تأثیر محتوای رطوبت بر خواص فیزیکی شلتوک و برنج رقم ژاپنیکا

جعفر محمدزاده میلانی[1*]، سارا موحد[2]، رضا قنبری علمداری[3]، گیسو ملکی[4]

[1] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
[2] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا، ، ورامین
[3] دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا، ورامین
[4] دانشجوی دکتری تخصصی رشته علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

تاریخ دریافت:1392/5/8 تاریخ پذیرش: 1392/12/12

چکیده

این مقاله به بررسی برخی از خواص فیزیکی شلتوک و برنج رقم ژاپنیکا که بصورت گسترده در استان مازندران ایران کشت می شود به دو صورت شلتوک (قهوه ای) و برنج سفید شده، می پردازد. خواص فیزیکی برای هر دونوع شلتوک و برنج سفید در محدوده رطوبت 10 تا 18% مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان می دهندکه خصوصیات فیزیکی هر دو نوع شلتوک و برنج سفید تحت تأثیر میزان رطوبت می باشند. مقادیر بدست آمده به ترتیب مربوط به خصوصیات فیزیکی شلتوک و برنج سفید به ترتیب به صورت زیر می باشد. وزن هزار دانه در محدوده 6/69 تا7/11 و 4/56 تا5/02 گرم، طول دانه 3/33 تا3/49 و 2/72 تا2/95 میلی متر، عرض دانه 2/15تا2/36 و 1/85تا2/08 میلی متر، ضخامت 4/05تا4/32 و 3/04 تا3/35 میلی متر، میانگین حسابی از 4/05تا4/32 و 3/04 تا 3/35، میانگین هندسی از 3/62 تا3/87 و 2/83 تا3/13 ، کرویت دانه 54/11% تا54/43% و62/60% تا 62/35% ، حجم دانه 5/85 تا6/68 و3/54 تا4/30 میلی متر مکعب ، مساحت سطح 35/11 تا40/10 و 21/25 تا25/81 میلی متر مربع، دانسیته واقعی 1103/05 تا1203/17 و 1360/44تا1444/05 کیلوگرم بر متر مکعب، تخلخل 44 تا51% و 34 تا41%، زاویه ریپوز بطور خطی از 22/61 تا27/68 درجه و 16/15تا20/29 درجه، اصطکاک استاتیکی از3/96 تا4/66 و2/98تا5/09 با افزایش رطوبت افزایش یافتند. دانسیته توده از 614/33 و885/00 به 588/33 و 850/66 کیلوگرم بر متر مکعب (به ترتیب برای شلتوک و برنج سفید) کاهش یافت. تمام پارامترهای مورد آزمایش به استثنای دانسیته توده ای که روندی کاهشی نشان داد با افزایش رطوبت افزایش یافتند. در تمام موارد به استثنای دانسیته توده ای مقادیر مربوط به شلتوک (به علت حضور سبوس) بیشتر از برنج سفید بودند.

واژه های کلیدی: برنج، خصوصیات فیزیکی، دانسیته، زاویه ریپوز، شلتوک، ضریب اصطکاک

* مسوول مکاتبات: jmilany@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

1- مقدمه

برنج (*Oryza sativa L.*) بعد از گندم مهمترین غله مورد مصرف در جهان است. عمده ترین کشورهای تولید کننده برنج در جهان چین، هند، اندونزی، بنگلادش و ویتنام هستند. تولید جهانی برنج در سال 2007، 422 میلیون تن بود. 2،100،000 تن از این مقدار به ایران اختصاص داشت (8). ارزش تجاری برنج به عنوان یک محصول کشاورزی به کیفیت فیزیکی آن بعد از فرایند بستگی دارد. درصد برنج کامل مهم ترین فاکتور در صنعت فرایند برنج است (14).

خواص مهندسی محصول های کشاورزی در طراحی ماشین ها و تجهیزات ذخیره آنها بسیار حائز اهمیت می باشند. دانسیته توده، دانسیته واقعی، تخلخل و ضریب اصطکاک استاتیکی در طراحی سیلوها و نقاله ها مورد توجه هستند (10). جهت طراحی تجهیزات کاشت، برداشت، انتقال، ذخیره و فرایند برنج، دانستن خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آن تابعی از محتوای رطوبت بسیار مهم می باشد. در مورد برنج مانند دیگر محصول ها مشاهده شده است که افزایش میزان رطوبت باعث افزایش فشار چشمگیری به دیواره های سیلو می شود. از آنجائیکه افزایش فشار به دیواره های ضخیم تری احتیاج دارند، هزینه ساخت سیلوها افزایش می یابد. همچنین جریان مواد در سیلو ها نیز با مشکل روبرو می شود. بوملر و همکاران (5) مطالعاتی بر روی خصوصیات فیزیکی دانه آفتابگردان انجام دادند. آنها دریافتند که این خصوصیات تحت تأثیر میزان رطوبت بوده و دانسیته واقعی و تخلخل با افزایش رطوبت افزایش یافته ولی مقدار دانسیته توده کاهش می یابد. قاسمی و همکاران (10) خصوصیات فیزیکی برنج رقم سرخه و رقم سازندگی را با یکدیگر مقایسه کردند. تأثیر رطوبت بر برخی خصوصیات فیزیکی جو نیز بررسی شد. نتایج نشان داد که تمام خصوصیات به رطوبت وابسته بودند به استثنای طول جو که در نتیجه روی کرویت دانه اثر گذاشته و باعث می شود که کرویت نیز رفتاری متفاوت در حضور رطوبت نشان دهد (21). محققین دیگری نیز درمورد خصوصیات محصول های کشاورزی مختلف مطالعاتی انجام داده اند (9، 12، 17).

هدف از انجام این تحقیق بررسی برخی خواص فیزیکی برنج رقم ژاپنیکا و مقایسه رفتار های شلتوک و برنج سفید تحت تأثیر رطوبت می باشد.

2- مواد و روش ها

2-1- مواد

آزمایش ها روی شلتوک (B) و برنج سفید (W) رقم ژاپنیکا انجام شدند. دانه های برنج از بازار محلی مازندران در تابستان سال 1390 خریداری شده و در دمای 20 درجه سانتیگراد (جهت جلوگیری از جوانه زدن) به آزمایشگاه منتقل شدند. بعد از جداسازی مواد خارجی نظیر گرد و غبار، کاه و کلش، سنگ و همچنین دانه های نارس و شکسته، رطوبت اولیه به عنوان مرجع با روش آون گذاری بدست آمد (3). جهت دست یابی به نمونه هایی با رطوبت بالاتر میزان مشخصی آب مقطر به دانه ها اضافه شده و دانه ها به مدت 7 روز در ظروف پلی اتیلنی در بسته در یخچال با دمای 5 درجه سانتیگراد نگهداری شدند تا رطوبت به طور یکنواخت در دانه ها توزیع شود. قبل از انجام آزمایش ها، نمونه ها از یخچال خارج شده تا به دمای اتاق برسند. خصوصیات فیزیکی دانه ها در پنج سطح رطوبت اندازه گیری شدند (10، 12، 14، 16، 18 درصد (خشک پایه)).

2-2- خصوصیات فیزیکی برنج

وزن هزاردانه با وزن کردن 100 دانه و ضرب کردن آن در 10 بدست آمد. طول (L)، عرض (W) و ضخامت (T) 100 دانه که به طور تصادفی جدا شده بودند توسط یک کولیس با دقت 0/01 میلیمتر اندازه گیری شده و میانگین حسابی (Da) و هندسی (Dg) قطر محاسبه شدند (15). ضریب کرویت (ϕ)، حجم دانه (V)، میزان سطح دانه (S) نیز طبق روش محسنین (15) و جین و بال (11) بدست آمدند. جهت تعیین دانسیته ظاهری (ρb) و دانسیته واقعی (ρt) روش سینگ و گوسوامی (20) مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین دانسیته توده یک استوانه مدرج تا حجم 100میلی لیتر پر از دانه کامل یا مغز آن شد. دانسیته توده برابر با وزن نمونه به حجم کل است قابل ذکر است که دانه ها به هیچ عنوان فشرده نشدند. حجم واقعی نمونه ها از روش جایگزینی مایع (تولوئن) تعیین شد. دانسیته واقعی نیز از تقسیم کردن واحد وزن هر نمونه به حجم واقعی آن به دست آمد.

تخلخل[1] (ε) پراسیتی فضایی است که توسط دانه اشغال نمی شود و طبق فرمول محسنین با استفاده از مقادیر دانسیته ظاهری و واقعی از فرمول زیر قابل محاسبه است:

[1] Porosity

Archive of SID

www.SID.ir

$$\in = \left[\frac{\rho t - \rho b}{\rho t}\right] \times 100 \quad \text{(معادله1)}$$

زاویه ریپوز (δ) و ظریب اصطکاک استاتیکی (μs) طبق روش بیهان و همکاران (6) محاسبه شدند. ضریب اصطکاک استاتیکی در مقابل 4 سطح چوب، بتن (C30)، آهن گالوانیزه و شیشه تعیین شد. که این جنس ها در فرایند دانه ها و ساخت سیلوهای نگهداری و خشک کن ها معمول می باشند. برای این اندازه گیری یک جعبه سر و ته باز با طول 15، عرض 10 و ارتفاع 4 سانتیمتر روی سطح شیبدار متحرک قرار گرفته و با نمونه پر شد. جعبه کمی (5-10 میلیمتر) بالا آورده شد تا با سطح تماس نداشته باشد. سطح شیبدار به آهستگی بالا آورده شد تا زمانیکه جعبه به سمت پایین حرکت در آید. میزان عمودی و افقی با خط کش اندازه گیری شده، سپس با استفاده از تانژانت زاویه ضریب اصطکاک مشخص شد:

$$\mu s = tan\ \alpha \quad \text{(معادله 2)}$$

3-2- آنالیز آماری

آزمایش ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شدند. آنالیز واریانس توسط برنامه SPSS10 انجام شده و سپس معادله خط و رگرسیون توسط برنامه Microsoft Excel 2007 بدست آمدند.

3- نتایج و بحث

3-1- ابعاد

جدول 1 ابعاد برنج را در رطوبت های 10- 18 درصد (خشک پایه) نشان می دهد. ابعاد برنج با افزایش رطوبت در شلتوک و برنج سفید افزایش می یابد. تفاوت در این مقادیر از نظر آماری معنی دار هستند (سطح یک درصد). این افزایش در سطوح بالاتر رطوبت قابل توجه تر می باشد. جذب آب باعث اتساع و تورم فضاهای بین سلولی درون دانه ها می شود (10). از آنجاییکه شلتوک به دلیل دارا بودن ساختار لایه ای فضای بین سلولی بیشتری دارد، این اثر درمورد آن قابل مشاهده تر است. نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعات قبلی تطابق دارد (7، 17).

تغییر در ابعاد دانه های برنج بر طراحی تجهیزات تمیز کردن و انتقال آنها مؤثر است. میانگین حسابی و هندسی قطر دانه ها با افزایش رطوبت افزایش می یابند. این نتایج نیز با یافته ها امین و همکاران (2) که در مورد تأثیر رطوبت بر خواص فیزیکی دانه های عدس تحقیق کرده اند همخوانی دارند.

رابطه های ابعاد دانه های برنج (L، W، T، Da و Da) در جدول 2 نشان داده شده است. این نتایج نشان می دهند که ارتباط مثبت بسیار مهمی بین محتوای رطوبتی و ابعاد دانه های برنج وجود دارد. نتایج مشابهی در مورد دیگر محصولات کشاورزی نظیر گندم (16) و دانه های ذرت (12) گزارش شده است.

3-2- حجم دانه

با توجه به جدول 1 افزایشی در حجم دانه با افزایش رطوبت به چشم می خورد که به علت انبساط حجمی حاصل از انبساط بیشتر ابعاد محوری رخ می دهد. افزایش حجم در شلتوک مشهودتر است زیرا همانطور که ذکر شد به دلیل حضور سبوس و ساختارلایه ای افزایش ابعاد برنج و در نتیجه حجم آن نسبت به برنج سفید بیشتر می باشد. نتایج مشابهی برای گلرنگ (6) و ذرت (12) گزارش شده است. معادلات رگرسیون حجم هردو نوع شلتوک و برنج سفید شده در جدول 3 نشان داده شده است.

3-3- کرویت

کرویت دانه های برنج با افزایش رطوبت در هر دو نوع شلتوک و برنج سفید افزایش می یابد (جدول 1). از آنجاییکه رقم ژاپنیکا ذاتاً کروی است، تغییر چندانی در کرویت آن به چشم نمی خورد. آلتانوس و همکاران (1) نتایج مشابهی در مورد دانه شنبلیله بیان کردند. معادلات رگرسیون کرویت هردو نوع شلتوک و برنج سفید در جدول 3 نشان داده شده است. این فاکتور در شلتوک کمتر می باشد که احتمالاً به دلیل حضور سبوس می باشد که منجر به کاهش کرویت می گردد.

3-4- میزان سطح دانه ها

میزان سطح دانه های برنج با افزایش رطوبت به صورت خطی (سطح یک درصد) افزایش می یابد (جدول 1). افزایش این فاکتور به وابستگی آن به سه بعد اصلی دانه برنج نسبت داده می شود. نتایج مشابهی در مورد شاهدانه (19)، دانه کدو (18) و لوبیای چشم بلبلی (23) به دست آمد. معادلات رگرسیون سطح هردو شلتوک و برنج سفید شده در جدول 3 نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 1- تغییرات شاخصهای فیزیکی در تیمارهای مختلف

تیمار	وزن هزاردانه (g)	طول mm	عرض mm	ضخامت mm	میانگین حسابی	میانگین هندسی	حجم دانه (mm^3)	کرویت	سطح	دانسیته توده (kg/m^3)	دانسیته واقعی (kg/m^3)	تخلخل	زاویه ریپوز (°)
B1	26/50^{b}	6/69^{b}	3/33^{b}	2/15^{c}	4/05^{b}	3/62^{b}	5/85^{c}	54/11^{f}	35/11^{c}	614/33^{c}	1103/05^{f}	44^{b}	22/61^{c}
B2	27/00^{b}	6/75^{b}	3/37^{b}	2/21^{b}	4/11^{b}	3/68^{b}	6/03^{b}	54/51^{e}	21/36^{b}	611/33^{c}	1120/52^{f}	45^{b}	24/06^{b}
B3	27/40^{b}	6/95^{a}	3/38^{b}	2/27^{b}	4/20^{b}	3/75^{b}	6/28^{b}	53/95^{e}	37/71^{b}	604/00^{c}	1154/30^{e}	47^{b}	24/72^{b}
B4	27/85^{a}	7/10^{a}	3/43^{a}	2/32^{a}	4/28^{a}	3/83^{a}	6/53^{a}	53/94^{d}	39/22^{a}	592/00^{d}	1169/00^{e}	49^{a}	25/69^{a}
B5	28/33^{a}	7/11^{a}	3/49^{a}	2/36^{a}	4/32^{a}	3/87^{a}	6/68^{a}	54/43^{d}	40/10^{a}	588/33^{d}	1203/17^{d}	51^{a}	27/68^{a}
W1	19/66^{e}	4/56^{d}	2/72^{d}	1/85^{e}	3/04^{d}	2/83^{d}	3/54^{e}	62/60^{b}	21/25^{f}	885/00^{a}	1360/44^{c}	34^{d}	16/15^{e}
W2	20/07^{d}	4/62^{d}	2/81^{c}	1/91^{d}	3/11^{d}	2/91^{d}	3/72^{e}	62/98^{a}	22/33^{e}	880/66^{a}	1370/44^{b}	35^{d}	17/69^{e}
W3	20/52^{d}	4/65^{d}	2/83^{c}	1/98^{d}	3/15^{d}	2/96^{d}	3/84^{e}	63/65^{a}	22/08^{e}	875/33^{a}	1397/44^{b}	37^{c}	19/18^{d}
W4	21/15^{c}	4/94^{c}	2/86^{c}	2/05^{d}	3/28^{c}	3/06^{c}	4/04^{d}	61/94^{c}	24/85^{d}	857/33^{b}	1412/93^{a}	39^{c}	19/81^{d}
W5	21/66^{c}	5/02^{c}	2/95^{c}	2/08^{c}	3/35^{c}	3/13^{c}	4/30^{d}	62/35^{b}	25/81^{d}	850/66^{b}	1444/05^{a}	41^{c}	20/29^{d}

B شلتوک با درصد رطوبت مختلف (B1: 10%، B2: 12%، B3: 14%، B4: 16%، B5: 18%)،W برنج سفید با درصد رطوبت مختلف (W1: 10%، W2: 12%، W3: 14%، W4: 16%، W5: 18%)

جدول 2- معادلات رگرسیون رابطه بین ابعاد برنج با محتوای رطوبتی شلتوک و برنج سفید شده

ابعاد	برنج	معادله	R^2
طول	B	0/199 + 7/277 Mc	0/94
	W	0/124 + 5/13 Mc	0/89
عرض	B	0/038 + 3/514 Mc	0/95
	W	0/051 + 2/987 Mc	0/94
ضخامت	B	0/053 + 2/241 Mc	0/98
	W	0/06 + 2/154 Mc	0/99
Da	B	0/071 + 4/405 Mc	0/99
	W	0/079 + 0/423 Mc	0/97
Dg	B	0/065 + 3/945 Mc	0/99
	W	0/075 + 3/203 Mc	0/99

B: شلتوک، W: برنج سفید، Da: میانگین حسابی، Dg: میانگین هندسی، Mc: محتوای رطوبت

3-5- دانسیته توده

دانسیته دانه ها و ذرات که حجم هوای بین خلل و فرج بین دانه ها را شامل می شود را دانسیته توده ای می نامند. اندازه گیری وزن محصول در قیف تغذیه نیازمند دانستن دانسیته توده ای می باشد. همانطور که در جدول 1 مشاهده می شود، داده های مربوط به دانسیته توده از روند مشخصی پیروی نمی کند ولی به طور کلی افزایش رطوبت منجر به افزایش دانسیته توده در هردو نوع شلتوک و برنج سفید شده می گردد.

دانسیته توده دانه کامل کمتر از مغز دانه می باشد که به دلیل این است که پوسته بزرگتر از مغز بوده که باعث کاهش وزن کل در واحد حجم می شود. دانسیته توده مغز در رطوبت پایین افزایش و در رطوبت بالاتر کاهش می یابد که ممکن است به دلیل ساختار سلولی و افزایش خصوصیات وزن و حجم دانه با افزایش رطوبت باشد. افزایش دانسیته توده با افزایش رطوبت به دلیل افزایش بیشتر وزن نسبت به حجم توده است. نتایج به دست آمده از این تحقیق با آنچه توسط کاشانی نژاد و همکاران (13) و سولومون و زِدو (22) گزارش شد همخوانی دارد.

Archive
www.SID.ir

معادلات رگرسیون دانسیته توده هردو نوع شلتوک و برنج سفید شده در جدول 4 نشان داده شده است.

جدول 3- معادلات رگرسیون رابطه بین حجم، کرویت و سطح برنج با محتوای رطوبتی شلتوک و برنج سفید شده

ابعاد	برنج	معادله	R^2
حجم	B	0/216 + 6/922 Mc	0/99
	W	0/184 + 4/444 Mc	0/98
کرویت	B	0/007 + 54/16 Mc	0/92
	W	0/154 + 63/16 Mc	0/94
سطح	B	1/299 + 33/77 Mc	0/99
	W	1/164 + 19/97 Mc	0/98

B: شلتوک، W: برنج سفید، Mc: محتوای رطوبت

3-6- دانسیته واقعی

دانسیته واقعی یعنی دانسیته هر ماده غذایی جامد بطور جداگانه بدون احتساب خلل و فرج بین ذرات. در مقادیر مربوط به دانسیته توده یک روند افزایشی با افزایش رطوبت به چشم می خورد (جدول 1). وجود رطوبت و افزایش آن باعث افزایش جرم در حجم ثابت می شود که در نهایت چگالی برنج را افزایش می دهد. در تمامی تیمارهای برنج سفید دانسیته واقعی از دانسیته واقعی شلتوک بالاتر است، بعلت اینکه تراکم در برنج سفید بیشتر از دانه کامل است چون دانه کامل برنج از چند لایه تشکیل شده است به همین علت دانسیته برنج سفید بیشتر از دانه کامل است که باعث می شود در اثر رطوبت بطور معنادار و و قابل توجهی بر جرم و دانسیته واقعی برنج افزوده می شود. نتایج مشابهی توسط محققین پیشین گزارش شده است (1، 9).

معادلات رگرسیون دانسیته واقعی هردو نوع شلتوک و برنج سفید شده در جدول 4 نشان داده شده است.

3-7- تخلخل

همانطور که در جدول 4 مشاهده می شود، در درصدهای پائین رطوبت اختلاف چندانی در افزایش درصد تخلخل وجود ندارد اما با افزایش رطوبت درصد تخلخل افزایش می یابد. در دو شلتوک و برنج سفید نیز اختلاف معناداری وجود دارد (سطح پنج درصد). این مورد به انبساط و متورم شدن دانه مربوط است و یا اینکه در نتیجه بیشتر شدن فضای خالی بین دانه ها و افزایش حجم توده باشد که همچنین بیانگر این مورد است که با افزایش رطوبت دانسیته توده ای کاهش می یابد.

معادلات رگرسیون تخلخل هردو نوع شلتوک و برنج سفید شده در جدول 4 نشان داده شده است.

جدول 4- معادلات رگرسیون رابطه بین دانسیته توده، دانسیته واقعی، تخلخل و زاویه ریپوز با محتوای رطوبتی شلتوک و برنج سفید

ابعاد	برنج	معادله	R^2
دانسیته توده	B	-7/133 + 580/6 Mc	0/96
	W	-9/201+ 842/19 Mc	0/94
دانسیته واقعی	B	24/872 + 1224/6 Mc	0/98
	W	20/971 + 1460 Mc	0/97
تخلخل	B	1/8 + 52/6 Mc	0/99
	W	1/8 + 42/6 Mc	0/99
زاویه ریپوز	B	1/177 + 24/483 Mc	0/97
	W	1/04 + 21/744 Mc	0/94

B: شلتوک، W: برنج سفید، Mc: محتوای رطوبت

3-8- زاویه ریپوز

زاویه ریپوز جهت تخمین مقدار ماده ای که درون مخازن دارای قاعده مسطح انباشته می شوند مورد استفاده قرار می گیرند. زاویه ریپوز در طراحی دهانه قیف های ورودی و خروجی، گوشه شیب دار دیوار سیلوهای نگهداری غلات و همچنین برای جابجایی توده غلات با ناودان یا نقاله اهمیت فوق العاده ای دارد.

جدول 1 نشان می دهد که با افزایش درصد رطوبت در تیمارهای مختلف زاویه ریپوز افزایش می یابد زیرا افزایش رطوبت باعث افزایش حالت پایداری و کاهش حالت جریان یافتگی در بین دانه ها می شود که این موضوع باعث افزایش چسبندگی و در نتیجه افزایش زاویه ریپوز می گردد. بین دو نوع شلتوک و برنج سفید شده اختلاف معنی داری وجود دارد (سطح پنج درصد). این اختلاف نیز به علت وجود سبوس و لایه ای بودن شلتوک می باشد که چسبندگی دانه ها را افزایش و جریان یافتگی آن ها را کاهش می دهد. معادلات رگرسیون مربوط به زاویه ریپوز

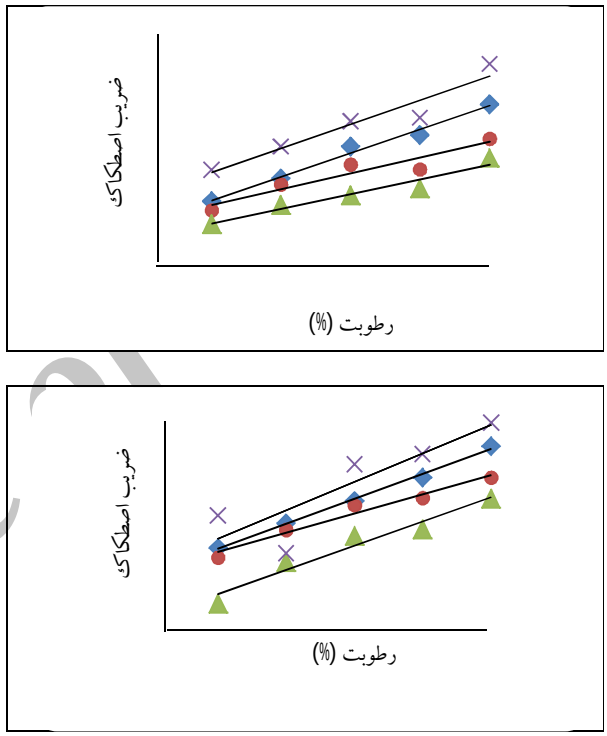
Archive of SID

www.SID.ir

هردو نوع شلتوک و برنج سفید شده در جدول 4 نشان داده شده است.

3-9- بررسی اثر رطوبت بر ضریب اصطکاک برنج بر سطوح مختلف

نتایج حاصل از بررسی اثر رطوبت بر ضریب اصطکاک روی چهار سطح شیشه، استیل، چوب و آهن گالوانیزه در شکل 1 نشان داده شده است.



شکل 1- تاثیر رطوبت بر ضریب اصطکاک استاتیکی برنج. شکل چپ: شلتوک، شکل راست: برنج سفید. (×) چوب، (ع) شیشه، (˜) استیل، (p) آهن گالوانیزه

همانطور که مشاهده می شود روندی افزایشی در میزان ضریب اصطکاک همراه با افزایش رطوبت بر روی تمام سطوح مورد آزمایش برای شلتوک و برنج سفید وجود دارد. بیشترین مقدار در بالاترین سطح رطوبتی بر روی چوب و کمترین ضریب در مقابل اهن گالوانیزه مشاهده شد که ممکن است به دلیل سطح نرم تر آهن گالوانیزه نسبت به دیگر سطوح باشد. بالا بودن ضریب اصطکاک بر روی شیشه نیز ممکن است به دلیل ایجاد کشش سطحی بین رطوبت سطح دانه ها با شیشه باشد که از جریان یافتن آنها جلوگیری می کند. با افزایش رطوبت میزان چسبندگی بین ذرات افزایش می یابد در نتیجه ضریب اصطکاک هم افزایش پیدا می کند همچنین رطوبت با افزایش ابعاد دانه ها باعث افزایش سطح تماس دانه ها با سطح بستر و خود دانه ها می شود که این موضوع خود باعث افزایش ضریب اصطکاک می گردد. محققین پیشین نیز نتایج مشابهی در این مورد اعلام کردند (4).

جدول 5 معادلات ارتباط بین ضریب اصطکاک دانه کامل و مغز با رطوبت را نشان می دهد.

جدول 5- معادلات رگرسیون رابطه بین ضریب اصطکاک با محتوای رطوبتی شلتوک و برنج سفید

سطوح	معادله	R^2
شلتوک		
چوب	y= 0/003 + 0/386 Mc	0/99
شیشه	y= 0/004 + 0/324 Mc	0/98
استیل	y= 0/003 + 0/324 Mc	0/96
آهن گالوانیزه	y= 0/002 + 0/302 Mc	0/99
برنج سفید		
چوب	y= 0/003 + 0/438 Mc	0/99
شیشه	y= 0/003 + 0/382 Mc	0/98
استیل	y= 0/003 + 0/371 Mc	0/99
آهن گالوانیزه	y= 0/004 + 0/297 Mc	0/96

Mc: محتوای رطوبت

4- نتیجه گیری

براساس یافته های بدست آمده مشخص شد که در برنج رقم ژاپنیکا میزان رطوبت تاثیر بسیار مهمی در خواص فیزیکی آن دارد بطوریکه با افزایش رطوبت میزان وزن هزاردانه، دانسیته واقعی، ابعاد برنج، میانگین حسابی و هندسی افزایش و دانسیته توده ای کاهش یافت و در اکثر موارد هم خواص فیزیکی در شلتوک بیشتر تحت تأثیر میزان رطوبت قرار گرفتند. در مورد ضریب اصطکاک بالاترین ضریب مربوط به شلتوک بر روی سطح چوبی بود که با افزایش رطوبت این میزان مرتباً افزایش یافت. با توجه به اینکه این رقم برنج ژاپنیکا یک گونه جدید برنج می باشد که سطح کشت وسیعی هم در استان مازندران دارد

Archive of SID

www.SID.ir

می توان با داشتن اطلاعاتی در مورد خصوصیات فیزیکی آن تجهیزات حمل و نقل و نگهداری مناسبی طراحی نمود.

5- منابع

1. Altuntas, E., Ozgoz, E. and Taser, O. 2005. Some physical properties of fenugreek (Trigonella foenum-graceum L) seeds. *Journal of Food Engineering*, 71: 37–43.
2. Amin, M. N., Hossain, M. and Roy, K. 2004. Effect of moisture content on some physical properties of lentil seeds. *Journal of Food Engineering*, 65: 83–87.
3. AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. Washington, DC, USA.
4. Baryeh, E. A. 2002. Physical properties of millet. *Journal of Food Engineering*, 51: 39-46.
5. Baümler, E., Cuniberti, A., Nolasco, S. M. and Riccobene, I. C. 2006. Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. *Journal of Food Engineering*, 72: 134-140.
6. Beyhan, M. A., Nalbant, M., and Tekguler, A. 1994. Determination of coefficient of friction in the grain and husk hazelnuts for different surfaces. In: Agricultural mechanization Proc XVth Turkish National Congress, (pp. 343-352). 20-22 September, Antalya.
7. Çalis¸Ir, S., Marakoglu, T., Ogut, H., and Ozturk, O. 2005. Physical properties of rapeseed (Brassica napus oleifera L.). *Journal of Food Engineering*, 69: 61-66.
8. FAOSTAT, 2009. Rice production [on line]. Available at http://www.faostat.fao.org [15 April, 2009].
9. Fathollahzadeh, H., Mobli, H., Beheshti, B., Jafari, A., & Borghei, A.M. 2008. Effect of moisture content on some physical properties of Apricot kernel (CV. Sonnati Salmas). *Agricultural Engineering International: the CIGR journal*, 10: 1-14.
10. Ghasemi V., M., Mobli, H., Jafari, A., Keyhani, A., Soltanabadi, M., and Rafiee, S. 2008. Some physical properties of rough rice (Oryza Sativa L.) grain. *Journal of Cereal Science*, 47 (3): 496–501.
11. Jain, R. and Bal, S. 1997. Properties of pearl millet. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66 (2): 85–91.
12. Karababa, E. 2006. Physical properties of popcorn kernels. *Journal of Food Engineering*, 72: 100-107.
13. Kashaninejad, M., Mortazavi, A., Safekordi, A., and Tabil L.G. 2006. Some physical properties of Pistachio (Pistacia vera L.) nut and its kernel. *Journal of Food Engineering*, 72: 30-38.
14. Marchezan, E. 1991. Grãos inteiros em arroz [Whole rice kernels in rice]. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, Brazil. [In Portuguese].
15. Mohsenin, N.N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Press, NewYork, USA.
16. Özgöz, O., Tas¸Er, O.F., and Altuntas¸ E. 2005. Some physical properties of yarma bulgur. *Journal of Applied Sciences*, 5: 838-840.
17. Özgüven, F., and Vursavus, K. 2005. Some physical, mechanical and aerodynamic properties of pine (*Pinus pinea*) nuts. *Journal of Food Engineering*, 68: 191-196.
18. Paksoy, M., and Aydin, C. 2004. Some physical properties of edible squash (Cucurbita pepo L.) seeds. *Journal of Food Engineering*, 65(2): 225–231.
19. Saçilik, K., Öztürk, R., and Keski, N. R. 2003. Some physical properties of hemp seed. *Biosystems Engineering*, 86: 191-198.
20. Singh, K. K., and Goswami, T. K. 1996. Physical properties of cumin seed. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 64: 93-98.
21. Sologubik, C. A., Campañone, L. A., Pagano, A. M., and Gely, M. C. 2013. Effect of moisture content on some physical properties of barley. *Industrial Crops and Products*, 43: 262-767.
22. Solomon, W., and Zewdu, A. 2009. Moisture-dependent physical properties of niger. *Industrial Crops and Products*, 29: 165–170.
23. Varnamkhasti, M., Mobli, H., Jafari, A., Keyhani, A., Soltanabadi, M., and Rafiee, S. 2008. Some physical properties of rough rice (Oryza Sativa L.) grain. *Journal Cereal Science*, 47 (3): 496–501.
24. Yalçin, I. 2006. Physical properties of cowpea seed (Vigna sinensis L.). *Journal of Food Engineering*, 79: 57-62.

Archive of SID

www.SID.ir