ششمین همایش ملی
فناوری‌های نوین در کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران
The 6th National Conference on
the New Horizons in the Agricultural, Natural Resources and Environment
www.ntconf.ir

بررسی اثر رطوبت و سطح تماس بر روی خواص اصطکاکی شلتوک، برنج قهوه ای و برنج سفید

محدثه رهنمائی باش محله[۱]، محمد حسین عباسپور فرد[۲]، رسول خدابخشیان کارگر[۳]

۱- دانشجو ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه مشهد Email: mohadeserahnamaei@gmail.com

۲- استاد گروه بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد Email: abaspour@um.ac.ir

۳- استاد گروه بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد Email: khodabakhshian@um.ac.ir

چکیده

یکی از موارد مهم برای محصولات غله‌ای در طی مراحل برداشت، انتقال و انبارداری، دانستن مقدار نیروهای اصطکاکی مابین محصول و نیز بین محصول و سطوح درگیر است. محصولات مختلف بر حسب خصوصیات فیزیکی آن‌ها بر سطح اجزای ماشین‌آلات و یا ساختار اجزای ذخیره‌سازی، نیروهای اصطکاکی وارد می‌کنند. در تحقیق حاضر، خواص فیزیکی دانه های شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید رقم فجر به عنوان تابعی از رطوبت در محدوده‌ی ۱۵٪ تا ۲۳٪ مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل، نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت تمامی خواص فیزیکی نیز افزایش می‌یابند. ضریب اصطکاک ایستایی برای شلتوک از همه بیشتر و برای برنج سفید از همه کمتر بوده است. ابعاد نمونه ها با افزایش رطوبت افزایش پیدا کرده و بیشترین طول مربوط به شلتوک در رطوبت ۲۳٪ برابر با ۱۰/۲۳به دست آمد. و کمترین ضخامت برای برنج سفید در رطوبت ۱۵٪ برابر ۱/۶۵ به دست آمد.

واژه‌های کلیدی

برنج، رطوبت ، خواص فیزیکی، خواص اصطکاکی.

۱. مقدمه

غلات مهم ترین محصولات غذایی در جهان هستند. در میان غلات، پس از گندم، برنج در وسیع ترین سطح کشت می شود. برنج به دلیل در نظر گرفتن مستقیم آن به عنوان غذای انسان یا غیرمستقیم به عنوان خوراک دام، به عنوان یکی از مهم ترین محصولات غذایی اصلی مغذی در جهان در بین غلات ارزش دارد.[4] خصوصیات فیزیکی محصولات کشاورزی از مهمترین پارامتر های مورد نیاز در طراحی سامانه های درجه بندی، حمل و نقل ، پردازش و بسته بندی هستند. خصوصیات فیزیکی، مکانیکی، الکتریکی ، حرارتی، روشنایی، صوتی و خواص شیمیایی از جمله خصوصیاتی می باشند که کاربرد های مفیدی در مهندسی دارند[5] میزان رطوبت موادکشاورزی و محصولات غذایی به میزان زیاد خواصی از قبیل چگالی، خصوصیات نیرو، تغییر شکل، رسانایی حرارتی، ظرفیت گرمایی، ضریب اصطکاک ومقاومت الکتریکی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. سه مفهوم مهم در بحث محتوای رطوبتی مواد و محصولات کشاورزی وجود دارد که شامل محتوای رطوبتی تعادلی، فعالیت آبی و پتانسیل آبی است. محتوای رطوبتی تعادلی به منظور توصیف رطوبت نهایی به کار می‌رود که در طی فرآیند خشک کردن حاصل می‌شود. از طرفی به علت این که سرعت تخریب محصولات غذایی در طی انبارسازی تحت تاثیر محتوای رطوبتی آن است باید از مفهوم فعالیت آبی استفاده کرد. پتانسیل آبی نیز در توصیف اثر کاهش رطوبت یا افزایش رطوبت در تغییر حجمی و رفتار نیرو- تغییر شکل سبزیجات و میوه ها ضروری است. [6] محصولات کشاورزی و مواد غذایی (شامل غلات ، بذرها و سبزی‌ها) در طی برداشت، حمل و نقل، فرآوری و ذخیره سازی ، تحت تاثیر نیروی اصطکاکی می باشند. دانستن مقادیر این نیروهای اصطکاکی در طراحی تجهیزات و فرآیند ها حائز اهمیت است. به عنوان مثال اصطکاک بین سطح جامد و تسمه نقاله، تعیین کننده حداکثر زاویه ای است که نوار نقاله حین انتقال مواد جامد می تواند داشته باشد و یا نیرو هایی که ذرات بر دیواره های سیلو ها و دیگر ساختار های ذخیره سازی تحت استاتیکی و شبه استاتیکی اعمال می کنند، نیز به اصطکاک ذرات با سطح جامد و اصطکاک داخلی (اصطکاک ذرات با یکدیگر) بستگی دارد.[7] در یک تحقیق جهت بررسی زاویه اصطکاک خارجی دو رقم برنج سرخه و سازندگی در سطح رطوبتی ۱۰ درصد با استفاده از سطح شیب قابل تنظیم از جنس آهن گالوانیزه بررسی کردند و میانگین آن را به ترتیب ۳۷/۶۶ و ۳۵/۸۳ درجه تعیین کردند.[1] در یک تحقیق برخی خواص فیزیکی بذر دو رقم چغندرقند (شیرین وگدوک (۴۳۶)) در چهار سطح رطوبتی (۸/۴، ۹/۸، ۱۱/۹ و ۱۴درصد) و سطح تماس(لاستیک، تخته سه لایه، فولاد گالوانیزه و آلومینیوم) را مورد بررسی قرار دادند. این خواص عبارت از: طول، عرض، ضخامت، میانگین‌های حسابی و هندسی ابعاد، ضریب کرویت، وزن هزار دانه، زاویه انباشتگی، سرعت حد، چگالی واقعی، چگالی ظاهری، تخلخل و ضریب اصطکاک ایستایی بودند نتایج ارائه شده نشان داد. طول، عرض و ضخامت با افزایش رطوبت افزایش یافتند و چگالی واقعی، چگالی ظاهری و تخلخل با افزایش رطوبت، به صورت خطی کاهش یافتند ضریب اصطکاک بذر هر دو رقم، با افزایش رطوبت افزایش یافت بیش‌ترین ضریب اصطکاک برای بذر هر دو رقم بر روی سطح لاستیکی و کم‌ترین آن بر روی سطح فولاد گالوانیزه به دست آمد.[8] در یک تحقیق خواص فیزیکی و اصطکاکی شلتوک و برنج سفید رقم ژاپنیکا به دو صورت شلتوک (قهوه‌ای) و برنج سفید شده در محدود رطوبت ۱۰تا ۱۸ درصد مورد بررسی قرار دادند نتایج ارائه شده نشان داد که خصوصیات فیزیکی هر دو نوع شلتوک و برنج سفید تحت تاثیر میزان رطوبت است و با افزایش رطوبت افزایش می‌یابد به جز دانسیته توده‌ای که روندی کاهشی نشان دارد اصطکاک استاتیکی از ۳/۹۶ تا ۴/۶۶ و ۲/۹۸ تا ۵/۰۹ با افزایش رطوبت افزایش می‌یابد. مقادیر مربوط به شلتوک (به علت حضور سبوس) بیشتر از برنج سفید بود.[2]

۲- مواد و روش ها

۲ -۱ تهیه نمونه

به منظور انجام آزمایش در این تحقیق سه نمونه ۴۰۰ گرمی از برنج فجردر زمستان ۱۴۰۱ از شمال کشور تهیه و به آمایشگاه خواص فیزیکی گروه مهندسی ماشین های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شد.

۲-۲ آماده‌سازی

در ابتدا نمونه ها به صورت دستی تمیز شدند تا سنگ، کاه و کثیفی نداشته باشند و سپس الک شده تا هسته‌های شکسته و آسیب دیده از بین بروند. سپس به منظور تعیین رطوبت دانه های شلتوک، برنج قهوه ای و برنج سفید از روش آون گذاری به مدت ۲۴ ساعت با دمای ۱۰۵±۱درجه استفاده شد. سپس جهت آزمایش در رطوبت بالاتر مقداری آب مقطر به نمونه اسپری کردیم و به مدت یک هفته در یخچال در دمای ۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند تا به طور یکنواخت رطوبت در نمونه ها توزیع شود. به منظور تعیین مقدار آب مورد نیاز از رابطه‌ی (۱) محاسبه استفاده شد

$$Q = \frac{W_i(M_f - M_i)}{100 - M_f} \qquad (۱)$$

در رابطه‌ی (۱)، M_i: رطوبت اولیه (درصد)، M_f : رطوبت نهایی (درصد)، W_i : جرم اولیه نمونه به کیلوگرم و Q : جرم آب اضافه شده به کیلوگرم است.

۳.اندازه گیری خواص فیزیکی

۱. اندازه گیری و بررسی خواص هندسی شامل ابعاد (طول، عرض و ضخامت)، قطر متوسط هندسی، قطر متوسط حسابی
۲. اندازه گیری و بررسی خواص ثقلی، شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید
۳. اندازه گیری و بررسی خواص اصطکاکی شامل ضریب اصطکاک ایستایی

۳-۱ اندازه گیری خواص هندسی

اندازه گیری ابعاد نمونه با بررسی ابعاد سه محور اصلی هر شلتوک، برنج قهوه ای و برنج سفید انجام شد. برای این منظور، مقدار ۱۰۰ نمونه از هر دسته به صورت تصادفی انتخاب و سه ابعاد خطی یعنی بیشترین طول، عرض و ضخامت مربوط به هرنوع توسط تصویر برداری و با استفاده از نرم افزار برنامه نویسی اندازه گیری شد.
قطر متوسط هندسی (Dg) و قطر متوسط حسابی (Da) در سطوح متفاوت رطوبتی و رقم مورد مطالعه به ترتیب توسط روابط (۲)، (۳) محاسبه شد:

$$D_g = (LWT)^{1/3} \qquad (۲)$$

$$Da = \left(\frac{L+W+T}{3}\right) \qquad (۳)$$

در این روابط:

L، W، T: به ترتیب طول، عرض و ضخامت نمونه به میلی‌متر

۳-۲. اندازه گیری خواص ثقلی

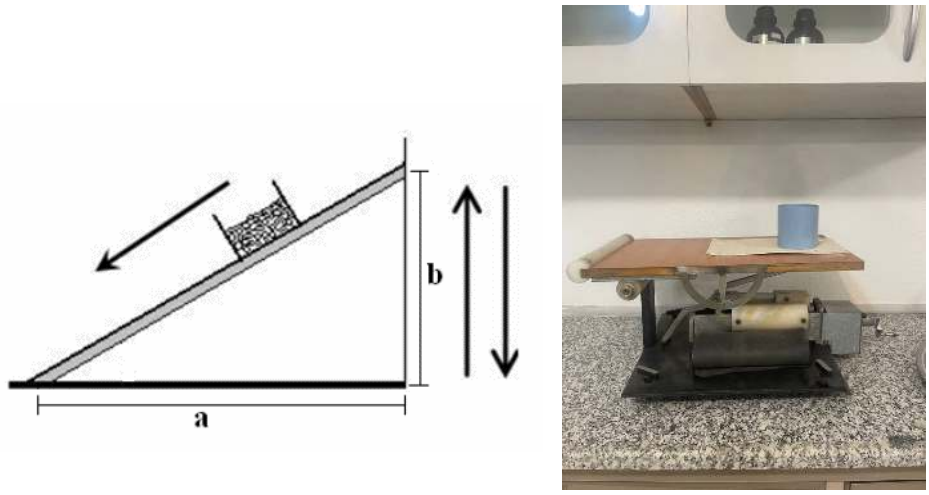
به منظور اندازه گیری وزن هزار دانه در هر سطح رطوبتی و رقم، وزن ۱۰۰ نمونه در ۱۰ تکرار توسط ترازوی الکترونیکی با دقت ±۰/۰۱ گرم محاسبه شد و ده برابر مقدار بدست آمده به عنوان وزن هزار دانه نمونه ها گزارش شده. این روش توسط محققان دیگر نیز استفاده شده است[10,9]

۴. اندازه گیری خواص اصطکاکی

۴-۱. ضریب اصطکاکی ایستایی

ضریب اصطکاک استاتیکی (μ) در هر دسته برای محدوده رطوبتی و رقم مورد نظر، بر روی ورق استیل ، پلی اتیلن ، برزنتی و پارچه نمدی ، اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین این ضریب، از یک سیلندر استوانه شکل استفاده شد. سیلندر روی سطحی با جنس مشخص که شیب آن توسط یک پیچ تنظیم می‌شود قرار گرفت. سپس دانه‌ها شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید در داخل آن ریخته شده و سیلندر به آرامی بالا آورده شد، به طوری‌که با سطح شیبدار تماس نداشته و فقط نمونه ها با سطح شیبدار تماس پیدا کنند. آن‌گاه شیب سطح شیبدار به تدریج افزایش داده شد تا جایی که سیلندر حاوی نمونه ها شروع به سرخوردن کند. در این لحظه، زاویه سطح شیبدار خوانده شد [12,11] در نهایت، ضریب اصطکاک استاتیکی از رابطه‌ی (۴) تعیین شد. [13]

$$\mu = (arctan\frac{b}{a}) \quad (۴)$$



شکل۱. دستگاه اندازه گیری ضریب اصطکاک ایستایی

۵.محاسبات آماری

داده‌ها پس از جمع‌آوری، مرتب می شوند و با آزمون نرمالیته تست شدند. سپس تبدیل داده بر روی داده‌های غیرنرمال انجام شد. داده‌ها پس از این‌که نرمال شدند، با استفاده از نرم‌افزار Minitab در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه‌ی کامل تصادفی، تجزیه و تحلیل شده و فرآیند داده‌ها توسط نرم‌افزار Excel ثبت شد.

۶. خواص هندسی

۶-۱. خواص ابعادی

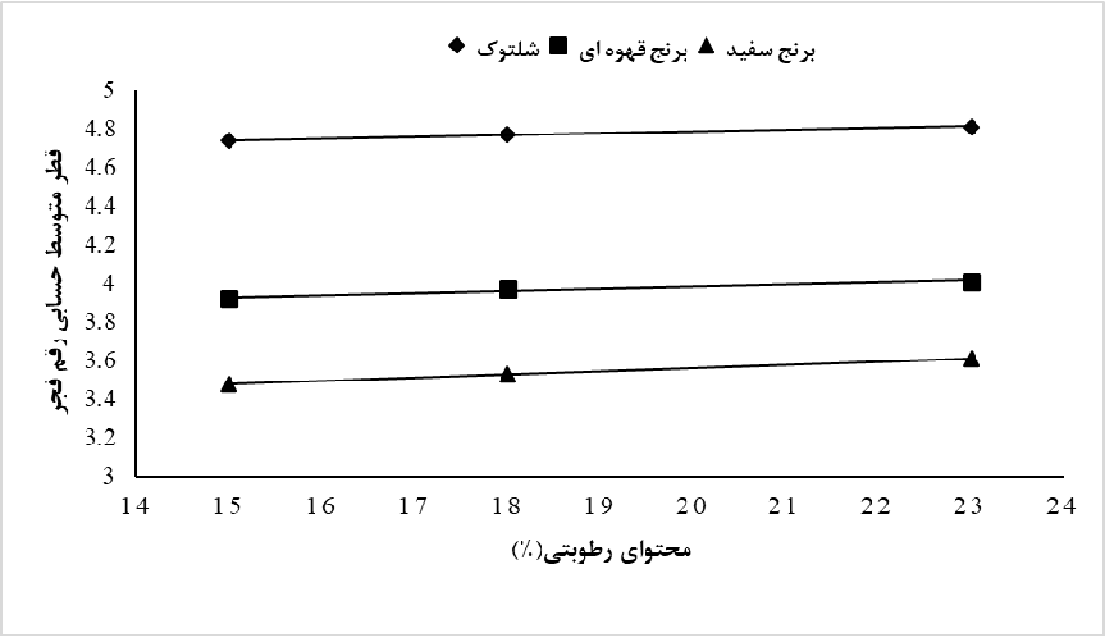
خصوصیات ابعادی حاصل از اندازه گیری ۱۰۰ نمونه از شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید به همراه انحراف معیار داده ها برای رقم فجر در جدول۱ نشان داده شده است از این جدول پیداست که با افزایش رطوبت از ۱۵٪ تا ۲۳ ٪ خصوصیات ابعادی شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید شامل طول، عرض و ضخامت برای هر نوع افزایش داشته است بنابراین به هنگام جذب رطوبت در مراحل فرآوری برنج باعث افزایش در طول، عرض و ضخامت برنج می‌شود از طرف دیگر تغییرات طول، عرض و ضخامت دانه های برنج با پارامترهای مختلف نظیر رطوبت، اندازه و رقم در طراحی ماشین های پوست کن مهم هستند چون نیروی ضربه ای که ماشین پوست کن ایجاد می‌کند و باعث شکستن پوست دانه می‌شود تا حد زیادی به اندازه دانه ها بستگی دارد. این ابعاد در تعیین اندازه دیافراگم ماشین ها، به ویژه برای جداسازی مواد مختلف که توسط محسنین [14] بحث شده است، مهم هستند دش و همکاران[15] نتایج مشابهی را برای سویا گزارش کردند. نتایج ارزیابی خصوصیات ابعادی دانه ها نشان داد که بیشترین و کمترین درصد افزایش در اثر افزایش رطوبت به ترتیب مربوط به طول و ضخامت می‌باشد. دارفور و همکاران [16] نتایجی مشابهی را برای نخود سبز گزارش کردند. نتایج ارزیابی خصوصیات ابعادی دانه های نخود سبز نشان داد که کاهش رطوبت باعث کاهش ابعاد دانه های نخودسبز می‌شود. بیشترین و کمترین درصد افزایش در نخود سبز در طول و ضخامت بوده است.

جدول۱. تغییرات ابعادی محوری دانه شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید با رطوبت و واریته (± انحراف معیار)

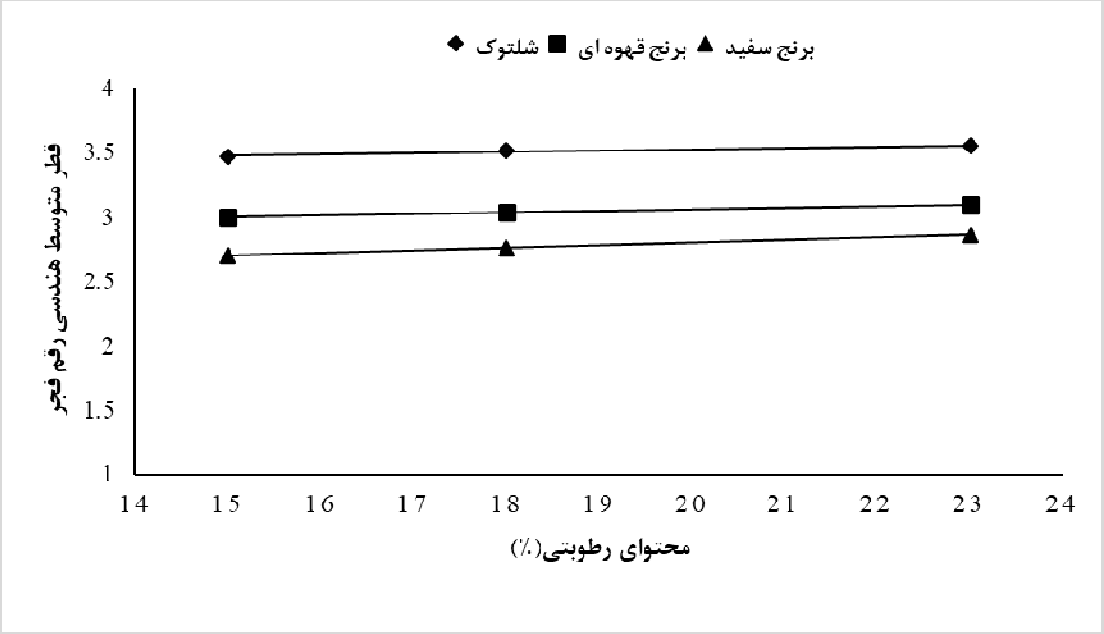
ابعاد	نوع	محتوای رطوبت		
		٪۱۵	٪۱۸	٪۲۳
شلتوک	طول	۱۰/۱۵ (./۲۶)	۱۰/۱۹ (./۴۷)	۱۰/۲۳ (./۶۶)
	عرض	۲/۱۳ (./۲۱)	۲/۱۹ (./۳۱)	۲/۲۴ (./۱۵)
	ضخامت	۱/۹۴	۱/۹۴	۱/۹۶
برنج قهوه ای	طول	۸/۱۱ (./۵۱)	۸/۱۸ (./۲۱)	۸/۲۳ (./۳۵)
	عرض	۱/۹۱ (./۱۱)	۱/۹۷ (./۱۲)	۲/۰۲ (./۱۵)
	ضخامت	۱/۷۶	۱/۷۶	۱/۷۸
برنج سفید	طول	۷/۱۲ (./۲۱)	۷/۱۶ (./۱۵)	۷/۲۳ (./۱۲)
	عرض	۱/۶۹ (./۳۶)	۱/۷۸ (./۲۸)	۱/۹۳ (./۵۷)
	ضخامت	۱/۶۵	۱/۶۶	۱/۶۹

۶-۲. قطر متوسط هندسی و حسابی

تغییرات قطر متوسط هندسی و حسابی دانه های شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید مورد مطالعه با رطوبت در شکل ۲و ۳ نشان داده شده است. نتایج حاصله از آنها، افزایش خطی مقادیر قطری شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید در هر واریته را با افزایش رطوبت نشان می‌دهند. در بین واریته های مورد مطالعه، مقادیر حداکثر و حداقل قطر هندسی به ترتیب برای شلتوک ۳/۴۷ و ۳/۶۴ میلی متر نتیجه شد. کمترین و بیشتر قطر هندسی برای برنج قهوه‌ای ۳ و ۳۹/ ۳ و حداکثر و حداقل برای برنج سفید ۲/۷ و ۳۱/ ۳ نتیجه شد. براساس داده های به دست آمده بیشترین مقادیر در بین شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید برای رسقم دم سیاه و کمترین برای رقم فجر مشاهده شد. در بررسی قطر متوسط حسابی با رطوبت حداکثر و حداقل این پارامتر برای شلتوک برای رقم دم سیاه ۴/۷ و ۴/۸۵ و برای رقم فجر ۴/۷۴ و ۴/۸۱ به دست آمد. در تحقیقات انجام شده توسط توکلی و همکاران [17]، مقدار قطر متوسط حسابی برای جو در رطوبت های مختلف مقادیر ۴/۹۳، ۵/۱۵ و ۵/۳۴ گزارش کردند. علیزاده[3] برای برنج قهوه‌ای و برنج سفید قطر هندسی رو گزارش کرد و ۳ میلی متر در رقم علی کاظمی و کمترین قطر هندسی ۲/۷۹ برای رقم طارم به دست آورد.



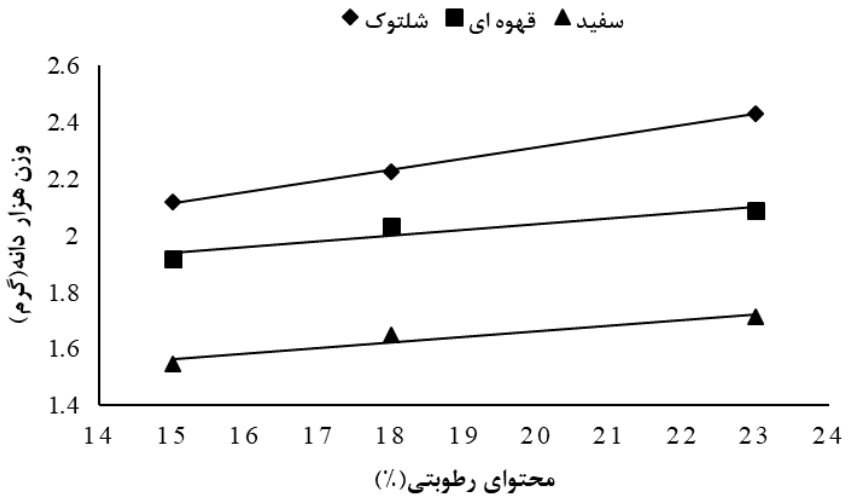
شکل۱. اثر رطوبت بر قطر متوسط حسابی دانه شلتوک، برنج قهوه ای و سفید واریته فجر



شکل۳. اثر رطوبت بر قطر هندسی دانه شلتوک، برنج قهوه ای و سفید واریته فجر

۷. خواص ثقلی

تغییرات وزن هزار دانه نمونه های برنج مورد مطالعه فجر ، در محدوده رطوبتی ۱۵ تا ۲۳ درصد در شکل ۴ آمده است. با توجه به شکل ۵ مقادیر حداقلی و حداکثری وزن هزار دانه به ترتیب برای برنج سفید فجر(۱/۵۴ گرم) و شلتوک فجر (۲/۴۴ گرم) بدست آمد. به طور کلی دامنه تغییرات وزن هزار دانه شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید به ترتیب از ۱/۵۴- ۱,۶۴- ۱,۷۱، ۱/۹۱-۲/۰۳- ۲/۰۸، ۲/۱۱- ۲/۲۲ و ۲/۴۳ به دست آمد. مطالعات نشان از نزدیک بودن وزن هزار دانه ارزن(۱/۷۰ تا ۲/۱۶ گرم در محدوده رطوبتی ۶/۵ تا ۲۶/۵ بر پایه خشک)، دانه کوشیا ۱/۰۲ تا ۱/۵۲ در محدود رطوبتی ۸ تا ۲۰ بر پایه خشک، بذرکوئینا (۲/۵ تا ۳/۱ گرم در محدوده رطوبتی ۴/۶ تا ۲۵/۸ بر پایه خشک مطابق شکل همانگونه که انتظار می‌رفت وزن هزار دانه نمونه های برنج با افزایش رطوبت به صورت خطی افزایش یافته اند.



شکل۴. اثر رطوبت بر وزن هزار دانه شلتوک، برنج قهوه ای و سفید واریته فجر

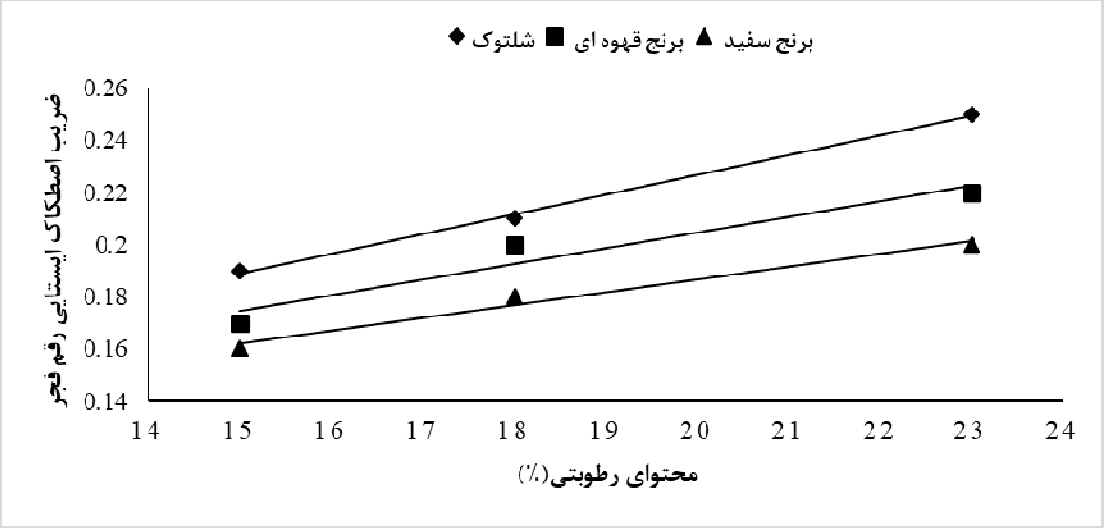
۸. خواص اصطکاکی

۸-۱. اصطکاک ایستایی

روند تغییرات ضرایب اصطکاک دانه های برنج مورد مطالعه روی برزنت، ، استیل و پلی اتیلن برای محدود رطوبتی بین ۱۵٪ تا ۲۳٪ در هر نوع در اشکال نشان داده شده اند.

۸-۱-۱ استیل

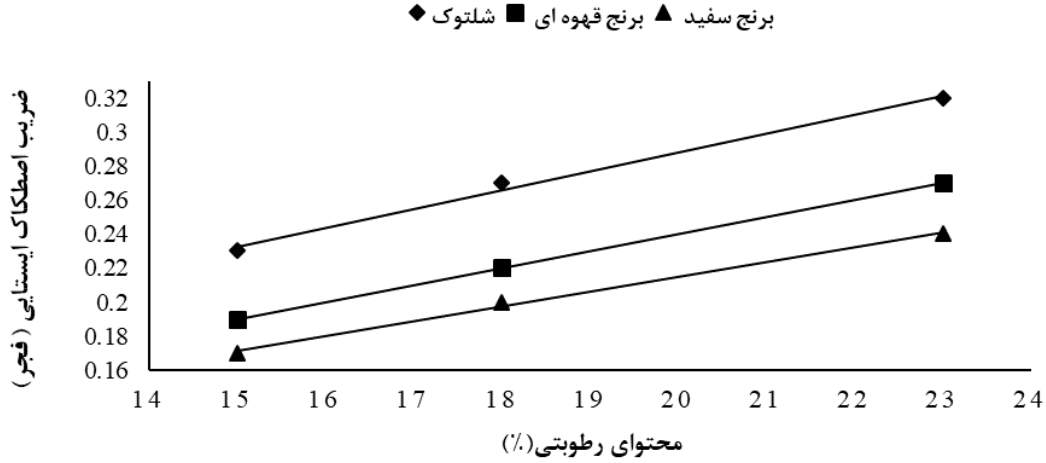
تغییرات ضرایب اصطکاک استاتیکی شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید مورد مطالعه با تغییرات رطوبت روی سطح استیل در شکل ۵ آورده شده است .با توجه به شکل ۵ ضریب اصطکاک استاتیکی شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید روی سطح استیل با افزایش رطوبت افزایش خطی داشت. بیشترین مقدار ضریب اصطکاک را شلتوک و کمترین ضریب اصطکاک برنج سفید را به خود اختصاص داده است. داده های حداقل و حداکثر ضریب اصطکاک شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید به ترتیب ۱۹/. ، ۲۱/. و ۲۵/. به دست آمد که نشان می‌دهد رطوبت بیشترین تاثیر را بر شلتوک و کمترین تاثیر بر برنج سفید می‌گذارد.



شکل۵. اثر رطوبت و رقم برضریب اصطکاک استاتیکی برنج واریته فجر بر روی سطح استیل

۸-۱-۲. پلی اتیلن

تغییرات ضرایب اصطکاک استاتیکی شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید مورد مطالعه با تغییرات رطوبت روی سطح پلی اتیلن در شکل ۶ آورده شده است با توجه به شکل۶ ضریب اصطکاک استاتیکی شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید روی سطح استیل با افزایش رطوبت افزایش خطی داشت. بیشترین مقدار ضریب اصطکاک را شلتوک و کمترین ضریب اصطکاک برنج سفید را به خود اختصاص داده است.داده های حداقل و حداکثر ضریب اصطکاک شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید به ترتیب برابر۲۳/.، ۲۷/. و ۳۲/. ببه دست آمد که نشان می‌دهد رطوبت بیشترین تاثیر را بر شلتوک و کمترین تاثیر بر برنج سفید می‌گذارد.



شکل۶. اثر رطوبت و رقم برضریب اصطکاک استاتیکی برنج واریته فجر بر روی سطح پلی اتیلن

۹.نتیجه گیری

در این پژوهش خواص فیزیکی و خواص اصطکاکی شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید رقم فجر در محدود رطوبتی ۱۵٪ تا ۲۳٪ مورد مطالعه قرارگرفته.و نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تمام خواص فیزیکی دانه های شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند تابعی از رطوبت هستند.در محدود رطوبتی مورد آزمایش شلتوک،برنج قهوه‌ای و برنج سفید ، میانگین حسابی و میانگین هندسی ،ابعاد ،وزن هزار دانه و ضریب اصطکاک با افزایش رطوبت افزایش یافتند بیشترین ضریب اصطکاک برروی سطح پلی اتیلن و دررطوبت ۲۳٪ برای شلتوک برابر با ۳۲/. محاسبه شد. ضرایب اصطکاک محصولات کشاورزی و غلات به سطوح تماس وابسته است.در رطوبت بالاتر، سطح خارجی شلتوک زبرتر شده. اگرچه بنظر می‌رسد بروز این پدیده جذب بیشتر رطوبت توسط نمونه کشت شده را به همراه داشته و باعث افزایش سرعت و قابلیت جوانه زنی آن ها شود ولی به طور کلی از نظر نکات مربوط به طراحی و ساخت تجهیزات فرآوری و نیز مخزن در ماشین های کاشت، افزایش ضریب اصطکاک پدیده ای مفید محسوب نمی‌شود.

منابع

[۱] زمانی، ق.، علیزاده، م.، (۱۳۸۶) ،خصوصیات و فرآوری ارقام مختلف برنج ایران، انتشارات پلک، ۲۰۸ صفحه.

[۲] محمدزاده میلانی جعفر، موحد سارا، قنبری علمداری رضا، ملکی گیسو. تاثیر محتوای رطوبت بر خواص فیزیکی شلتوک و برنج رقم ژاپنیکا(۱۳۹۲).

[3] علیزاده محمدرضا. بررسی تاثیر رقم و نوع محصول (اصلی و رتون) بر برخی خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و تبدیل شلتوک به برنج سفید.

[4]Orojloo, M., & Orojloo, M. ALKHAS; The Journal of Environment, Agriculture and Biological Sciences

[5] Sahu, F. M., Suthar, S. H., Sharma, V. K., & Shrivastava, A. (2022). Moisture dependent physical properties of Mahua seed (Madhuca longifolia).

[6] Amin, M, N, Hossain, M.A. and Roy, K.C2004) .). Effects of moisture content on some physical properties of Lentil seeds.journal of Food Engineering.65:83-87

[7] physical and mechanical properties of two varieties of African star apple (Chrysophyllum albidum) seeds relevant in engineering design. Scientific African, 8, e00303.

[8] Ghanbarian, D., & Salek, F. (2014). Effect of moisture content on some physical properties of sugar beet seed. Journal of Sugar Beet, 30(1), 43-49.

[9] Nel, A. A. (2001). Determination of sunflower seed quality for processing. Ph. D. Thesis. Dept. of plant production and soil sciences, 40-56.

[10] Perez, E. E., Crapiste, G. H., & Carelli, A. A. (2007). Some physical and morphological properties of wild sunflower seeds. Biosystems engineering, 96(1), 41-45.

[11] Gupta, R. K., & Das, S. K. (1997). Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultural Engineering Research, 66(1), 1-8.

[12] Razavi, S. M., Rafe, A., Moghaddam, T. M., & Amini, A. M. (2007). 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(1), 218-225.

[13] Jha, S. N (1999). Physical and hygroseopic properties of Makhana.J. Agric Engng Res.72: 145-150

[14] Mohsenin, N.N. . Physical Properties of Plant and Animal Materials. nd Revised and Updated Edition. Gordon and Breach Science Publishers. New york.

[15] Deshpande, S.D., Bal, S., and Ojha, T.P.Physical properties of soybean. Journal of Food Engineering Research

[16] Darfour, B., Ayeh, E. A., Odoi, K. M., & Mills, S. W. N. O. (2022). Physical characteristics of maize grain as influenced by varietal and moisture differences. International Journal of Food Properties, 25(1), 1351-1364.

[17]Tavakoli, M., Tavakoli, H., Rajabipour, A., Ahmadi, H., & Gharib-Zahedi, S. M. T. (2010). Moisture-dependent physical properties of barley grains. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2(4), 84-91.