بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی مغز و پوسته بادام به منظور طراحی ماشین جداساز

وحید نیساری‌فام[۱]،رضا طباطبائی کلور[۲]، علی متولی[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد فناوری پس از برداشت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری؛vahidnf318@gmail.com
[۲]دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری ؛r.tabatabaei@sanru.ac.ir
[۳]استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری ؛motevali62@gmail.com

چکیده

بادام با نام علمی (Prunus amygdalus) دارای پوسته چوبی و مغزی حاوی انرژی زیاد، اسیدهای آمینه، قند و عناصر معدنی می‌باشد. یکی از مهم‌ترین فرآیندهای پس از برداشت بادام، جداسازی پوست چوبی آن از مغز بعد از شکستن می‌باشد. در این تحقیق، مشخصه‌های فیزیکی (شامل ابعاد و جرم) و خواص مکانیکی (شامل نیروی شکست و نیروی فشاری) بادام درختی پوست کاغذی در سه سطح رطوبت ۷٪، ۱۳٪ و ۱۹٪ بر پایه تر (w.b) اندازه‌گیری و محاسبه شد. بررسی اثر رطوبت بر پایداری زاویه غلتش بادام نشان داد که با افزایش رطوبت این زاویه کاهش می‌یابد. داده‌های مربوط به سطوح رطوبتی نشان داد که تقریبا رطوبت ۱۳٪ رطوبت مناسب برای غلتش مخلوط پوست چوبی و مغز بادام است و تحقیقات نشان داد که برداشت بادام نیز تقریبا در چنین سطح رطوبتی صورت می‌گیرد. در بررسی خواص مکانیکی نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش سطح رطوبتی مقدار این نیروها نیز افزایش می‌یابد که این افزایش مربوط به کاهش تردی محصول و مقاومت به نیرو می‌باشد. با توجه به داده‌های بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که برای ساخت دستگاه‌های جداساز و بادام شکن استفاده از سطح رطوبتی ۱۳٪ مناسب باشد زیرا با افزایش میزان نیروی شکست و فشاری، احتمال آسیب دیدن مغز بادام کاهش می‌یابد که سبب افزایش راندمان تولید مغز بادام سالم و بدون شکست می‌شود.

کلمات کلیدی: بادام درختی، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی، زاویه غلتش

Investigating the physical and mechanical characteristics of almond and almond shells to design a separator machine

Vahid Neysarifam[1], Reza Tabatabaei koloor[2], Ali Motevali[3]

[1]MSc Student, Post-harvest Technology, Bio systems engineering; VAHIDNF318@GMAIL.COM

[2] ASSOCIATE PROFESSOR, BIO SYSTEMS ENGINEERING; R.TABATABAEI@SANRU.AC.IR

[3] ASSISTANT PROFESSOR, BIO SYSTEMS ENGINEERING; MOTEVALI62@GMAIL.COM

ABSTRACT

Scientific name Almond (Prunus amygdalus) has a wooden shell and core containing high energy, amino acids, sugars and minerals. One of the most important processes peanuts after harvest is to isolate shell and the brain after breaking it. In this research, physical characteristics (including dimensions and mass) and mechanical properties (including failure force and compressive force) of paper skin almonds were measured at three levels of humidity of 7%, 13% and 19% on the basis of wet (w.b). Investigating the effect of moisture on altitude stability of the rolling angle shows that the humidity of 13% is approximate valid humid for rolling the mix of shell and core. As well studies showed that harvesting almonds is done in the same humidity. Reviewing obtained results in the study of mechanical properties, showed that with increasing moisture content, the amount of these forces also increases, which is related to the reduction of product hull and strength. According to the obtained data, it can be concluded that the use of a 13% moisture level is appropriate for the manufacture of separators and almond extractors, since by increasing the amount of break and compression force, the risk of damage to the almond brain decreases, which increases the production efficiency of healthy almonds and Without fracture.

Keywords: ALMONDS, PHYSICAL PROPERTIES, MECHANICAL PROPERTIES, ROLLING ANGLE

۱- مقدمه

بادام با نام علمی (Prunus amygdalus) متعلق به خانواده (Rosaceae) و زیر خانواده (Pronoideae) با قدمتی بالا است که در نقاط سردسیری و نیمه سردسیری ایران پراکنده است. بادام (amygdalus) یکی از گیاهان تیره گل سرخ متعلق به دو لپه‌ای‌ها می‌باشد. ارتفاع درخت بادام بر حسب رقم، آب و هوا، حاصلخیزی خاک و مراقبت‌های زراعی بین ۶ تا ۱۰ متر و یا بیشتر متغیر است. درخت بادام ریشه‌های قوی دارد که می تواند به طور عمودی تا سه متر در خاک نفوذ کند. بر اساس آمار سازمان خوار بار کشاورزی جهانی (FAO) مقدار تولید بادام در جهان جمعاً ۱/۵۶۰/۸۰۶ تن بوده که از این مقدار ۵۶۰/۰۰۰ تن به کشور آمریکا تعلق داشته است. ایران با تولید ۱۵۹ هزار تن بادام از ۱۹۰ هزار هکتار باغات این محصول بعد از کشورهای آمریکا، اسپانیا، مراکش و استرالیا توانسته است رتبه پنجم را کسب کند. بادام دارای دو قسمت مغز و پوسته چوبی می‌باشد که مغز آن حاوی اسیدهای آمینه، قند و عناصر معدنی می‌باشد و حاوی انرژی زیادی است. بادام در صنایع مختلف از جمله صنایع دارویی، صنایع شیرینی، قنادی‌ها و عطرسازی مصرف می‌شود. مغز بادام یک شفت با پوشش خارجی پرزدار است که برون‌بر نامیده می‌شود و پوسته سخت چوبی و شبکه‌دار یا درون‌بر آن را دربر می گیرد.

فرآوری محصولات کشاورزی شامل عملیاتی است که به منظور حفظ یا بهبود کیفیت یا تغییر شکل یا تغییر خصوصیات یک محصول کشاورزی انجام می شود. این عملیات به منظور افزایش ارزش افزوده مواد کشاورزی بعد از تولید انجام می شود. هدف اصلی فرآوری محصولات به حداقل رساندن افت کمی و کیفی محصولات پس از برداشت می باشد.

عملیاتی که معمولاً بر روی محصولات کشاورزی اعمال می شود، عمدتاً شامل تمیز کردن، درجه بندی، تفکیک کردن، خشک کردن، انبار کردن و تبدیل به مواد دیگر می باشد. شناخت خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی همواره مورد توجه و علاقه متخصصان کشاورزی و صنایع غذایی بوده است. این مسئله بویژه در رابطه با ماشین های کشاورزی، از لحاظ تأثیری که در بخشهای مختلف ماشین در مراحل برداشت، حمل و نقل، ذخیره سازی و فرآوری بر محصول ایجاد می کند حائز اهمیت است (خزائی،۱۳۸۲).

مشخصه‌های فیزیکی محصولات کشاورزی مهمترین پارامترها در طراحی سیستمهای درجه بندی، انتقال، فرآوری و بسته بندی می باشند. در بین خواص فیزیکی محصولات کشاورزی، ابعاد، جرم، حجم، سطح تصویری و سطح رویه از اهمیت بالایی در سیستمهای اندازه بندی برخوردار هستند. پرکردن مکانیزه بسته ها با شمارش میوه معمولاً سریعتر و ارزان تر از وزن‌کردن بسته‌ها می باشند.

شناخت ساختمان ماده می تواند درک بهتر و روشن تری از خواص فیزیکی و در نتیجه خصوصیات بافت آن ماده بدست دهد، لذا این مفهوم پایه و اساس بسیاری از پژوهش ها به منظور شناسایی خصوصیات بافت مواد بیولوژیک بوده است (لوئیس، ۱۹۸۹).

همچنین استقبال بازار از میوه های هم اندازه و یک شکل بیشتر است. بنابراین درجه بندی ابعادی میوه ها هزینه های بسته بندی و حمل و نقل را کاهش داده و امکان استفاده از الگوهای بسته بندی مناسب را فراهم می کند (پلیگ، ۱۹۸۵) شکل، اندازه، حجم، سطح رویه، چگالی، تخلخل، رنگ و ظاهر نیز از جمله مشخصه های فیزیکی هستند که در بسیاری مسائل مربوط به طراحی یک ماشین مخصوص یا تحلیل رفتارهای حاصله در انتقال مواد دارای اهمیت می باشد (محسنین، ۱۹۷۸). پارامترهای مورد نظر باید پارامترهایی باشد تا امکان ورود آنها به محاسبات مهندسی وجود داشته باشد (توکلی هشجین، ۱۳۸۲).

جهت تعیین خواص مکانیکی، با انجام آزمایش بوسیله‌ی دستگاه آزمون مواد بر روی بادام می توان نیروی لازم برای شکست و سایر پارامترهای مورد نیاز را در بارگذاری شبه استاتیک تعیین نمود. دانستن این صفات برای مدل سازی و پیش بینی رفتار بادام در بارگذاری دینامیک مفید است، که در مرحله شکستن بادام برای استخراج مغز آن صورت می گیرد، بنابراین لازمه ی کلیه ی اقدامات مذکور جهت مکانیزه شدن برداشت محصول، بسته بندی مناسب عرضه محصولات به داخل و خارج از کشور و نیز توسعه و بهبود صنعت تبدیل بادام به سایر مواد مفید مطالعه خواص فیزیک و مکانیک بادام می باشد.

شناخت خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی همواره مورد توجه و علاقه متخصصان کشاورزی و صنایع غذایی بوده است. این مسئله بویژه در رابطه با ماشینهای کشاورزی، از لحاظ تاثیری که در بخشهای مختلف ماشین در مراحل برداشت، حمل و نقل، ذخیره‌سازی و فرآوری بر محصول ایجاد میکند حائز اهمیت است. در این خصوص خزایی و همکاران (۲۰۰۲)، به منظور مطالعهی تغییرات نیروی شکست، انرژی مصرفی و قدرت مورد نیاز برای شکست بادام آزمایش‌هایی را با دستگاه اینسترون انجام دادند. نتایج نشان داد که

افزایش سرعت بارگذاری در هر دو جهت کنار و روبرو، نیروی شکست را کاهش میدهد. میانگین نیروی شکست برای بارگذاری در جهت کنار و روبرو به ترتیب ۶۴۴ و ۵۵۵ نیوتن بدست آمد. افزایش اندازه‌ی بادام، نیروی لازم برای شکست و انرژی مصرفی را افزایش می‌دهد. مقدار انرژی مصرفی در بارگذاری کناری با مقدار متوسط ۵۶۸ میلی ژول، بیشتر از بارگذاری از جهت روبرو با مقدار متوسط ۴۲۴ میلی‌ژول می‌باشد.

آیدین (۲۰۰۳) خواص فیزیکی بادام و مغز آن را مورد مطالعه قرار داد و ضریب اصطکاک استاتیکی را روی سطوح

چوب چندلا، لاستیک و آهن گالوانیزه بررسی و دریافت که این ضرایب روی چوب چند لا بیشترین و آهن گالوانیزه کمترین مقدار بود. همچنین

دریافت که با افزایش رطوبت مغز بادام، نیروی شکست کاهش پیدا می‌کند و بیشترین نیروی شکست در جهت محور طولی بادام، محورX اتفاق افتاد.

ارسلان و ورساوس(۲۰۰۶) خواص فیزیکی و مکانیکی سه رقم بادام به نام های فرگنس، فرادول و گورا را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که (با توجه به بارگذاری انجام شده) برای شکست آسان بادام، شرایط رطوبتی یک ضرورت به حساب می‌آید.

گازر و همکاران (۲۰۰۲)، در تحقیقی روی واریته خاصی از هسته‌ی زردآلو (هکی هالیلوگلو) دریافتند که با افزایش محتوای رطوبتی هسته و مغز زردآلو، نیروی شکست کاهش می‌یابد. همچنین ماکزیمم نیروی شکست برای هسته‌ی زردآلو در جهت محور طولی ۶۵۶,۲ نیوتن و برای مغز آن در جهت ضخامت ۱۱۸,۸ نیوتن بدست آمد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، بادام درختی خشک (پوست کاغذی) از استان آذربایجان شرقی تهیه و در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای مطالعه ویژگی‌های مغز بادام، مقداری از نمونه به روش دستی در آزمایشگاه پوست‌گیری شد و مغز کامل و سالم به‌دست آمده برای آزمون مورد استفاده قرار گرفت.

مقدار رطوبت اولیه بادام با استفاده از آون در دمای ۲±۱۰۳ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شد. برای تغییر مقدار رطوبت مغز بادام و پوست آن، رطوبت‌دهی با محاسبه تقریبی آب لازم از طریق معادله و بخاردهی بر روی بادام‌ها انجام شد. مقدار رطوبت اولیه‌ی دانه‌ها به عنوان اولین رطوبت در نظر گرفته شده و برای تنظیم سایر سطوح رطوبتی از روش مذکور استفاده گردید.

$$Q = \frac{W(M_f - M_i)}{100 - M_f}$$

Q وزن آب اضافه شده به گرم، W وزن اولیه دانه به گرم و M_i ، M_f به ترتیب رطوبت اولیه و ثانویه‌ی دانه مورد مطالعه می‌باشد.

کلیه‌ی خواص فیزیکی بادام در سطوح رطوبتی ۷، ۱۳، ۱۹ درصد با پنج تکرار در هر سطح انجام شد. برای تعیین خصوصیات ابعادی و جرم نمونه های مورد آزمایش، به ترتیب از یک کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی متر و یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱گرم استفاده شد. برای طبقه‌بندی اندازه نمونه‌های مورد آزمایش، نمونه‌ها بر اساس توزیع نرمال به سه سطح بزرگ، متوسط و کوچک تقسیم بندی شدند. برای محاسبه زاویه پایداری در غلتش بدین صورت عمل شد که ابتدا محصول مورد نظر را روی سطح در خلاف شیب بالا برده و بعد از حالت ایستایی کامل زاویه را تغییر داده تا محصول شروع به حرکت کند. این موقعیت به عنوان موقعیت تعادل اولیه در نظر گرفته می‌شود. سپس سکویی را که میوه روی آن قرار دارد، بلند می‌کنند تا میوه شروع به حرکت نماید. زاویه‌ای که در آن محصول شروع به حرکت کرده‌است همان زاویه پایداری غلتش است. که آزمایشات مورد نظر بر روی سه سطح توری مشبک، آهن گالوانیزه و تخته چندلا انجام شد. برای هر سطح آزمایش در سه تکرار انجام و میانگین داده‌ها به عنوان زاویه پایداری در غلتش گزارش شد.

شکل ۱- ابزار اندازه‌گیری زاویه پایداری

به منظور تعیین خواص مکانیکی نمونه های بادام، از آزمون فشاری و منحنی نیرو-جابجایی استفاده شد. این آزمایش‌ها به وسیله دستگاه آزمون کشش- فشار انجام گرفت. دستگاه از سه قسمت اصلی صفحه ثابت، صفحه متحرک که نیرو توسط آن به میوه اعمال میشود و قسمت متحرک و صفحه نمایش که نتایج حاصل را نمایش میدهد، تشکیل شده است.

برای تعیین نیروی شکست پوست چوبی و مغز بادام‌ها، تک -تک نمونه‌های مورد آزمایش به صورت افقی در فاصله بین فک های ثابت و متحرک دستگاه قرار گرفت. بارگذاری به صورت شبه استاتیکی انجام و همزمان در حین بارگذاری داده‌های نیرو - جابجایی تا لحظه شکست به‌دست آمد. تمامی آزمایشات در سه سطح رطوبتی با پنج تکرار انجام شد. در همه آزمون‌های بارگذاری نخستین نقطه شکست به عنوان نیروی شکست ثبت

گردید.

نتایج و بحث

پس از محاسبه رطوبت جهت بررسی دقیق‌تر خواص فیزیکی نمونه‌ها، گروه‌بندی آن‌ها انجام گرفت. یکی از روش‌های گروه‌بندی محصولات کشاورزی، گروه‌بندی بر اساس ابعاد آن می‌باشد. بدین منظور ابعاد ۲۰ عدد از تکه‌های پوست چوبی و مغز بادام اندازه‌گیری شد. براساس داده‌های به‌دست آمده پوست‌های بادام در سه گروه تقسیم‌بندی شدند. هم‌چنین مغز بادام به عنوان یک گروه مستقل مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱- نحوه گروه‌بندی اجزای مخلوط

Table 1. How to group the mixture components

شماره گروه	مشخصه کیفی	مشخصه فیزیکی
گروه(۱)	پوست‌های کوچک	طول کم‌تر از 15 mm
گروه(۲)	پوست‌های متوسط	طول بین mm15- mm20
گروه(۳)	پوست‌های بزرگ	طول بیش از mm20
گروه(۴)	مغز بادام	-

برای بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی از هر گروه ۱۰ نمونه انتخاب شد. انتخاب نمونه‌ها به گونه‌ای بود که شامل کوچکترین عضو گروه تا بزرگترین عضو آن باشد. نمونه‌های انتخابی جهت شناسایی در تمام مراحل آزمایش شماره‌گذاری شدند. در جدول ۲ داده‌های مربوط به خواص فیزیکی نمونه‌های پوست و مغز بادام آورده شده است.

جدول ۲- داده‌های مربوط به خواص فیزیکی نمونه‌ها

Table 2. Data on physical properties of samples

نمونه ها(شماره گروه)	دامنه تغییرات پارامتر بررسی شده			
	طول(mm)	عرض(mm)	ضخامت(mm)	جرم(grm)
پوست های کوچک(۱)	11/23 – 14/6	8/12 – 11/83	2/16 – 4/97	0/07 -0 /22
پوست های متوسط(۲)	15/1 – 19/62	12/31 – 14/7	5/21 – 7/62	0/25 – 0/45
پوست های بزرگ(۳)	20/25 – 30/1	15/52 – 17/48	8/82 – 13/48	0/51 – 0/99
مغز بادام(۴)	17/70 – 23/58	10/19 – 16/32	6/35 - 8/45	0/88 – 1/36

نتایج بدست آمده در جدول ۳ نشان داد که پوست بادام در تمامی سطوح رطوبتی بیشترین میزان زاویه غلتش و مغز بادام دارای کمتریم میزان زاویه غلتش بود. از آنجا که هدف از پژوهش حاضر طراحی و ساخت دستگاهی برای جداسازی پوست بادام از مغز آن می‌باشد لذا زاویه غلتش مخلوط پوست چوبی از مغز آن بسیار حائز اهمیت است. داده‌های بدست آمده نشان داد که زاویه غلتش برای مخلوط پوست چوبی بادام و مغز آن تقریبا برابر میانگین داده‌ها جداگانه مغز و پوست چوبی است. از طرف دیگر مقایسه سطوح مختلف حرکتی نشان داد که بالاترین میزان زاویه مربوط به سطح توری می‌باشد که در برای طراحی سامانه جدایش نیز باید از صفحه شیبدار توری استفاده کرد. برای ساخت دستگاه جداساز مغز بادام از پوست چوبی آن از زوایای بدست آمده می‌توان استفاده کرد. جهت سهولت در خروج مغزها و هدایت آنها به مخزن می‌توان از یک سطح شیب‌دار با زاویه قرارگیری مناسب استفاده کرد. برای انتخاب جنس و نوع سطح باید این نکته را در نظر گرفت که سطح انتخابی علاوه بر این‌که در عبور جریان هوا تاثیر زیادی نگذارد از سقوط مواد به محفظه دمنده نیز جلوگیری کند. بدین منظور از سطوح توری مشبک استفاده شد. داده‌های به‌دست آمده نشان می‌دهد بیشترین مقاومت غلتشی بین نمونه‌ها و سطح توری و کمترین مقاومت غلتشی بین نمونه‌ها و سطح تخته‌ی چند لایه مشاهده شده است. همچنین داده‌های مربوط به سطوح رطوبتی نشان داد که تقریبا رطوبت ۱۳٪ رطوبت مناسب برای غلتش مخلوط پوست چوبی و مغز بادام است و تحقیقات نشان داد که برداشت بادام نیز تقریبا در چنین سطح رطوبتی صورت می‌گیرد.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران

جدول ۳- زاویه پایداری در غلتش روی سطوح مختلف (درجه)

Table 3: Angle of stability in rolling on different surfaces (degrees)

نمونه‌ها	توری	ورق گالوانیزه	تخته چندلایه
رطوبت ۷٪			
پوست	21	12	10
مغز بادام	10	9	6
مخلوط پوست و مغز	15	10	8
رطوبت ۱۳٪			
پوست	15	11	10
مغز بادام	10	9	7
مخلوط پوست و مغز	13	10	8
رطوبت ۱۹٪			
پوست	14	10	9
مغز بادام	10	9	7
مخلوط پوست و مغز	12	9	7

میانگین نیروی شکست نسبت به جابجایی برای مغز بادام در سه سطح رطوبتی به‌صورت زیر بدست آمد.

جدول ۴- میانگین نیروی شکست نسبت به جابجایی

Table 4. Average failure force relative to displacement

جابجایی(mm)	میانگین نیروی شکست(N)		
	رطوبت ۷٪	رطوبت ۱۳٪	رطوبت ۱۹٪
0	0	0	0
0.4	22.24	12.16	12.16
0.8	35.68	22.64	22.64
1.2	49.68	33.34	33.34
1.6	61.16	44.12	44.12
2	56.4	50.02	50.82
2.4	46.38	46.64	50.64
2.8	44.9	50.2	52.2
3.2	33.78	51.76	54.36
3.6	28.28	42.9	53.3
4	21.56	38.72	41.48

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

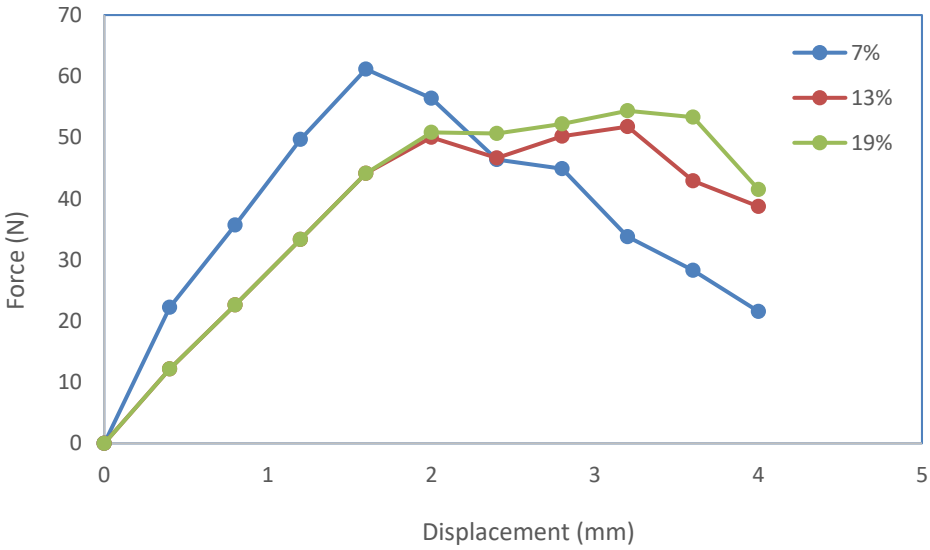

Figure 1. Average failure rate relative to displacement

شکل۱- نمودار میانگین نیروی شکست نسبت به جابجایی

میانگین نیروی فشاری نسبت به جابجایی برای مغز بادام در سه سطح رطوبتی به‌صورت زیر بدست آمد.

جدول۵- میانگین نیروی فشاری نسبت به جابجایی

Table 5. Average compression force relative to displacement

جابجایی(mm)	میانگین نیروی فشاری(N)		
	رطوبت ۷٪	رطوبت ۱۳٪	رطوبت ۱۹٪
0	0	0	0
0.4	63.34	66.06	70.78
0.8	111.38	114.1	118.82
1.2	166.32	169.04	173.76
1.6	195.2	197.92	202.64
2	223.04	225.76	230.48
2.4	262.52	265.24	269.96
2.8	298.08	300.8	309.52
3.2	311.32	314.32	321.04
3.6	312.32	317.26	324.64
4	326.04	327.96	335.88

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

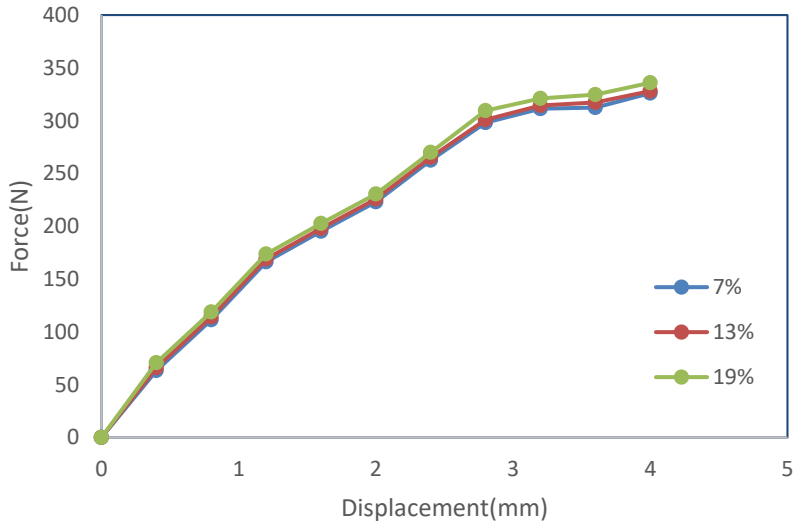

Figure 2. Average compression force to displacement

شکل۲- نمودار میانگین نیروی فشاری نسبت به جابجایی

داده‌های مربوط به نیروی شکست و نیروی فشاری نشان می‌دهد که با افزایش سطح رطوبت میزان نیرو ها افزایش می‌یابد که این افزایش مربوط به کاهش تردی محصول و مقاومت به نیرو می‌باشد. با توجه به داده‌های بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که برای ساخت دستگاه‌های جداساز و بادام شکن استفاده از سطح رطوبتی ۱۳٪ مناسب باشد زیرا با افزایش میزان نیروی شکست و فشاری احتمال آسیب دیدن مغز بادام کاهش می‌یابد که باعث افزایش راندمان تولید مغز بادام سالم و بدون شکست می‌شود.

مراجع

Arslans, M. and vursavus, K. 2006. Determination of Some Necessary Physical and mechanical properties to design of an Almond process equipment. *J. Agric. Machinery SCI.* 2(3): 245-255.

.Aydin, C., 2003. Physical properties of almond nut and kernel. Journal of Food Engineering, 60(3), pp.315-320

Bart-Plange, A., and Baryeh, E. A. 2003. The physical properties of Category B cocoa beans. *Journal of Food Engineering*, 60, 219–227.

Food and Agriculture Organization. 2016. Statistics: Faostat-Agriculture, Production, Crops. retrieved from: http://www.faostat.fao.org

Khazaei . J. 2003. Determine the chickpea sheath picking force and its mechanical strength to knock. Doctoral dissertation, Agricultural Machinery Mechanics. Faculty of Agriculture, University of Tehran. (Persian)

Khazaei, J.,Rasekh, M and Borghei A.M.2002. Physical and Mechanical Properties of Almond and Its Kernel Related To Cracking and Peeling. Proceedings of ASAE Annual International Meeting. Chicago, Illinois, USA.

Khazaie, G., Rasekh, M. and Borgheie, A. 2003. Physical and mechanical properties of almond and its kernel. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 9(3): 11-33. (Persian).

Mohsenin, N. N. 1978. Physical properties of plant and animal materials.

Turkan, A., Polat, R. and Atay, U. 2007. Comparison of mechanical properties of some select almond cultivars with hard and soft shell under compression loading. *Journal of Food Engineering.* 30, 733-789.