

اندازه‌گیری دانسیته، تخلخل و ضریب اصطکاک استاتیک فندق در سطوح و رطوبت‌های مختلف

جعفر میلانی^{۱*} و علی معتمدزادگان^۱

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۲۵

۱- استادبار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

*مسئول مکاتبه: Email: jmilany@yahoo.com

چکیده

در این بررسی بعضی از ویژگی‌های فیزیکی فندق ایرانی از قبیل دانسیته توده ای، دانسیته واقعی، تخلخل و ضریب اصطکاک استاتیک بر روی چهار سطح مختلف شامل آهن گالوانیزه، استیل، MDF و شیشه در چهار محتوای رطوبتی متفاوت هم در فندق کامل و هم مغز آن بررسی شدند. دانسیته توده ای در فندق کامل و مغز آن به ترتیب از ۴۰۹/۷ تا ۴۹۱/۴ و از ۴۱۵/۴ تا ۴۷۷/۹ کیلوگرم بر متر مکعب افزایش یافت. دانسیته واقعی نیز از ۹۵۴/۸ تا ۱۰۷۹/۴ برای فندق کامل و ۸۸۶/۹ تا ۹۶۵/۸ کیلوگرم بر متر مکعب برای مغز فندق افزایش یافت. تخلخل نیز از ۵۷/۱۱ تا ۵۴/۴۷ برای فندق کامل و ۵۳/۵۲ تا ۴۷/۷۷ برای مغز فندق کاهش یافت. ضریب اصطکاک استاتیک برای هر دو بر روی چهار سطح مختلف با افزایش رطوبت افزایش یافت. بیشترین و کمترین ضریب اصطکاک هم برای فندق و هم برای مغز آن به ترتیب در سطوح MDF و آهن گالوانیزه مشاهده شدند.

واژه های کلیدی: فندق، مغز، رطوبت، ویژگی‌های فیزیکی

Moisture dependent physical properties of hazelnut

J Milani^{1*} and A Motamedzadegan¹

Received: February 13, 2011

Accepted: November 16, 2011

¹Assistant Professor, Department of Food Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

*Corresponding author: Email: jmilany@yahoo.com

Abstract

In this study, some physical properties such as bulk density, true density, porosity and static coefficient of friction in four levels of moisture content (against four structural surfaces) of Iranian hazelnut and its kernel was determined. Bulk density increased from 409.7 to 491.4 kg m⁻³ and from 415.4 to 477.9 kg m⁻³ for whole nut and its kernel, respectively. True density increased from 954.8 to 1079.4 kg m⁻³ for whole nut and from 886.9 to 965.8 kg m⁻³ for its kernel; porosity decreased from 57.11 to 54.47 kg m⁻³ and from 53.52 to 47.77 kg m⁻³ for whole nut and its kernel. The static coefficient of friction of both nuts and kernels on all the four tests increased with increasing moisture content. The highest and lowest static coefficient of friction was seen on MDF and galvanized iron sheet, respectively.

Keywords: Hazelnut, Kernel, Moisture, Physical properties

مقدمه

زیادی که در ارزیابی کیفیت محصول مورد استفاده قرار می‌گیرند ایفا می‌کند (ازدمیر و آکینچی ۲۰۰۴). دانسیته توده ای و تخلخل مهمترین فاکتورهایی هستند که در طراحی خشک کن‌ها و سیستم‌های هوادهی باید به آنها توجه داشت زیرا بر مقاومت توده نسبت به جریان هوا تاثیر گذار هستند. در تئوری‌های مورد استفاده در پیش بینی تحمل مواد ساختمانی در طراحی سیلوهای ذخیره دانسیته توده ای فاکتور اصلی به شمار می‌آید (مولندا و همکاران ۲۰۰۴). تخلخل مهمترین فاکتور در انباشتگی مواد بوده و بر مقاومت نسبت به جریان هوا در توده تاثیر گذار است (رضوی و همکاران ۲۰۰۷). ویژگی‌های اصطکاکی در طراحی تجهیزات و ماشین‌آلات برداشت، حمل و نقل، پوسته گیری، جداسازی، سورتینگ، حمل و نقل، فرآوری، نگهداری و غیره اهمیت دارند. ضریب اصطکاک استاتیک برای تعیین زاویه ای که تحت آن سطوح شیبدار باید ساخته شوند تا جریان ثابتی از مواد برقرار باشد مورد

فندق از اقلام مهم آجیلی ایران محسوب می‌شود. بطوریکه بر طبق آمار FAO ایران در سال ۲۰۰۸ هفتمین تولید کننده فندق در جهان بوده است (فائو ۲۰۰۸). علاوه بر مصرف مستقیم به دلیل خصوصیات حسی آن از این محصول در تهیه بسیاری از فرآورده‌های غذایی نظیر انواع شکلات، شیرینی و غلات صبحانه ای استفاده می‌شود که برای این منظور متحمل فرآیندهایی از قبیل بلانچینگ، برش زدن، پوشش دهی، برشته کردن یا آسیاب کردن می‌شود تا برای استفاده در محصول مناسب باشد. در واقع کارایی بسیاری از تجهیزاتی که به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند به همراه ماشین‌آلاتی که در حمل و نقل، انبار داری و بسته بندی فندق مورد استفاده قرار می‌گیرند تابع اندازه، شکل، دانسیته و سایر خصوصیات فیزیکی این محصول می‌باشد. برای مثال اندازه و دانسیته نقش مهمی را در فرآیندهای

دیگر بالاتر بود. هدف از این تحقیق بررسی مهمترین خصوصیات فیزیکی فندق و مغز آن شامل دانسیته ظاهری و واقعی، تخلخل و ضریب اصطکاک استاتیک به صورت تابعی از میزان رطوبت بر روی چهار سطح MDF، استیل، آهن گالوانیزه و شیشه است.

مواد و روش‌ها

آماده سازی نمونه ها و تنظیم رطوبت

فندق های مورد استفاده برای این آزمونها پس از زدودن اجسام خارجی از قبیل گرد و غبار، سنگریزه ها و مواد خشبی تمیز شدند. پس از پوسته زدایی بخشی از آنها به دو دسته فندق های کامل و پوسته زدایی شده تقسیم شدند.

میزان رطوبت فندق ها با روش آون گذاری در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۵ ساعت و پس از رسیدن به وزن ثابت تعیین گردید. مقدار رطوبت برای فندق کامل و مغز آن به ترتیب (w.b.) ۴/۲۷٪ و (w.b.) ۲/۱۲٪ بود. برای تهیه نمونه هایی با رطوبت بیشتر، میزان آب مورد نیاز با استفاده از فرمول ۱ محاسبه گردید و به همان میزان آب مقطر افزوده شد (ساسیلینک و همکاران ۲۰۰۳ و پاکسوی و آیدین ۲۰۰۴).

$$Q = \frac{W_i(M_f - M_i)}{100 - M_f} \quad [1]$$

در معادله فوق Q عبارت است از میزان آب افزوده شده برحسب گرم، W_i وزن دانه ها برحسب گرم و نهایتاً M_f و M_i که به ترتیب میزان رطوبت اولیه و نهایی دانه می باشند. سپس در داخل کیسه های پلاستیکی در دمای ۵ درجه سانتی گراد در یخچال به مدت ۷ روز نگهداری شدند تا توزیع رطوبت بطور یکنواخت در سرتاسر نمونه صورت گیرد. بلافاصله قبل از انجام هر آزمایش با اندازه گیری رطوبت دانه ها میزان رطوبت تصحیح شد. رنج رطوبت مورد بررسی برای دانه کامل از (w.b.) ۴/۲۷٪ تا (w.b.) ۲۸/۳۵٪ و

استفاده قرار می گیرد. علاوه بر این برای طراحی نقاله ها هم مهم است زیرا اصطکاک برای نگهداری دانه ها و مغز آنها بدون اینکه رو به عقب برگردند ضروری است. بطوریکه اگر هدف حمل و نقل محصول باشد باید از سطوح زبرتر استفاده کرد و اگر هدف تخلیه محصول باشد بهتر است از سطوح صاف تر استفاده گردد (رضوی و همکاران ۲۰۰۷).

ویژگی اصلی مواد گرانولی با منشا بیولوژیکی تاثیر زیاد میزان رطوبت بر رفتار مکانیکی و تغییر شکل آنهاست. افزایش در میزان رطوبت مواد دانه ای انبار شده ممکن است تا شش مرتبه باعث افزایش فشار بر دیواره های سیلو گردد (مولندا و همکاران ۲۰۰۴). بنابراین برای طراحی بهتر ماشین آلات فرآوری و عملکرد بهینه در این فرآیندها باید داده های دقیقی برای هر محصول در دسترس باشد.

آیدین در سال ۲۰۰۲ خصوصیات فیزیکی از قبیل ابعاد، کرویت، حجم، وزن، دانسیته، تخلخل و ضریب اصطکاک را در فندق و مغز آن در دامنه رطوبتی ۲/۷۷ تا ۱۹/۹۸ درصد بررسی کرد. ازدمیر و آکینچی (۲۰۰۴) به بررسی خصوصیات فیزیکی و تغذیه ای مغز و دانه کامل چهار رقم فندق عمده ترکیه یعنی تامبول، پالاز، کارا و کاکیلداک در دامنه رطوبتی ۳/۴۳ تا ۴/۱۸ درصد پرداخته و خصوصیات از قبیل ابعاد، کرویت، حجم، وزن، دانسیته، تخلخل، سفتی و ضریب اصطکاک را در این چهار رقم با یکدیگر مقایسه کردند. از جمله تحقیقات دیگری که تاکنون بر روی خصوصیات فیزیکی فندق صورت گرفته می توان به تحقیق ارکیسلی و همکاران (۲۰۱۱) اشاره کرد. این محققین با بررسی بر روی ۱۲ رقم فندق خصوصیات از قبیل رنگ، ابعاد، وزن، کرویت، سطح و سفتی دانه ها را اندازه گیری کردند و به این نتیجه رسیدند که رقم کارگالاک^۱ از لحاظ وزن و اندازه و نیز شدت رنگ نسبت به ارقام

^۱ Kargalak

مذکور به عنوان ضریب اصطکاک (μ) محاسبه شد (باریه ۲۰۰۲ و گزر ۲۰۰۲).

نتایج و بحث

دانسیته توده ای

با افزایش میزان رطوبت در فندق کامل از $4/27(w.b.)\%$ تا $28/35(w.b.)\%$ و برای مغز آن از $2/12(w.b.)\%$ تا $31/72(w.b.)\%$ ، دانسیته توده ای برای دانه کامل از $409/7$ تا $491/4$ کیلوگرم برمتر مکعب و برای مغز آن از $415/4$ تا $548/7$ کیلوگرم برمتر مکعب افزایش یافت (شکل ۲). آیدین (۲۰۰۲)، در دامنه رطوبتی $2/77$ تا $19/98$ درصد، دانسیته توده ای برای فندق کامل را از 305 تا 383 کیلوگرم برمتر مکعب و برای مغز آن از 458 تا 539 کیلوگرم برمتر مکعب گزارش کرد. این نتیجه می‌تواند نشانگر دانسیته بالاتر پوسته فندق های ایرانی باشد. همچنین، ازدمیر و آکینچی (۲۰۰۴)، دانسیته توده ای مغز فندق در چهار رقم پالاز، تامبول، کاکیلداک و کارا را در دامنه رطوبتی $3/43$ تا $4/18$ درصد به ترتیب $528/79$ ، $500/53$ ، $585/88$ و $503/24$ کیلوگرم برمتر مکعب گزارش کرد. در این تحقیق، دانسیته توده ای فندق کامل در چهار رقم به ترتیب $438/85$ ، $437/98$ ، $405/94$ و $402/27$ کیلوگرم برمتر مکعب بود.

نتایج آنالیز رگرسیون نشان داد که بین دانسیته توده ای و میزان رطوبت فندق کامل و مغز آن به ترتیب روابط ۳ و ۴ برقرار است.

$$y = 3.177x + 389.4 \quad (R^2 = 0.908) \quad [3]$$

$$y = 4.549x + 414.5 \quad (R^2 = 0.939) \quad [4]$$

ارتباط خطی مثبت بین میزان رطوبت و دانسیته توده ای پیش از این برای پسته ایرانی هم مشاهده شده است (کاشانی نژاد و همکاران ۲۰۰۶).

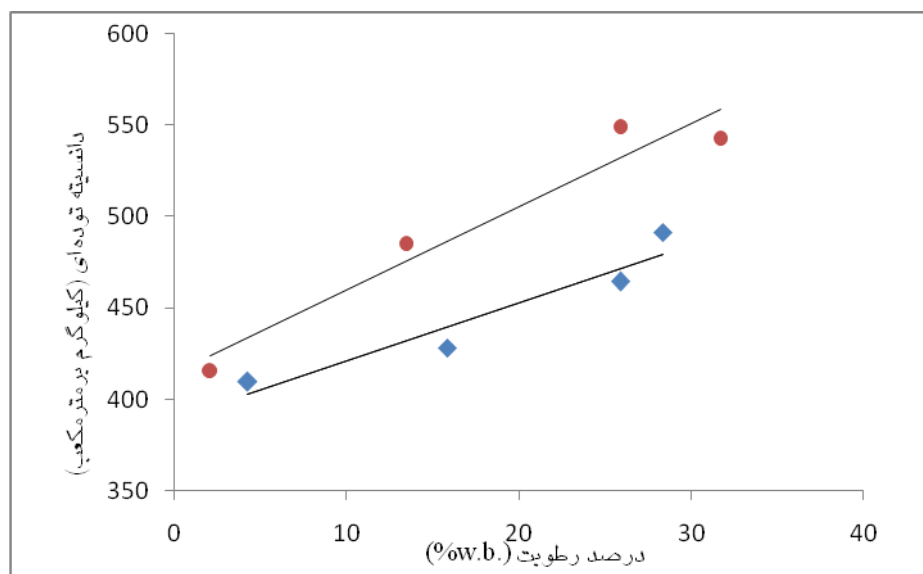
برای مغز آن $2/12(w.b.)\%$ تا $31/72(w.b.)\%$ بود که تمام عملیات فرآوری و نگهداری در این دامنه رطوبتی صورت می‌گیرند. قبل از انجام هر آزمایش مقدار مورد نیاز از نمونه‌ها به دمای اتاق رسانیده شد. در هر محتوای رطوبتی هر آزمایش سه بار تکرار گردید.

تعیین خصوصیات فیزیکی

به منظور تعیین دانسیته توده ای، دانه‌ها در یک ظرف استوانه ای شکل با حجم معین ۱۰۰ میلی لیتر بدون ایجاد فشردگی پر شدند. سپس عمل توزین با استفاده از ترازوی دیجیتال صورت گرفت. بعد از بدست آوردن وزن دقیق دانه‌ها با تقسیم وزن بر حجم آنها دانسیته توده ای بدست آمد (آیدین و ازکن ۲۰۰۲). دانسیته واقعی که حاصل تقسیم وزن هر دانه به حجم واقعی آنست با استفاده از روش جابجایی مایع با استفاده از تولوئن بدست آمد؛ زیرا تولوئن به میزان کمتری نسبت به آب توسط دانه‌ها جذب می‌شود. به این ترتیب با تقسیم وزن هر نمونه بر میزان حجم جابجا شده دانسیته واقعی بدست آمد (کوناک و همکاران ۲۰۰۲). درصد تخلخل با استفاده از رابطه بین دو دانسیته و با معادله ۲ بدست آمد (محسنین، ۱۹۸۶):

$$\varepsilon = \frac{\rho_t - \rho_b}{\rho_t} \times 100 \quad [2]$$

ضریب اصطکاک استاتیک بر روی چهار سطح شیشه، آهن گالوانیزه، استیل ضدزنگ و MDF بدست آمد. به منظور اندازه گیری جعبه توخالی به ابعاد $10 \times 10 \times 4$ سانتی متر بر روی یک سطح شیبدار قابل تنظیم بطوریکه سطح آنرا ماده مورد آزمایش تشکیل می‌داد قرار گرفت و توسط فندق‌ها پر شد. جعبه مذکور به آرامی به میزان ۱۰-۵ میلی متر بلند شد تا با سطح مورد آزمایش تماس نداشته باشد. سپس سطح شیبدار به آرامی توسط پیچی که در بدنه آن تعبیه شده بود بالا آمد تا جعبه شروع به لغزیدن کند. در این هنگام با اندازه گیری دو ضلع مثلث مذکور، تانژانت زاویه



شکل ۲. تاثیر تغییر در میزان رطوبت بر دانسیته توده ای فندق کامل و مغز آن. ◆: فندق کامل و ●: مغز فندق

یافت (شکل ۳). آیدین (۲۰۰۲)، دانسیته واقعی برای فندق کامل را از ۶۷۴ تا ۷۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب و برای مغز آن از ۸۸۸ تا ۹۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کرد. همچنین، ازدمیر و آکینچی (۲۰۰۴)، دانسیته واقعی برای مغز فندق را در چهار رقم پالاز، تامبول، کاکیلداک و کارا به ترتیب ۸۹۳/۵۱، ۹۹۶/۶۲، ۹۰۲/۳۰ و ۸۷۱/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کرد. در این تحقیق، دانسیته واقعی فندق کامل در چهار رقم به ترتیب ۷۴۰/۸۲، ۷۲۲/۰۷، ۶۶۶/۲۵، ۷۳۱/۶۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود.

نتایج آنالیز رگرسیون نشان داد که بین دانسیته واقعی و میزان رطوبت فندق کامل و مغز آن به ترتیب روابط ۵ و ۶ برقرار است.

$$y = 4.851x + 925.4 \quad (R^2 = 0.929) \quad [5]$$

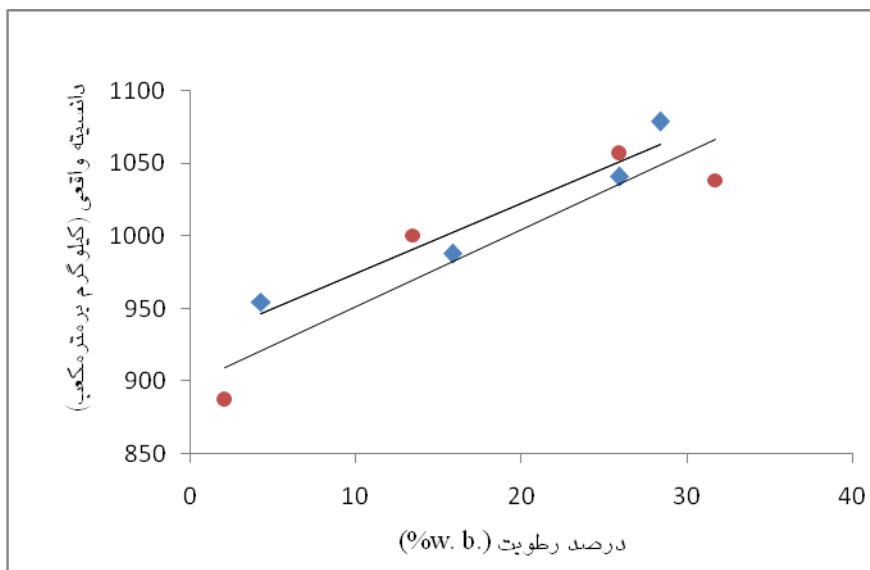
$$y = 5.302x + 898.4 \quad (R^2 = 0.845) \quad [6]$$

ارتباط خطی مثبت بین میزان رطوبت و دانسیته واقعی در نخود هم مشاهده شده است (باریه و مانگوپ ۲۰۰۲). این کاهش ممکن است به خاطر نرخ بیشتر افزایش در حجم نسبت به وزن در این رطوبت‌ها باشد که خود به دلیل تغییرات در ساختار سلولی در رطوبت‌های بالا می‌باشد.

همانطور که از شکل ۲ مشخص است دانسیته توده ای در تمام رطوبت‌ها برای مغز فندق بیشتر از دانه کامل آن بوده است. این به دلیل حجیم تر بودن پوسته فندق نسبت به مغز آن می‌باشد بطوریکه فضای بیشتری را نسبت به حجم واقعی مغز در بر گرفته در نتیجه باعث کاهش جرم کل به ازای واحد حجم اشغال شده توسط فندق کامل می‌گردد. افزایش در دانسیته توده ای با افزایش رطوبت بیان می‌کند که افزایش جرمی در اثر جذب آب بیشتر از افزایش حجم می‌باشد و این افزایش در مغز فندق بیشتر از پوسته آن می‌باشد زیرا بافت خشبی آن مانع از جذب کامل آب توسط آن در مقایسه با مغز می‌باشد. تنها در مورد مغز فندق در رطوبت انتهایی مجدداً اندکی کاهش در دانسیته توده ای مشاهده می‌شود. این روند ممکن است به دلیل تغییرات در ساختار سلولی مغز در رطوبت‌های بالا باشد.

دانسیته واقعی

با افزایش رطوبت، دانسیته واقعی فندق کامل از ۹۵۴/۸ کیلوگرم بر مترمکعب تا ۱۰۷۹/۴ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت. دانسیته واقعی مغز از ۸۸۶/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب تا ۱۰۵۶/۷ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش و سپس تا ۱۰۳۸/۳ کیلوگرم بر مترمکعب کاهش



شکل ۳. تاثیر تغییر در میزان رطوبت بردانسیته واقعی فندق کامل و مغز آن. ◆: فندق کامل و ●: مغز فندق

است که مغز فندق‌های ایرانی بیشتر تحت تاثیر رطوبت تغییر کرده است اما در مورد پوسته خیلی تاثیرگذار نبوده است. دامنه تخلخل بدست آمده در بررسی ازدمیر و آکینچی (۲۰۰۴) نیز برای مغز فندق از ۶۴-۵۵٪ و برای دانه کامل از ۵۴ تا ۶۱٪ متغیر بود.

نتایج آنالیز رگرسیون بین تخلخل و میزان رطوبت فندق کامل و مغز آن به ترتیب در روابط ۷ و ۸ آمده است.

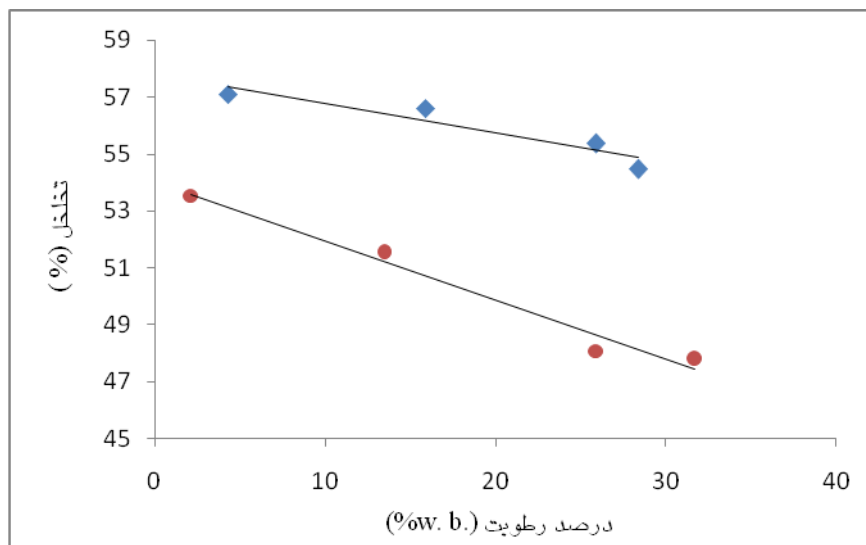
$$y = 0.102x + 57.79 \quad (R^2 = 0.891) \quad [7]$$

$$y = 0.208x + 54.03 \quad (R^2 = 0.977) \quad [8]$$

همانطور که مشاهده می‌شود ارتباط خطی منفی بین میزان رطوبت و تخلخل به ویژه در مغز مغز فندق مشاهده می‌گردد.

تخلخل

با توجه به اینکه تخلخل فقط به دانسیته توده ای و واقعی وابسته است تغییر در تخلخل نیز فقط وابسته به این فاکتورهاست (سپین و سومنو ۲۰۰۶). همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود با افزایش رطوبت، تخلخل فندق کامل از ۵۷/۱۱ درصد تا ۵۴/۴۷ درصد کاهش یافته است. تخلخل در مغز فندق هم از ۵۳/۵۲ درصد تا ۴۷/۷۷ درصد کاهش یافته است. این کاهش تخلخل در مغز فندق بیشتر از فندق کامل است زیرا جذب رطوبت در مغز بیشتر از پوسته آنست. تخلخل بدست آمده در بررسی آیدین (۲۰۰۲) برای مغز فندق (۴۵-۴۳ درصد) کمتر از دانه کامل (۴۹-۴۷ درصد) بود. این نتیجه نشان میدهد که دامنه تخلخل بدست آمده در مورد مغز فندق‌های ایرانی بیشتر است. نتیجه بدست آمده بیانگر آن

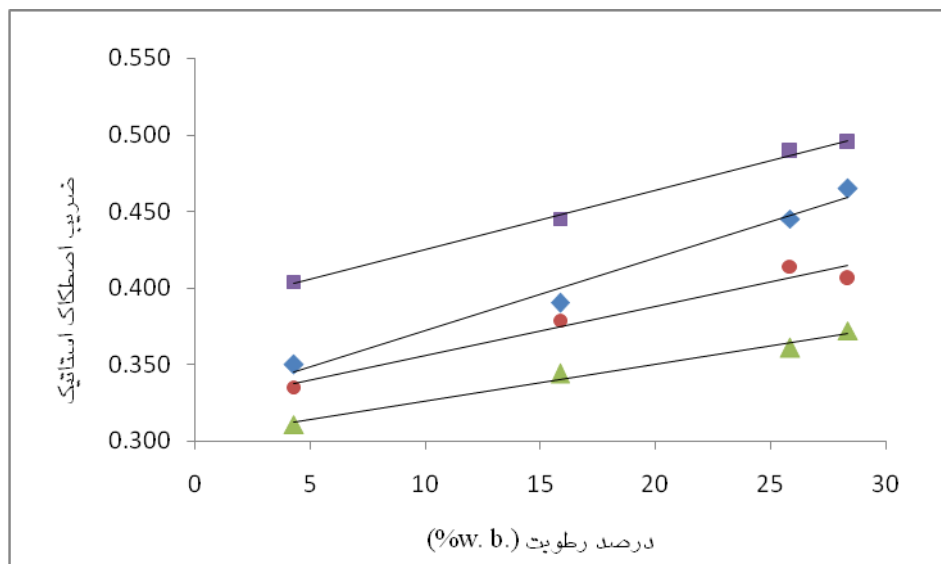


شکل ۴. وابستگی تخلخل فندق کامل و مغز آن به رطوبت. ◆: فندق کامل و ●: مغز فندق

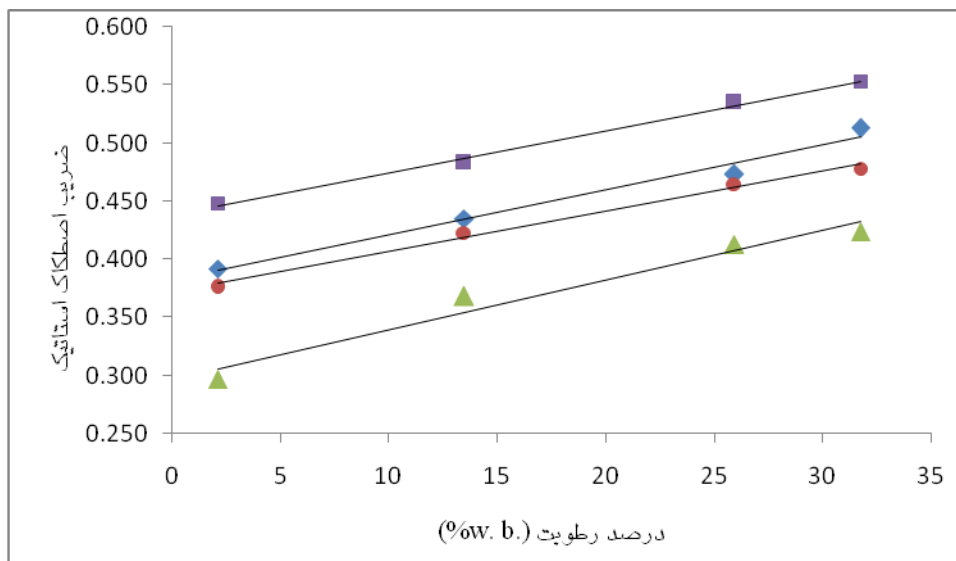
ضریب اصطکاک استاتیک

ضریب اصطکاک استاتیک برای فندق کامل و مغز آن بر روی سطوح شیشه، استیل، آهن گالوانیزه و MDF به ترتیب در اشکال ۵ و ۶ آورده شده است.

این روابط نشان دهنده اینست که بیشترین وابستگی به رطوبت در دانسیته واقعی مغزفندق و کمترین وابستگی به رطوبت در دانسیته توده ای فندق کامل و به عبارت بهتر در پوسته آن مشاهده می شود.



شکل ۵. تاثیر رطوبت بر ضریب اصطکاک استاتیک فندق کامل. ■: MDF، ◆: شیشه، ●: استیل، ▲: آهن گالوانیزه



شکل ۶. تاثیر رطوبت بر ضریب اصطکاک استاتیک مغز فندق. ■: MDF، ◆: شیشه، ●: استیل، ▲: آهن گالوانیزه

رطوبت های بالاتر ممکن است به دلیل افزایش نیروهای پیوستگی بین سطوح مورد نظر و سطح فندق باشد. همچنانکه رطوبت افزایش می یابد سطح نمونه ها چسبناک تر می شود زیرا آب تمایل دارد به سطوح بچسبد و به این ترتیب اصطکاک بین سطوح افزایش می یابد.

همانطورکه مشاهده می شود در تمام رطوبت ها هم برای فندق کامل و هم برای مغز آن بیشترین ضریب اصطکاک بر روی سطح MDF و پس از آن به ترتیب شیشه، استیل و آهن گالوانیزه مشاهده شد. این ممکن است به دلیل صافی یا زبری سطوح مورد نظر باشد. با افزایش رطوبت میزان ضریب اصطکاک استاتیک بطور خطی افزایش یافت. دلیل افزایش ضریب اصطکاک در

جدول ۱ روابط بین ضریب اصطکاک استاتیک فندق و مغز آن با میزان رطوبت

| فندق کامل | | مغز فندق | | سطح |
|----------------|----------------------|----------------|----------------------|---------------|
| R ² | رابطه | R ² | رابطه | رطوبت |
| ۰,۹۹۷ | $y = 0.002x + 0.386$ | ۰,۹۹۵ | $y = 0.002x + 0.428$ | MDF |
| ۰,۹۸۰ | $y = 0.004x + 0.324$ | ۰,۹۸۰ | $y = 0.002x + 0.382$ | شیشه |
| ۰,۹۵۹ | $y = 0.002x + 0.324$ | ۰,۹۹۱ | $y = 0.002x + 0.371$ | استیل |
| ۰,۹۸۶ | $y = 0.002x + 0.302$ | ۰,۹۶۳ | $y = 0.002x + 0.297$ | آهن گالوانیزه |

این دو می باشد. درمقابل کمترین وابستگی میان مغزفندق و آهن مشاهده شد.

آیدین (۲۰۰۲) با بررسی بر روی سه سطح پلاستیک، گالوانیزه و تخته چند لایه، بیشترین و کمترین وابستگی به رطوبت را هم برای دانه کامل و هم مغز فندق به ترتیب بر روی سطح گالوانیزه و تخته چند لایه بدست آورد. همچنین شدت وابستگی در مورد مغز تا

در جدول ۱ روابط بین ضریب اصطکاک استاتیک فندق و مغز آن با میزان رطوبت آورده شده است. همانطور که مشاهده می گردد بیشترین وابستگی در سطح MDF و درمورد فندق کامل مشاهده می گردد. این امر می تواند به دلیل شباهت بیشتر میان پوسته فندق و MDF در نتیجه نیروهای پیوستگی قویتر میان

پوسته نسبت به مغز سبک تر است. اما با این وجود جذب آب پوسته نسبت به مغز کمتر است. داده های مربوط به تغییرات تخلخل در اثر افزایش رطوبت تایید کننده این موضوع است. زیرا همانطور که مشاهده شد کاهش تخلخل فندق کامل یا به عبارتی پوسته آن در اثر جذب رطوبت کمتر از مغز فندق می باشد. ضریب اصطکاک استاتیک هم برای فندق کامل و هم برای مغز آن با افزایش رطوبت افزایش می یابد زیرا آب جذب شده در مغز و پوسته آن باعث افزایش نیروهای پیوستگی بین فندق و سطوح مختلف می شود. قوی ترین این نیروها با سطح MDF و ضعیف ترین آنها در سطح آهن گالوانیزه مشاهده می گردد.

بطور کلی جذب رطوبت در فندق باعث افزایش قابل توجه در فشار وارده به دیواره های سیلو می گردد و به همین دلیل نیاز به ضخامت بیشتر دیواره های سیلو خواهد بود که همین موضوع باعث افزایش هزینه ها خواهد شد. همچنین مشکلاتی را از قبیل جریان نامنظم مواد و ایجاد نواحی مرده در سیلو می کند بطوریکه فندق ها در این مناطق برای مدت های طولانی باقی مانده و متحمل خطرانی از قبیل تشکیل آفلاتوکسین می گردد. بنابر این میزان رطوبت این دانه ها و در نتیجه فاکتورهای بررسی شده در این تحقیق باید به دقت کنترل گردد.

حدی بیشتر از پوسته آن بود. ازدمیر و آکینچی (۲۰۰۴) نیز با بررسی ضریب اصطکاک استاتیک بر روی دو سطح تخته چند لایه و آهن گالوانیزه، اختلاف معنی داری بین ارقام بر روی سطح گالوانیزه بدست نیاموردند ولی تخته چند لایه تاثیر معنی داری از این بابت در بین ارقام داشت؛ بطوریکه بیشترین مقدار هم در فندق کامل و هم در مغز آن مربوط به رقم پالاز و کمترین مقدار برای مغز مربوط به رقم کاکیلداک و برای دانه کامل، رقم کارا بود.

نتیجه گیری

در این بررسی بعضی از خصوصیات فیزیکی فندق و مغز آن شامل دانسیته توده ای، دانسیته واقعی، تخلخل و ضریب اصطکاک استاتیک و تاثیر رطوبت بر این ویژگی ها بررسی شدند. این ویژگی ها ابزار مفیدی در طراحی فرآیندها و تجهیزات حمل و نقل، پوسته گیری، سورتینگ و غیره به شمار می آیند و آگاهی دقیق تر از این ویژگی ها باعث کارایی بیشتر این فرآیندها و کیفیت بالاتر فرآورده نهایی می شود. در مورد فندق این ویژگی ها هم در فندق کامل و هم مغز آن به شدت وابسته به رطوبت هستند، بطوریکه با افزایش رطوبت افزایش می یابند. مقادیر کمتر دانسیته ها در فندق کامل نسبت به مغز آن ممکن است به این دلیل باشد که

منابع مورد استفاده

- Aydin C. 2002. Physical properties of hazel nuts. *Biosystems Engineering*, 82: 297-303.
- Aydin C and Ozcan M. 2002. Some physico-mechanic properties of terebinth fruits. *Journal of Food Engineering* 53: 97-101.
- Baryeh EA. 2002. Physical properties of millet. *Journal of Food Engineering* 51: 39-46.
- Baryeh EA and Mangope BK. 2002. Some physical properties of QP-38 variety pigeon pea. *Journal of Food Engineering* 56: 59-65.
- Ercisli S, Ozturk I, Kara M, Kalkan F, Seker H, Duyar O and Erturk Y. 2011. Physical properties of hazelnuts. *International Agrophysics* 25: 115-121.
- Gezer I, Haciseferogullari H and Demir F. 2002. Some physical properties of hacihaliloglu apricot pit and its kernel, *Journal of Food Engineering* 56: 49-57.

- Kashaninejad M, Mortazavi A, Safekordi A and Tabil LG. 2006. Some physical properties of pistachio nut and its kernel. *Journal of Food Engineering* 72: 30-38.
- Konak M, Çarman K and Aydin C. 2002. Physical properties of chick pea seeds. *Biosystems Engineering* 82: 73-78.
- Mohsenin NN, 1986. *Physical properties of plant and animal materials*, New York: Gordon and Breach Science Publishers.
- Molenda M, Horabik J, Thompson SA and Ross IJ. 2004. Effects of grain properties on loads in model silo. *International Agrophysics* 18: 329-332.
- Ozdemir F and Akinci I. 2004. Physical and nutritional properties of four major commercial Turkish hazelnut varieties. *Journal of Food Engineering* 63: 341-347.
- Paksoy M and Aydin C. 2004. Some Physical properties of 368 edible squash (*Cucurbita pepo* L.) seeds. *Journal of Food Engineering* 65: 225-231.
- Razavi SMA, Amini AM, Rafe A and Emadzadeh B. 2007. The physical properties of pistachio nut and its kernel as a function of moisture content and variety. Part II. Gravimetric properties. *Journal of Food Engineering* 81: 218-225.
- Razavi SMA, Amini AM, Rafe A and Emadzadeh B. 2007. The physical properties of pistachio nut and its kernel as a function of moisture content and variety. Part III: Frictional properties. *Journal of Food Engineering* 81: 226-235.
- Sacilink K, Ozturk R and Kesikin R. 2003. Some physical properties of hemp seeds. *Biosystems Engineering* 86: 191-198.
- Sahin S and Sumnu SG, 2006. *Physical properties of foods*, Berlin: Springer Science Publisher. www.faostat.fao.org/site/339/default.aspx.