوان درصد فضای اشغال شده توسط ذرات هوا بین دانه‌ها تعریف می‌کند که از رابطه ۳ محاسبه گردید [۸]:

$$\varepsilon = \frac{\rho_p - \rho_b}{\rho_p} \cdot 100 \qquad (۳)$$

که ρ_p چگالی حقیقی، ρ_b چگالی ظاهری و ε تخلخل می‌باشند.



شکل ۲- وسایل تعیین چگالی ظاهری و حقیقی شامل قیف و استوانه مدرج.

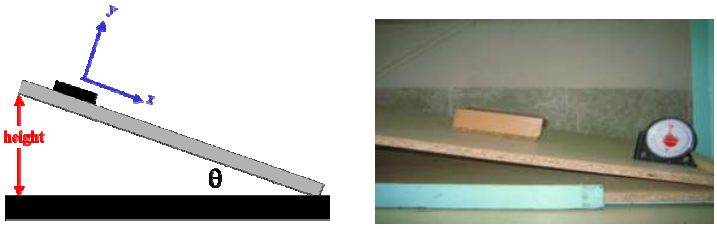
ج- ضریب اصطکاک استاتیکی

ضریب اصطکاک استاتیکی نمونه‌ها با قرار دادن تیمارها در یک جعبه مکعب مستطیلی دو سر باز به ابعاد ۴×۱۰×۱۵ سانتی‌متر و قرار دادن آن روی سطوح مختلف شامل چوب، شیشه، گالوانیزه و بتن با استفاده از روش سطح شیب‌دار با مکانیزم کنترل شیب تعیین شد (شکل۳).

در هر آزمایش مقدار ۳۰۰ گرم از هر نمونه داخل جعبه قرار گرفت به طوری که جعبه فقط پیرامون توده دانه‌ها را در بر می‌گرفت و تودهٔ دانه ها از زیر با سطح مورد نظر در تماس بود. جعبه طی ۳ تکرار برای هر تیمار روی سطوح مختلف قرار گرفت و سطح زیرین به آرامی بالا رفت تا در یک شیب مشخص توده دانه در آستانه حرکت قرار بگیرد. پس از اندازه گیری زاویه شیب، ضریب اصطکاک استاتیکی با استفاده از رابطه ۴ تعیین شد:

$$\alpha = \tan\theta \qquad (۴)$$

که α ضریب اصطکاک استاتیکی و θ زاویه آستانه حرکت توده دانه روی سطوح آزمایشی می‌باشند.



شکل ۳- سطح شیب‌دار برای تعیین خواص اصطکاکی.

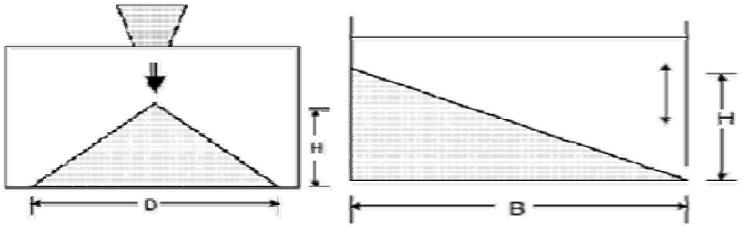
د- زاویه پایداری

زاویه پایداری از دو دیدگاه تخلیه‌شدگی و پرشدگی برای نمونه‌ها در سطوح رطوبتی مختلف تعیین شد. تخلیه نمونه‌ها از محفظه‌ای مکعبی شکل به ابعاد ۲۱×۴۴×۴۴ سانتی‌متر با دریچهٔ باز شو از جلو صورت گرفت. برای تعیین زاویه پایداری از منظر تخلیه شدگی، ابتدا محفظه طی آزمایش‌های مجزا، از هر تیمار پر شده و روی یک قسمت مرتفع قرار گرفت. سپس درب جلوی محفظه یکباره باز شد تا قسمتی از تودهٔ دانه‌ها تحت نیروی وزن خود از محفظه خارج شود. زاویه طبیعی قرارگیری دانه‌ها در این حالت معرف زاویه تخلیه شدگی بود. زاویه پایداری از دیدگاه پرشدگی نیز با پرکردن محفظه‌ای مکعبی به ابعاد ۷۵×۱۱×۱۲۵ سانتی‌متر توسط قیف استاندارد و اندازه‌گیری زاویه طبیعی قرارگیری توده دانه تعیین شد (شکل ۴). تمامی آزمایش های تعیین زاویه پایداری با سه تکرار انجام پذیرفت. پس از اندازه‌گیری ابعاد (شکل ۴)، زاویه پایداری از دیدگاه تخلیه شدگی و پرشدگی به ترتیب با استفاده از روابط ۵ و ۶ محاسبه شد:

$$\theta_E = \tan^{-1}\frac{H}{B} \qquad (۵)$$

$$\theta_F = \tan^{-1}\frac{2H}{D} \qquad (۶)$$

که θ_E و θ_F به ترتیب زاویه پایداری از دیدگاه تخلیه شدگی و پر شدگی می باشند.



شکل ٤- روش تعیین زاویه پایداری از دیدگاه تخلیه شدگی (شکل راست) و دیدگاه پرشدگی (شکل چپ).

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ابعاد، وزن، قطر متوسط هندسی و درجه کرویت

تجزیه آماری اثر نوع رقم بر خواص مذکور حاکی از تفاوت بسیار معنی‌دار (سطح آماری ۰/۱ درصد) بین ارقام بود. رطوبت نیز تأثیر معنی‌داری بر ضخامت دانه‌ها و وزن (سطح آماری ۱ درصد) و بر قطر معادل (سطح آماری ۵ درصد) داشت، لیکن تأثیر آن بر سایر موارد معنی‌دار نشد.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم سازندگی با میانگین طول ۸/۷ میلی‌متر، طول بلندتری داشته و در دسته دانه بلندها جای گرفت و رقم سرخه با میانگین طول ۸/۳ میلی‌متر در دسته دانه متوسط‌ها قرار گرفت. در سایر موارد شامل عرض، ضخامت، وزن، قطر معادل و کرویت، رقم سازندگی دارای مقادیر میانگین کمتری نسبت به رقم سرخه بود (جدول ۱).

جدول ۱- تأثیر عوامل آزمایشی بر ابعاد، وزن، قطر متوسط هندسی و درجه کرویت شلتوک برنج.

عوامل آزمایشی	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	ضخامت (میلی‌متر)	وزن (گرم)	قطر متوسط هندسی (میلی‌متر)	درجه کرویت
رقم						
سرخه	۸/۳ a	۲/۹ a	۲/۰ a	۰/۰۲۶ a	۳/۶ a	۰/۴۳۵ a
سازندگی	۸/۷ b	۲/۵ b	۱/۹ b	۰/۰۲۴ b	۳/۴ b	۰/۴۰۰ b
رطوبت (٪)						
۱۲	۸/۴ a	۲/۶ a	۱/۹ a	۰/۰۲۶ a	۳/۵ a	۰/۴۱۲ a
۱۴	۸/۵ a	۲/۹ a	۱/۹ a	۰/۰۲۶ a	۳/۵ a	۰/۴۱۵ ab
۱۶	۸/۵ a	۲/۹ a	۲/۰ a	۰/۰۲۸ a	۳/۵ a	۰/۴۱۹ a

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، تفاوت میانگین‌های با حروف غیر مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است.

۳-۲- چگالی ظاهری، چگالی حقیقی و تخلخل

بررسی نتایج آماری مربوط به اثر نوع رقم بر میزان چگالی ظاهری و تخلخل نشان داد که بین ارقام سرخه و سازندگی اختلاف بسیار معنی‌داری وجود داشت، ولی از نظر چگالی حقیقی بین ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتیجه حاصل با نتایج تحقیق کوریا و همکاران مطابقت دارد [۵]. نتایج مربوط به اثر سطوح رطوبتی نیز حاکی از اثر بسیار معنی‌دار رطوبت بر خواص مذکور بود.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که رقم سرخه مقدار میانگین چگالی ظاهری بزرگتری داشت (جدول ۲). دلیل این امر را می‌توان به بیشتر بودن درجهٔ کرویت و قرارگیری منظم‌تر دانه‌ها در کنار هم و کوچکتر شدن حفره‌های بین آن‌ها و در نهایت کم شدن حجم ظاهری تودهٔ دانه نسبت داد. مقادیر مربوط به چگالی ظاهری در مقایسه با نتایج کوریا و همکاران که برای سه رقم شلتوک در رطوبت ۱۲٪ بر پایه تر در محدوده ۰/۵۰۹ تا ۰/۵۱۸ گرم بر سانتیمتر مکعب گزارش کرده‌اند [۵]، بزرگتر می‌باشد. در این آزمایش در هر سطح رطوبتی مقدار چگالی ظاهری کمتر از چگالی حقیقی بدست آمد. از نظر تخلخل نیز، رقم سازندگی میانگین تخلخل بیشتری را دارا بود (جدول ۲). مقادیر تخلخل بدست آمده برای رقم‌های سرخه و سازندگی کمتر از مقادیر بدست آمده توسط کوریا و همکاران برای سه رقم دانه شلتوک (۶۴ تا ۶۶٪) بودند [۵]. در تحقیق پاکسوی و آیدین نیز تخلخل با افزایش رطوبت افزایش یافت که در تحقیق حاضر همین نتیجه حاصل شد [۹].

جدول ۲- تأثیر عوامل آزمایشی بر چگالی ظاهری، چگالی حقیقی و تخلخل.

عوامل آزمایشی	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	چگالی حقیقی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	تخلخل (درصد)
رقم			
سرخه	۰/۵۹۸	۱/۱۳۶	۴۷/۴
سازندگی	۰/۵۷۶	۱/۱۳۱	۴۷/۸
رطوبت (٪)			
۱۲	۰/۵۹۴	۱/۱۱۴	۴۶/۷
۱۴	۰/۵۸۴	۱/۱۳۶	۴۸/۶
۱۶	۰/۵۸۷	۱/۱۵۲	۴۹/۰

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، تفاوت میانگین‌های با حروف غیر مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است.

۳-۳- ضریب اصطکاک استاتیکی روی سطوح مختلف

نتایج تجزیهٔ آماری حاکی از تأثیر بسیار معنی‌دار ارقام، سطوح رطوبتی و همچنین سطوح اصطکاکی بر ضریب اصطکاک استاتیکی (سطح آماری ۰/۱ درصد) بود. این نکته نشان دهنده تفاوت زیادی بین چهار سطح اصطکاکی است. کوریا و همکاران نیز روی شلتوک ارقام مختلف برنج در سطح رطوبتی ۱۲ درصد به نتایج مشابهی رسیدند [۵].

همانطور که جدول ۳ نشان می‌دهد، ضریب اصطکاک برای سطوح بتن، گالوانیزه، چوب و شیشه بطور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. رقم سرخه با میاز ین ۰/۳۰۳، دارای ضریب اصطکاک بیشتری نسبت به رقم سازندگی بود. جدول ۳ همچنین نشان می‌دهد که افزایش رطوبت از ۱۲ تا ۱۶٪ تأثیر معنی‌دار و افزایشی بر ضریب اصطکاک استاتیکی داشت. امین و همکاران نیز در تحقیق خود در زمینه خواص اصطکاکی دانه عدس روی سطوح بتن، گالوانیزه، چوب و شیشه به نتایج مشابهی دست یافتند [۳]. در تحقیق آنها نیز با افزایش رطوبت ضریب اصطکاک استاتیکی از ۰/۴۵۸ تا ۰/۴۹ افزایش یافت، به طوری که بیشترین ضریب مربوط به سطح بتن و کمترین آن مربوط به سطح شیشه بود.

۳-٤- زاویه پایداری از دیدگاه تخلیه شدگی و پرشدگی

اثر نوع رقم و سطوح رطوبتی بر زاویه پایداری از دیدگاه تخلیه‌شدگی و پرشدگی در سطح ۰/۱ درصد معنی‌دار شد که ین نکته نشان‌دهنده تفاوت بسیار زیاد ین رقم های سرخه و سازندگی و همچنین میان سطوح رطوبت بوده است.

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که رقم سرخه دارای مقادیر بیشتر زاویه پایداری از هر دو دیدگاه تخلیه‌شدگی و پرشدگی (به ترتیب ۳۵/۶ و ۲۹/۶ درجه) می‌باشد. میانگین زوایا در ارقام و سطوح رطوبتی نشان داد که به طور کلی میانگین زاویه پایداری از دیدگاه تخلیه‌شدگی (۳۳/۶ درجه) بزرگتر از زاویه پایداری از دیدگاه پرشدگی (۲۷/۸ درجه) می‌باشد. هر دو زاویه با افزایش رطوبت افزایش یافتند (جدول۴). معصومی و تبیل نیز به همین نتیجه برای دانه‌های نخود رسیدند [۷].

جدول ۳- تأثیر عوامل آزمایشی بر ضریب اصطکاک ستاتیکی.

عوامل آزمایشی	ضریب اصطکاک استاتیکی
سطح اصطکاکی	
چوب	۰/۲۷۶[c]
شیشه	۰/۰۸۲[d]
بتن	۰/۴۳۲[a]
گالوانیزه	۰/۳۶۳[b]
رقم	
سرخه	۰/۳۰۳[a]
سازندگی	۰/۲۷۳[b]
رطوبت (٪)	
۱۲	۰/۲۶۲[c]
۱٤	۰/۲۹۲[b]
۱٦	۰/۳۱۰[a]

برای هر عامل آزمایشی تفاوت میانگین‌های با حروف غیر مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است.

جدول ٤- تأثیر عوامل آزمایشی بر زاویه پایداری.

عوامل آزمایشی	زاویه تخلیه شدگی (درجه)	زاویه پرشدگی (درجه)
رقم		
سرخه	[a]۳۵/۶	[a]۲۹/۶
سازندگی	[b]۳۱/۷	[b]۲۶/۱
رطوبت (٪)		
۱۲	[a]۳۲/۶	[c]۲۷/۲
۱۴	[b]۳۳/۷	[b]۲۷/۸
۱۶	[a]۳۴/۶	[a]۲۸/۵

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، تفاوت میانگین‌های با حروف غیر مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است.

٤- نتیجه گیری

۱- با بررسی اثر عوامل رقم و رطوبت بر خواص فیزیکی شلتوک مشخص گردید که نوع رقم و سطوح رطوبت تأثیر معنی-داری بر خواص فیزیکی دانه‌های شلتوک داشت. نتایج نشان داد که رقم سرخه با میانگین قطر متوسط ۲/۸ میلی‌متر، قطر کوچک ۲/۰ میلی‌متر، قطر متوسط هندسی ۳/۶ میلی‌متر، درجهٔ کرویت ۰/۴۳۵ و وزن ۰/۲۶ گرم نسبت به رقم سازندگی میانگین بیشتری را بخود اختصاص داد.

۲- نتایج نشان داد که بین ارقام تفاوت بسیار معنی‌داری از نظر چگالی ظاهری و تخلخل وجود داشت، لیکن اثر نوع رقم بر چگالی حقیقی معنی‌دار نشد. چگالی حقیقی رقم‌های سرخه و سازندگی به ترتیب ابر با ۰/۵۹۸ و ۰/۵۷۶ گرم بر سانتیمتر مکعب و تخلخل این دو رقم به ترتیب برابر با ۴۷/۴ و ۴۸/۸ درصد بدست آمدند. رطوبت نیز تأثیر بسیار معنی‌داری بر سه عامل مذکور داشت.

۳- نتایج تجزیه واریانس ضریب اصطکاک استاتیکی نشان داد که تفاوت بسیار معنی‌داری بین سطوح مورد آزمایش، ارقام و سطوح رطوبت وجود داشت. سطوح بتن و شیشه با مقادیر ۰/۴۳۲ و ۰/۰۸۲ به ترتیب بیشترین و کمترین ضریب اصطکاکی را دارا

بودند. در میان ارقام نیز رقم سرخه ضریب اصطکاکی بیشتری (۰/۳) را بخود نسبت داد. هم‌چنین ضریب اصطکاک استاتکی با افزایش رطوبت از ۰/۲۶۲ به ۰/۳۱۰ افزایش یافت.

۴- رقم سرخه با زاویهٔ پایداری ۳۵/۵ درجه از دیدگاه تخلیه‌شدگی و ۲۹/۵ درجه از دیدگاه پرشدگی میانگین بیشتری را نسبت به رقم سازندگی به خود اختصاص داد. هم‌چنین مشابه ضریب اصطکاک استاتیکی، زاویهٔ پایداری نیز با افزایش رطوبت افزایش یافت.

۵- منابع:

۱- پورآذرنگ، ه. ۱۳۸۱. عملیات واحد در فرآوری محصولات کشاورزی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۵۸ صفحه.

۲- خدابنده، ن. ۱۳۶۹. زراعت غلات، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۴۸ صفحه.

3- Amin, M. N., Hossain, M. A. and Roy, K. C. 2003. Effects of moisture content on some physical properties of lentil seeds. Journal of Food Engineering, v(65): 83-87.

4- ASAE Standard. 2001. Moisture measurement- unground grain and seeds. American Society of Agricultural Engineering. PP: 567-568.

5- Correa, P. C., Schwanz da Silva, F., Jaren, C., Afonso Junior, P. C. and Arana, I. 2007. Physical and mechanical properties in rice processing. Journal of Food Engineering, v(79): 137-142.

6- Lewis, M. J. 1990. Physical Properties of Food and Food Processing System. 1st ed., Chichester, Ellis Horward, UK.

7- Masoumi, A. A. and Tabil, L. 2003. Physical properties of chickpea (c. arietinum) cultivars. ASAE Meeting Paper. No. 036058.

8- Mohsenin, N. N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials, 2nd ed., Gordon and Breach Science Publishers, New York.

9- Paksoy, M. and Aydin, C. 2004. Some physical properties of edible squash seeds. Journal of Food Engineering, v(65): 225-231.

10- Stroshine, R. and Hamann, D. 1998. Physical Properties of Agricultural Materials and Food Products, Department of Agricultural and Biological Engineering. purdue University.1st ed., West Lafagette, IN.

Effect of moisture content on some physical characteristics of two common paddy varieties in Isfahan

H. Ashtiani Araghi, M. Sadeghi, A. Hemmat

Abstract

In this study some physical properties of common rough rice varieties in Isfahan were determined. The effect of variety (*Sorkheh* and *Sazandegi*) and moisture content (12, 14 and 16% wet basis) as the main parameters on the desired properties were studied using a completely randomized design with factorial layout. Physical properties consisted of dimensions (major, intermediate and minor diameters, geometric mean diameter (GMD) and sphericity), weight, bulk and true densities, porosity, static coefficient of friction (over the surfaces of glass, wood, galvanized and concrete) and angle of repose. Results showed that *Sazandegi* with 8.68 mm length and *Sorkheh* with 8.27 mm length were placed in long and medium grains, respectively. Except for the true density, the effect of variety on dimensions, weight, bulk density, porosity, static coefficient of friction and angle of repose was significant at 0.1% probability level. Bulk density for *Sazandegi* and *Sorkheh* were 0.576 and 0.598 g/cm^3 and the calculated porosity were 49 and 47%, respectively. Moisture content had a significant effect on minor diameter, GMD, weight, bulk and true densities, porosity, static coefficient of friction and angle of repose. The GMD, sphericity, true density and angle of repose increased from 3.47 to 3.54 mm, 41 to 42%, 1.1 to 1.52 g/cm^3 and 32.6 to 34.6 and bulk density decreased from 0.594 to 0.587 g/cm^3 as moisture content increased from 12 to 16% wet basis. The concrete and glass surfaces had the maximum (0.432) and the minimum (0.082) static coefficient of friction, respectively.

Keywords: Rough rice variety, Moisture, Dimensions, Density, Coefficient of friction, Angle of repose