تاثیر محتوای رطوبتی بر برخی از خواص فیزیکی دانه زیره سبز

مسلم نامجو[۲،۱]، مهدی مرادی*[۱]

۱. بخش مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران (moradih@shirazu.ac.ir).
۲. بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران (m.namjoo@shirazu.ac.ir).

چکیده

در این پژوهش برخی از ویژگی‌های فیزیکی بذر زیره سبز شامل خواص هندسی (طول، عرض، ضخامت، میانگین قطر هندسی و حسابی، سطح و ضریب کرویت)، خواص ثقلی (چگالی توده و چگالی واقعی) و خواص اصطکاکی (ضریب اصطکاک ایستایی) دانه زیره سبز به صورت تابعی از محتوای رطوبتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با کاهش محتوای رطوبتی از ٦٥/٨٪ به ١١/١٪ بر پایه خشک مقادیر میانگین طول، عرض، ضخامت، قطر هندسی و حسابی به ترتیب از ٥/١٣ به ٤/٩٣، ١/٧٥ به ١/٠٦، ١/٠٣ به ٠/٨٩، ٢/١٠ به ١/٦٧ و ٢/٦٣ به ٢/٢٩ میلیمتر کاهش یافتند. همچنین با کاهش محتوای رطوبت از ٦٥/٨٪ به ١١/١٪، کرویت، چگالی توده و چگالی واقعی به ترتیب از ٤١ درصد به ٣٤ درصد، از ٣٤٠ به ٥٧٠ و از ١١٣٢ به ٩٢٥ کیلوگرم بر مترمکعب تغییر کردند. . نتایج آزمایش نشان داد که ضریب اصطکاک استاتیکی با کاهش رطوبت کاهش یافت، به طوریکه سطوح ورق گالوانیزه و چوب با مقادیر٠/٥٧ و ٠/٨٣ به ترتیب کمترین و بیشترین ضریب اصطکاک ایستایی را در بیشترین سطح رطوبت داشتند. برای نشان دادن اغلب تغییرات خصوصیات فیزیکی دانه‌های زیره معادلات رگرسیونی با ضرایب تبیین بالا برازش گردید.

کلمات کلیدی:
خواص فیزیکی، زیره سبز، رطوبت، ضریب اصطکاک ایستایی، چگالی.

***نویسنده مسئول**

مقدمه

زیره سبز، گیاهی علفی یکساله، ظریف و معطر از خانواده چتریان بوده و با نام علمی *Cuminum cyminum* L. **معروف می‌باشد و به عنوان گیاه دارویی ارزشمند دارای ویژگی‌های است که جایگاه آن را در الگوی کشت مناطق خاصی از کشورمان تثبیت نموده است. تولید سالانه این محصول در کشور ۳۰ هزار تن است و استان‌های خراسان، کرمان، سمنان و آذربایجان شرقی از تولیدکنندگان عمده آن محسوب می‌شوند. از عمده اهداف و انگیزه‌های کشاورزان در انتخاب گیاهان دارویی به عنوان کشت، سودآوری بالای آنها در مقایسه با انواع مختلفی از سایر محصولات زراعی می‌باشد. به ویژه آنکه برخی از انواع این گیاهان در شرایط نامساعد و محدودکننده نیز، قابلیت کشت و تولید را دارند [۱]. این گیاه در ایران و هندوستان به عنوان گیاهی زمستانه در مناطق خشک و نیمه خشک کشت می‌گردد. ایران یکی از مهمترین تولیدکنندگان زیره سبز است که سهم زیادی از تولید جهانی این محصول را در اختیار دارد [۲].**

افزایش روز افزون نقش اقتصادی گیاهان دارویی در جوامع امروزی و پیچیدگی فناوری‌های مدرن برای تجهیزات کاشت، داشت و برداشت، حمل و نقل، ذخیره‌سازی، فراوری، نگهداری، ارزیابی کیفی و مصرف این محصولات نیازمند درک دقیق و صحیح خواص فیزیکی است. دانه زیره سبز نیز پس از تولید باید بوجاری، درجه‌بندی، بسته‌بندی، حمل و نقل، انبارداری، بوجاری و فرآوری گردد. مهم‌ترین خواص هندسی عبارتند از شکل، اندازه، قطرهای هندسی و حسابی، سطح و کرویت. به طور مثال چگالی توده و تخلخل مهم‌ترین عواملی هستند که در طراحی سیستم های خشک کردن و هوادهی مورد توجه قرار می‌گیرند، چون این خواص بر مقاومت جرمی که در مقابل جریان هوا قرار دارد، تاثیر می‌گذارند. در تئوری‌هایی که برای پیش‌بینی فضای انبار بکار می‌روند، چگالی توده عامل اساسی به شمار می‌رود [۳].

در تحقیقاتی که تاکنون در مورد خواص فیزیکی محصولات کشاورزی به خصوص دانه‌ها انجام گرفته است، آب به مقدار معین به دانه‌ها اضافه شده و خواص فیزیکی دانه‌ها به صورت تابعی از محتوای رطوبتی گزارش شده است [۵-۳] اما در این پژوهش برخی خصوصیات فیزیکی دانه‌ی زیره سبز نظیر خصوصیات هندسی (طول، عرض، ضخامت، میانگین قطر هندسی و حسابی، ضریب کرویت و سطح) خصوصیات ثقلی (چگالی توده و واقعی) و خصوصیات اصطکاکی (ضریب اصطکاک ایستایی) از زمان برداشت با کاهش رطوبت در چهار سطح رطوبتی اندازه‌گیری شد همچنین رابطه خواص ذکر شده به صورت تابعی از محتوای رطوبتی گزارش شد.

مواد و روشها

در این مطالعه دانه های زیره سبز از مزرعه‌ای واقع در شهرستان خاتم واقع در استان یزد تهیه شد. دانه‌ها با دست از بوته جدا و به صورت دستی تمیز شدند تا عاری از گرد و غبار و مواد زاید مانند سنگریزه، خاشاک، دانه‌های شکسته و دانه‌های نارس گردند. سپس دانه ها در بسته های ۱۵ گرمی در یخچال در دمای ۱± ٤ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. رطوبت اولیه‌ی دانه‌ها از طریق خشک کردن حدود ۱۵ گرم نمونه در ۱۰۵ درجه سانتی گراد و به مدت ۲٤ ساعت در آون، اندازه‌گیری شد این کار

در سه تکرار انجام و میانگین اعداد گزارش شد. رطوبت دانه‌ها برای محصول مورد نظر ۶۵/۸ ٪ بر مبنای خشک به دست آمد و پس از تعیین رطوبت اولیه دانه‌ها برخی خواص فیزیکی آنها اندازه‌گیری شد. سپس سه نمونه از دانه‌ها در یک خشک‌کن هوای گرم با سرعت ۱ متر بر ثانیه و دمای ۴۰ درجه سانتی گراد به منظور کاهش رطوبت قرار داده شدند و عملیات کاهش رطوبت در خشک‌کن در سه سطح رطوبتی ۴۲/۸، ۲۵ و ۱۱/۱ درصد بر مبنای خشک ادامه یافت و در هر مرحله محصول از خشک‌کن خارج و برخی خواص فیزیکی آنها اندازه‌گیری و گزارش شد [۶].

اندازه‌گیری خواص هندسی

برای اندازه‌گیری ابعاد تعداد ۳۰ عدد دانه‌ی زیره سبز به طور تصادفی انتخاب شد و با استفاده از یک کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر، سه بعد طول (L)، عرض (W) و ضخامت (T) دانه‌ها اندازه‌گیری شد سپس قطر میانگین حسابی (D_a)، قطر میانگین هندسی (D_g)، کرویت (φ) و سطح جانبی دانه‌ها (A_s) با استفاده از روابط (۱) تا (۴) محاسبه شدند [۷]:

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (۱)$$

$$D_a = \frac{(L+W+T)}{3} \quad (۲)$$

$$\varphi = \left[\frac{(LWT)^{1/3}}{L}\right] \times (100) \quad (۳)$$

$$A_s = \pi D_g^{\,2} \quad (۴)$$

اندازه‌گیری خواص ثقلی

برای اندازه‌گیری چگالی توده، مقداری دانه به وسیله‌ی یک ظرف قیفی شکل و از ارتفاع ۱۰ سانتیمتر به داخل یک استوانه با حجم مشخص (۲۰۰ سانتی‌متر مکعب) ریخته و با استفاده از یک میله‌ی شیشه‌ای و حرکات زیگزاگ مقدار اضافی دانه‌های زیره سبز خارج شد. با توزین ظرف در دو حالت پر و خالی جرم خالص (M) توده زیره سبز درون ظرف به دست آمد و در نهایت چگالی توده محصول با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد [۶]:

$$\rho_{bulk} = M / V \quad (۵)$$

برای اندازه‌گیری چگالی واقعی از روش جلبه جایی مایع استفاده گردید. ابتدا ۵۰ دانه‌ی زیره را وزن (M) سپس داخل ظرف حاوی تولوئن ریخته شد. میزان جابه جایی تولوئن خوانده شده از روی ستون مدرج ظرف معادل حجم واقعی دانه‌ها (V_{true}) است. چگالی واقعی از رابطه‌ی (۶) به دست آمد [۶].

$$\rho_{true} = \frac{M}{V_{true}} \quad (۶)$$

در روابط (۵) و (۶)، M بر حسب کیلوگرم و V بر حسب متر مکعب لحاظ شد.

اندازه گیری ضریب اصطکاک ایستایی

برای اندازه‌گیری ضریب اصطکاک ایستایی، از سطوح اصطکاکی شیب‌دار متفاوتی از جنس چوب، ورق گالوانیزه و شیشه متصل به دستگاهی مشابه شکل ۱ استفاده شد. بر روی این دستگاه یک ماژول

GY521 نصب شده است این ماژول دارای یک میکروکنترلر MPU6050 می‌باشد که قادر است زاویه را با دقت ۰/۰۱ درجه اندازه‌گیری کند با اتصـــال این ماژول به برد آردوینو قادر به اندازه‌گیری زاویه و ضریب اصطکاک خارجی آستانه حرکت خواهیم بود [۸]. ابتدا ۲۰ گرم از هر نمونه در یک جعبه مکعب مستطیلی دو سر باز به ابعاد ۵ ×۵× ۵ سانتیمتر روی سطوح شیب‌دار قرار داده شد و بدون آنکه مکعب با سطح شیب‌دار اصطکاکی تماس داشته باشد، زاویه سطح شیب‌دار به آرامی افزایش یافت تا توده دانه در آستانه حرکت قرار گیرد. برای هر تیمار، آزمایش در سه تکرار انجام شد. با قرائت زاویه سطح شیب‌دار و قرار دادن آن در رابطه (۷) ضریب اصطکاک ایستایی محاسبه شد:

$$\mu = \tan(\theta) \qquad (۷)$$

که در آن μ ضریب اصطکاک استاتیکی و θ زاویه آستانه حرکت توده دانه روی سطوح آزمایشی می‌باشند [۹].

شکل ۱- دستگاه اندازه‌گیری ضریب اصطکاک استاتیکی دانه زیره سبز

وزن هزار دانه

برای اندازه گیری وزن هزار دانه، از هر نمونه ۵۰ عدد به طور تصادفی انتخاب شد. دانه های انتخاب شده با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم (A & D, GF600) وزن و حاصل آن در عدد ۲۰ ضرب شد و از میانگین سه تکرار، وزن هزاردانه گزارش شد.

نتایج و بحث

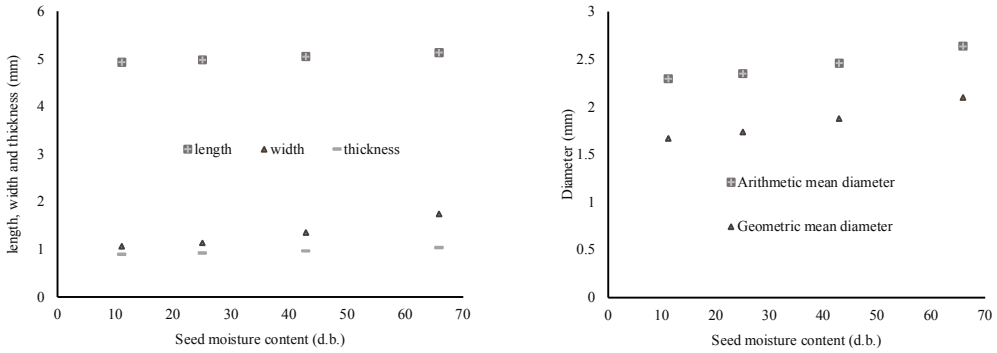
تمامی آزمایش‌ها در ٤ سطح رطوبتی و در سه تکرار انجام و میانگین مقادیر گزارش شد. در جدول ۱ برخی خواص فیزیکی دانه زیره سبز در رطوبت اولیه ٦٥/٨ ٪ بر مبنای خشک آورده شده است.

جدول۱- برخی خواص فیزیکی بذر زیره سبز در رطوبت ٦٥/٨ ٪ بر مبنای خشک

ویژگی	مقدار
طول (L) (mm)	٥/٠٠ ±٠/٤٨
عرض (W) (mm)	١/٧٥ ±٠/١١
ضخامت (T) (mm)	١/٠٢ ±٠/١٥
میانگین قطر هندسی (D_g) (mm)	٢/١٠ ±٠/١٢
میانگین قطر حسابی (D_a) (mm)	٢/٦٤ ±٠/١٦
وزن هزار دانه (W_{1000}) (gr)	٤/٢٤ ±٠/٢١

چگالی توده (ρ_{bulk}) ($kg\ m^{-3}$)	۳٤۰/۲٤ ±۱۵/٤٦
چگالی واقعی (ρ_{true}) ($kg\ m^{-3}$)	۱۱۳۲/۵۸ ±۳۵/٦۳
کرویت (φ) (-)	٤۰/۹۱ ±۳/۵٤
سطح جانبی (A_s) (mm^2)	۱۳/۸٤ ±۲/۷۲

با توجه به شکل ۲ مشاهده می شود که با کاهش محتوی رطوبتی طول، عرض، ضخامت، میانگین قطر هندسی و میانگین قطر حسابی کاهش یافتند. با کاهش محتوای رطوبتی مقدار درصد آب موجود در دانه‌های زیره کاهش یافته و در نتیجه مقدار حجم و ابعاد آن کاهش می‌یابد. پارامترهای میانگین قطر هندسی و قطر حسابی و سطح رویه وابسته به ابعاد دانه می‌باشند که با کاهش ابعاد دانه مقدار آنها نیز کاهش می‌یابد. این کاهش در سطوح بالاتر رطوبت قابل توجه می‌باشد. با کاهش محتوای رطوبتی از ٦۵/۸٪ به ۱۱/۱٪ بر پایه خشک مقادیر میانگین طول، عرض، ضخامت، قطر هندسی و حسابی به ترتیب از ۵/۱۳ تا ٤/۹۳، ۱/۷۵ تا ۱/۰٦، ۱/۰۳ تا ۰/۸۹، ۲/۱۰ تا ۱/٦۷ و ۲/٦۳ تا ۲/۲۹ میلیمتر کاهش یافتند. رطوبت باعث اتساع و تورم فضاهای بین سلولی درون دانه‌ها می‌شود. این نتایج نیز با یافته‌های سایر محققین همخوانی دارند [۳, ۵, ۱۰].



شکل ۲ میانگین ابعاد اصلی و قطر دانه زیره سبز در سطوح رطوبتی مختلف

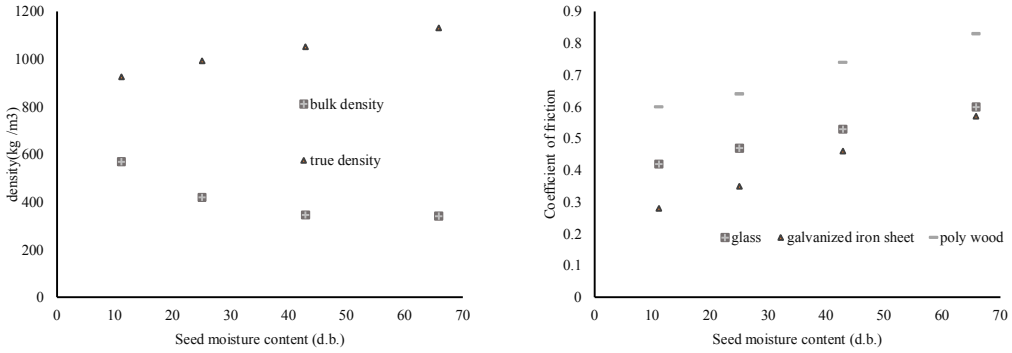
روابط برخی از خواص فیزیکی دانه زیره به صورت تابعی از محتوای رطوبتی در جدول ۲ نشان داده شده است. این نتایج نشان می‌دهند که بین محتوای رطوبتی و ابعاد دانه های زیره ارتباط موثری وجود دارد. نتایج مشابهی در مورد دیگر محصولات کشاورزی نظیر دانه‌های گندم، جو، نخود و ذرت گزارش شده است [۱۳-۱۱].

جدول ۲ - معادلات رگرسیونی بدست آمده از خصوصیات فیزیکی دانه‌ی زیره سبز به صورت تابعی از رطوبت

متغیر	ضریب تبیین	رابطه رگرسیون
طول (L) (mm)	$R^2 = 0.99$	$L = 0.0067MC + 4.855$
عرض (W) (mm)	$R^2 = 0.98$	$W = 0.0008\ MC^2 - 0.0159MC + 1.1425$
ضخامت (T) (mm)	$R^2 = 0.96$	$T = 0.0046MC + 0.835$
میانگین قطر هندسی (D_g) (mm)	$R^2 = 0.99$	$D_g = 0.0004MC^2 - 0.0055MC + 1.6847$
میانگین قطر حسابی (D_a) (mm)	$R^2 = 0.99$	$D_a = 0.0003MC^2 - 0.0044MC + 2.3067$

وزن هزار دانه (W_{1000}) (gr)	$R^2 = 0.98$	$W_{1000} = 0.0021\ MC^2 - 0.0634\ MC + 3.4135$
چگالی توده (ρ_{bulk}) ($kg\ m^{-3}$)	$R^2 = 0.99$	$\rho_{bulk} = 0.3625MC^2 - 25.775MC + 791.25$
چگالی واقعی (ρ_{true}) ($kg\ m^{-3}$)	$R^2 = 0.98$	$\rho_{true} = 0.03MC^2 + 5.3MC + 870.5$
کرویت (φ) (-)	$R^2 = 0.99$	$\varphi = 0.0052MC^2 - 0.0928MC + 9.1746$
سطح جانبی (A_s) (mm^2)	$R^2 = 0.98$	$A_s = 0.0052MC^2 - 0.0928MC + 9.1746$

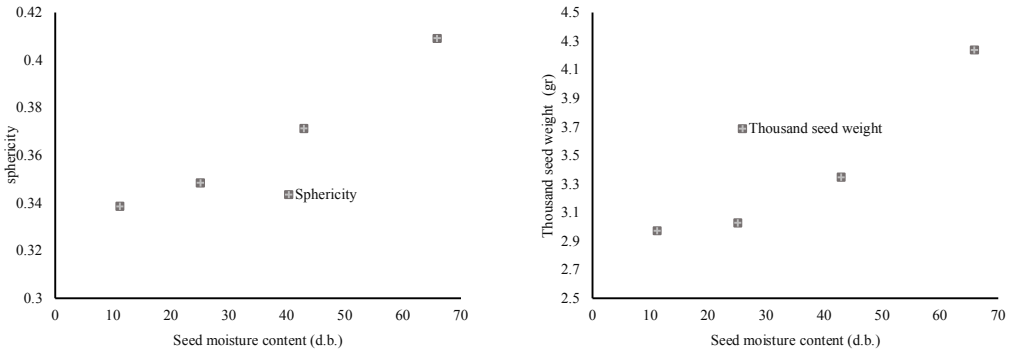
مقادیر ضریب اصطکاک بر روی سطوح مختلف با کاهش محتوای رطوبتی، کاهش می یابد در واقع در سطوح بالای رطوبتی، سطح خارجی بذرها زبرتر می‌باشد. زمانی که محصول با رطوبت بالا برداشت می‌شود به علت پوشش کرک بر روی سطح دانه زیره، ضریب اصطکاک بذر با سطوح دیگر بالاست. بالا بودن ضریب اصطکاک در زمان تخلیه سیلوها و یا زمان تخلیه بذر در مخزن کارنده‌ها در زمان کاشت پدیده مفیدی نیست چرا که ضریب اصطکاک بالا مانع تخلیه محصول از مخزن می‌شود. همچنین در رطوبت بالا، هر ذره با یک لایه سطحی رطوبت احاطه شده و اثر کشش سطحی ناشی از لایه رطوبت، موجب نگه‌دارندگی ذرات در کنار یکدیگر خواهد شد [۱۳, ۱٤].



(ب) (الف)

شکل ۳- (الف) اثر رطوبت بر ضریب اصطکاک ایستایی دانه زیره و (ب) اثر رطوبت بر چگالی دانه زیره سبز

به طور کلی ضریب اصطکاک ایستایی به خصوصیاتی از قبیل وزن، میزان رطوبت، ویژگی‌های سطحی و همچنین سرعت لغزش و جنس سطحی که دانه روی آن قرار گرفته ، بستگی دارد . با افزایش رطوبت وزن دانه ها زیاد شده و در نتیجه فشار عمودی آن زیاد شده که این یکی از عوامل افزایش ضریب اصطکاک ایستایی است. علت دیگر این است که افزایش رطوبت موجب نرم شدن محصول و افزایش ضریب اصطکاک می شود نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعات قبلی تطابق دارد [۳, ۵].



(ب) (الف)

شکل ٤- (الف) اثر رطوبت بر وزن هزار دانه و (ب) کرویت دانه زیره سبز

با توجه به شکل ۳ مشاهده می‌شود که با کاهش محتوای رطوبتی چگالی حقیقی کاهش یافت در حالی که چگالی ظاهری با کاهش رطوبت افزایش یافت. کاهش محتوای رطوبتی دو اثر روی دانه‌های زیره سبز دارد، یکی کاهش وزن و دیگری کاهش حجم دانه. با کاهش محتوای رطوبتی ضریب کرویت دانه‌های زیره کاهش می‌یابد (شکل ٤) و با کاهش ضریب کرویت و همچنین کاهش حجم دانه ها خلل و فرج بین دانه‌ها کم شده و چگالی ظاهری افزایش می‌یابد در واقع با کاهش محتوای رطوبتی علاوه بر اینکه حجم دانه‌ها کم می‌شود خلل و فرج بین دانه‌ها هم کم شده و به همین علت با کاهش رطوبت مقدار تخلخل نیز کم می‌شود ولی کاهش وزن دانه ها اثر قابل توجهی روی چگالی ظاهری ندارد. اما در چگالی حقیقی عامل افزایش وزن غالب است [۱۲].

نتیجه‌گیری

براساس یافته‌های بدست آمده مشخص شد که در زیره سبز میزان رطوبت تاثیر بسیار مهمی در خواص فیزیکی آن دارد؛ با کاهش میزان رطوبت خواص هندسی (طول، عرض، ضخامت، میانگین قطر هندسی و حسابی، سطح و ضریب کرویت)، وزن هزار دانه، چگالی واقعی و حجم کاهش ولی چگالی توده افزایش یافت. در مورد خصوصیات اصطکاکی نیز می توان بیان کرد که با کاهش رطوبت، ضریب اصطکاک ایستایی روی تمام سطوح کاهش یافت.

مراجع:

1. Babaki, A., G. Askari, and Z. Emam-Djomeh, Drying behavior, diffusion modeling, and energy consumption optimization of *Cuminum cyminum* L. undergoing microwave-assisted fluidized bed drying. Drying Technology, 2019. 38(1): p. 1-11.

2. Mishra, A. and S. Kulkarni, Physical properties of cumin seeds as a function of moisture content. Agricultural Engineering Today, 2009. 33(1): p. 33-40.

3. Saiedirad, M. and M. Mirsalehi, Prediction of mechanical properties of cumin seed using artificial neural networks. Journal of texture studies, 2010. 41(1): p. 34-48.

4. Pathak, S. and A. Mehta, Some Physical Properties of Cumin Seed at Variable Moisture Content. Journal of Progressive Agriculture, 2018. 9(1): p. 14-19.

5. Mollazade, K., et al., Moisture-dependent physical and mechanical properties of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seed. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2009. 2(2): p. 49-56.

6. Mohsenin, N.N., Physical Properties of Plant and Animal Materials: v. 1: Physical Characteristics and Mechanical Properties. 2020: Routledge.

7. Sahin, S. and S.G. Sumnu, Physical properties of foods. 2006: Springer Science & Business Media.

8. Al-Dahan, Z.T., N.K. Bachache, and L.N. Bachache. Design and implementation of fall detection system using MPU6050 Arduino. in International Conference on Smart Homes and Health Telematics. 2016. Springer.

9. Mohsenin, N.N., Physical properties of plant and animial materials. Vol. 1. Structure, physical characterisitics and mechanical properties. Physical properties of plant and animial materials. Vol. 1. Structure, physical characterisitics and mechanical properties., 1970. 1.

10. Zare, D., A. Bakhshipour, and G. Chen, Physical properties of cumin and caraway seeds. International Agrophysics, 2013. 27(4): p. 491-494.

11. Yalçın, İ., C. Özarslan, and T. Akbaş, Physical properties of pea (Pisum sativum) seed. Journal of Food engineering, 2007. 79(2): p. 731-735.

12. Al-Mahasneh, M.A. and T.M. Rababah, Effect of moisture content on some physical properties of green wheat. Journal of food engineering, 2007. 79(4): p. 1467-1473.

13. Seifi, M.R. and R. Alimardani, The moisture content effect on some physical and mechanical properties of corn (Sc 704). Journal of Agricultural Science, 2010. 2(4): p. 125.

14. Serrano, C., et al., Effect of moisture content, particle size and pine addition on quality parameters of barley straw pellets. Fuel Processing Technology, 2011. 92(3): p. 699-706.

Effects of moisture content on some physical properties of Cumin seeds

Moslem Namjoo[1,2], Mehdi Moradi[1*]

1. Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
2. Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Faculty of Agricultural, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

Abstract

In this study, some physical properties of cumin seeds include geometric properties (length, width, thickness, mean geometric and arithmetic diameter, surface area and sphericity coefficient), gravity properties (bulk density and actual density) and static friction coefficient of cumin seeds as a function of moisture content were investigated. The result of the study reveals that the average length, width, thickness, arithmetic and geometric mean diameter at 65.8% to 11.1% moisture content (d.b.) decreased from 5.13 to 4.93 mm, 1.75 to 1.06 mm, 1.03 to 0.89 mm, 2.1 to 1.67 mm and 2.63 to 2.29 mm respectively. Also, with decreasing moisture content from 65.8% to 11.1%, sphericity, bulk density and actual density changed from 0.41 to 0.34, from 340 to 570 $kg.m^{-3}$ and from 1132 to 925 $kg.m^{-3}$, respectively. The test results showed that the static coefficient of friction decreased with decreasing moisture content, so that the galvanized sheet and wood surfaces with values of 0.57 and 0.83 had the lowest and highest static friction coefficients at the highest moisture levels, respectively. The relationship between physical properties and moisture content is described by some regression equations with high coefficient of determination (R^2).

Key words: Cumin, Bulk density, Physical properties, Moisture content.

*Corresponding author
E-mail: moradih@shirazu.ac.ir