نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

بررسی اثر پارامترهای خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم بر خواص مکانیکی دانه‌های ذرت

عماد امیری[۱*]، حسینعلی شمس آبادی[۲]، مهدی کاشانی‌نژاد[۳]، علی اصغری[۲]

۱ ، ۲ و ۳– به ترتیب فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم ، استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم و دانشیار گروه مهندسی صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
ایمیل مکاتبه کننده: amiriemad68@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق اثر پارامترهای خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم، شامل دمای هوای خشک‌کن (٤٠، ٦٠ ،٨٠ و ١٠٠ درجه سلسیوس) و سرعت چرخش استوانه خشک‌کن (٢، ٦ و ١٠ دور بر دقیقه)، بر ابعاد و خواص مکانیکی دانه‌های ذرت مورد بررسی قرار گرفت. متغیرهای وابسته طول، عرض، ضخامت، انرژی شکست، چغرمگی و توان لازم برا شکست دانه‌ها می‌باشند. محدوده‌ی تغییرات میانگین طول، عرض و ضخامت به ترتیب١٣/١٦-٩/٩٢، ٩/٦٨-٨/٠٥، ٥/٧٤-٣/٨٠ میلی‌متر بدست آمد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که خشک شدن دانه‌ها در دماهای بالاتر مقاومت به شکست دانه‌های ذرت را کاهش می‌دهد به طوری که بیشترین انرژی شکست برای دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد و بیشترین چغرمگی و توان شکست برای دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با توجه به نتایج بیشترین عامل تأثیر گذار بر روی خواص مکانیکی دانه‌های ذرت در خشک‌کن استوانه‌ای دوار دمای هوای خشک‌کن می‌باشد که با افزایش دما ابعاد دانه، انرژی شکست، چغرمگی و توان شکست دانه‌های ذرت کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، خشک‌کن، خواص مکانیکی، انرژی شکست

مقدمه

ذرت با نام علمی *Zea mayz* یکی از غلات گرمسیری و از خانواده گندمیان متعلق به گیاهان تک‌لپه‌ای می‌باشد. ذرت پرمحصول‌ترین غله دنیا به حساب می‌آید و از لحاظ مقدار تولید پس از گندم و برنج قرار دارد. امروزه ذرت در تغذیه بسیاری از مردم دنیا نقش اساسی دارد و ایران یکی از تولید کنندگان مهم ذرت می‌باشد (چیذری و امیر نژاد، ١٣٧٩).

براهمیت ذرت در صنایع تبدیلی روغن و انواع مواد غذایی و نشاسته و فرآورده‌های بسیاری که به عنوان غذای انسانی مورد استفاده قرار می‌گیرند تأکید می گردد و باید گفت که تقریباً ٦٥ تا ۷۰ درصد جیره غذایی طیور کشور را ذرت دانه‌ای تشکیل می‌دهد و ذرت در واقع یک کالای استراتژیک و تعیین کننده در صنعت مرغداری کشور محسوب می شود. منابع مختلف آمار مصرف کل ذرت کشور را بالغ بردو میلیون و ۵۰۰ تا دو میلیون و ۷۰۰ هزار تن در سال پیش بینی می‌کنند، و با روند افزایش جمعیت و مصرف مرغداریها، این رقم نیز افزایش خواهد داشت (جهاد کشاورزی، ۱۳۹۱).

شناخت خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی همواره مورد توجه و علاقه متخصصین کشاورزی و صنایع غذایی بوده است. این مسأله بویژه در رابطه با ماشینهای کشاورزی، از لحاظ تاثیری که در بخشهای مختلف ماشین در مراحل برداشت، حمل و نقل،ذخیره سازی و فرآوری بر محصول ایجاد میکند، حائز اهمیت است (پورآزرنگ، ۲۰۰۲).

آسیب مکانیکی در انواع میوه و سبزی پدیده‌ای است ناخواسته که افزایش میزان فساد و کاهش کیفیت محصول را به همراه دارد (افکاری سیاح وهمکاران، ۱۳۸۷). تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی برای طراحی و بهبود تجهیزات برداشت و پس از آن شامل دستگاه‌های انتقال، جداسازی، شست‌وشو، فراوری، بسته‌بندی و انبارداری امری ضروری است که تا کنون توسط محققان متعددی برای انواع محصولات تحقیق و گزارش گردیده است (طباطبایی فر و رجبی پور، ۲۰۰۵. فریدلت و آدرین، ۱۹٦٦. گارسیا و همکاران، ۱۹۹۵. گایاس و همکاران، ۲۰۰٦ و زیگو وهمکاران، ۲۰۱۱). از نتایج آزمایشهای استاتیکی و شبه استاتیکی می‌توان در پیشگویی نتایج بارگذاری دینامیکی استفاده کرد. همچنین برخی محققین بر این عقیده‌اند که نتایج آزمایشهای شبه استاتیکی می تواند معیاری برای طراحی ماشینهای کشاورزی و فرآوری مورد استفاده قرار گیرند (استروشین و همکاران، ۱۹۹٤. پراون وهمکاران، ۱۹۹۵. گوپتا و داس، ۱۹۹٦).

ذرت دانه‌ای یکی از عمده‌ترین موارد مصرف جیره غذایی طیور در مرغداری‌ها می‌باشد که برای این منظور عملیات آسیاب کردن دانه‌ها در مرغداری‌ها و بررسی خواص مکانیکی دانه‌های ذرت برای بهینه کردن تجهیزات خوراک دهی امری ضروری می‌باشد. بنابراین در این تحقیق تأثیر درجه حرارت و سرعت چرخش خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم بر ابعاد و خواص مکانیکی دانه‌های ذرت مورد بررسی قرار گرفته است.

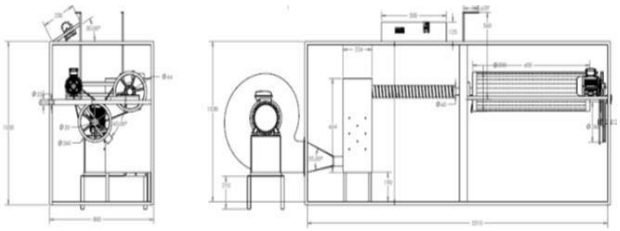
مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش‌ها با توجه به سطح زیر کشت و عملکرد ذرت از رقم سینگل کراس ۷۰٤ استفاده شد و برای خشک کردن نمونه‌ها از یک خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیر مداوم که در گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان طراحی و ساخته شد استفاده گردید. نمای روبرو و جانبی خشک‌کن مورد استفاده در شکل ۱ نشان داده شده است. برای این منظور نمونه‌ها با رطوبت اولیه ۲۷ درصد بر پایه خشک در دستگاه خشک‌کن تا رطوبت ۱۳ درصد بر پایه خشک در سه تکرار خشک شدند سپس از هر نمونه خشک شده ۸ عدد دانه ذرت به طور تصادفی انتخاب شد، و با استفاده از یک کولیس با دقت ۰/۰۲ میلیمتر، طول (a)، عرض (b) و ضخامت (c) دانه‌ها اندازه گیری شد

(شکل ۲). از آنجا که شکل دانه‌ها و سایر مواد کشاورزی گرانولی معمولاً نامنظم هستند، اندازه دانه‌ها را با قطر هندسی بیان می‌کنند. با استفاده از میانگین ابعاد دانه‌ها، قطر هندسی و حجم متوسط دانه‌ها که در محاسبات خواص مکانیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند با استفاده از معادلات (۱) و (۲) محاسبه شد (محسنین، ۱۹۸٦).

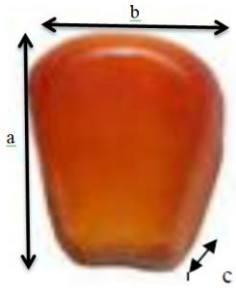
$$d_g = (abc)^{1/3} \quad (۱)$$

$$V_s = \frac{\pi d_g^3}{6} \quad (۲)$$



شکل ۱- نمای روبرو و جانبی خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم

در این تحقیق پس از اندازه‌گیری ابعاد دانه‌ها، تحت آزمایش فشاری قرار گرفتند. نمودار نیرو- تغییر شکل توسط دستگاه تست کشش فشار (SANTAM) مدل STM_5 اندازه گیری شد. این دستگاه شامل دو صفحه موازی تخت با لودسلی با ظرفیت ۵۰۰ کیلوگرم است. برای این کار سرعت حرکت فک فشار دهنده (فک بالایی) ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه استفاده شد. دانه‌های ذرت به دلیل سر خوردن زیر فک‌های دستگاه تست کشش فشار در جهت قطر کوچک (b)، در راستای قطر بزرگ (a) تحت بارگذاری قرار گرفتند (شکل ۲).

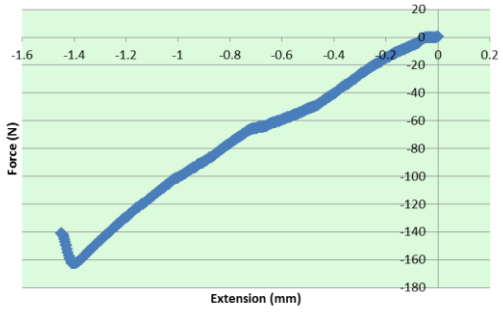


شکل ۲- ابعاد دانه ذرت

نمودارهای نیرو _ تغییر شکل توسط دستگاه اینسترون متصل به کامپیوتر دارای نرم افزار دستگاه تست اینسترون رسم شد. یک نمونه از این نمودارها در شکل ۳ نشان داده شده است. برای استخراج خواص مهم از منحنی نیرو _ تغییر شکل، داده-های خام حاصل از دستگاه تست کشش فشار به نرم افزار اکسل منتقل شده و مورد بررسی قرار گرفت. تعریف‌هایی که از

مساحت زیر منحنی نیرو _ تغییر شکل بدست می‌آیند. برای سنجش کیفیت بافت مواد غذایی و ارزیابی خواص شکست مفید می‌باشد. چغرمگی، سفت بودن مواد در واحد حجم را نشان می‌دهد به عبارت دیگر، کار مورد نیاز در واحد حجم برای تخریب مواد می‌باشد (ذکی دیزجی و مینایی، ۱۳۸٦). با توجه به نقطه‌ای که اولین شکست در سطح نمودار را نشان می‌دهد نیروی گسیختگی و تغییر شکل بیشینه مشخص شده است. سطح زیر نمودار نیرو _ تغییر شکل میزان انرژی گسیختگی را نشان می‌دهد که توسط نرم افزار اکسل این سطح بدست آورده شد در نتیجه انرژی گسیختگی بدست آمد. توان لازم برای شکستن دانه‌های ذرت نیز طبق رابطه ۳ محاسبه گردید. که در آن P توان لازم برای شکست برحسب وات، E انرژی شکست بر حسب میلی ژول، S سرعت بارگذاری برحسب میلی متر بر دقیقه و Δx حداکثر تغییر شکل دانه تا لحظه شکست بر حسب میلیمتر می باشد (ذکی دیزجی و مینایی، ۱۳۸٦).

$$p = \frac{E \times S}{60000 \times \Delta x} \qquad (۳)$$



شکل ۳- نمونه یک نمودار نیرو – جابجایی

بررسی اثر دمای هوای خشک‌کن و سرعت چرخش استوانه بر خواص مکانیکی دانه‌های ذرت در سه تکرار در قالب آزمایش فاکتوریل انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌های طول، عرض، ضخامت، انرژی گسیختگی، چغرمگی و توان لازم برای شکست دانه‌های ذرت در قالب طرح کاملاً تصادفی و تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام گرفت و نمودارها و جداول به وسیله نرم‌افزار Microsoft office Excel 2010 رسم شد.

نتایج و بحث

اثر عوامل مختلف دما و سرعت چرخش استوانه خشک‌کن بر ابعاد دانه‌های ذرت

جدول ۱ میانگین مقادیر ابعاد (طول، عرض و ضخامت) دانه‌های ذرت در دما و سرعت‌های مختلف چرخش استوانه خشک-کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم را نشان می‌دهد. محدوده‌ی تغییرات ابعاد یعنی طول، عرض و ضخامت به ترتیب ۱۳/۱٦-۹/۹۲، ۹/٦۸-۸/۰۵، ۵/۷٤-۳/۸۰ میلی‌متر بدست آمد. با افزایس دمای هوای خشک‌کن (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) و کاهش دمای هوای خشک‌کن (٤۰ درجه سانتی‌گراد) طول دانه‌های خشک شده در خشک‌کن کاهش می‌یابد همچنین با افزایش سرعت چرخش استوانه طول دانه‌های ذرت نیز کاهش می‌یابد بطوری که بیشترین طول دانه برای دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت چرخش ۲ دور بر دقیقه می‌باشد. عرض و ضخامت دانه‌های ذرت نیز با افزایش دمای هوای خشک‌کن از ٤۰ به ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد که دلیل آن جذب سریع رطوبت از دانه می‌باشد که باعث جمع شدن بیشتر سطح دانه می‌شود. و با افزایش سرعت چرخش استوانه نیز عرض و ضخامت دانه کاهش می‌یابد که دلیل آن چرخش سریعتر دانه‌ها در داخل محفظه خشک‌کن و برخورد بیشتر دانه‌ها با همدیگر و با دیواره خشک‌کن می‌باشد.

جدول ۱: میانگین ابعاد دانه‌های ذرت در دما و سرعت‌های مختلف استوانه خشک‌کن

دما (°C)	سرعت چرخش استوانه (rpm)	طول (mm)	عرض (mm)	ضخامت (mm)
٤۰	۲	۱۰/۳۵	۹/٦۸	۵/۷٤
	٦	۱۰/۰۸	۹/۵۷	۵/۷۲
	۱۰	۹/۹۲	۹/۵۱	۵/۷۱
٦۰	۲	۱۱/۸۲	۹/۰۳	٤/٤۸
	٦	۱۱/٦۸	۸/۷۳	٤/۷۳
	۱۰	۱۱/۵۰	۸/۸۵	٤/۷٤
۸۰	۲	۱۳/۱٦	۸/۷۹	٤/۸۳
	٦	۱۲/۹۳	۸/٦٦	٤/٤۲
	۱۰	۱۲/۷۳	۸/٤۲	٤/۲۳
۱۰۰	۲	۱۱/۰۷	۸/٤۰	٤/۱۸
	٦	۱۰/۹۰	۸/۵۲	٤/۰۵
	۱۰	۱۰/۸٤	۸/۰۵	۳/۸۰

اثر عوامل مختلف دما و سرعت چرخش استوانه بر انرژی گسیختگی دانه‌های ذرت

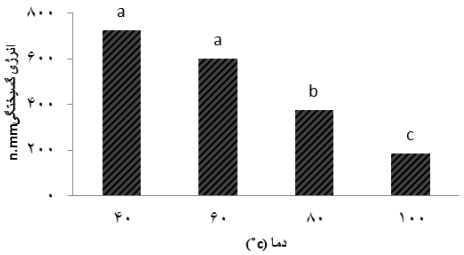
نتایج آنالیز واریانس اثر دمای هوای خشک‌کن (٤٠، ٦٠، ٨٠ و ١٠٠ درجه سانتی‌گراد) و سرعت چرخش استوانه (٢، ٦، ١٠ دور در قیقه) بر انرژی گسیختگی دانه‌های ذرت در جدول ٢ آمده است. نتایج جدول نشان می‌دهد که اثر اصلی دما بر انرژی گسیختگی دانه‌های ذرت در سطح خطای یک درصد اثر معنی‌داری دارد. به عبارت دیگر افزایش یا کاهش دما تغییر معنی-داری در میزان انرژی گسیختگی دانه‌های ذرت ایجاد می‌کند که خشک شدن دانه‌ها در دماهای بالاتر مقاومت به شکست دانه-های ذرت را کاهش می‌دهد که این مسئله نتایج تحقیق پیلینسکی و همکاران در خشک کردن دانه‌های ذرت در دمای ٢٥ تا ١٠٠ درجه سانتی‌گراد، را تایید کرد (پیلینسکی و همکاران، ١٩٩٤).

جدول ٢: نتایج آنالیز واریانس مربوط به اثر دمای هوای خشک‌کن و سرعت چرخش استوانه بر انرژی گسیختگی دانه‌های ذرت

منابع تغییرات	میانگین مربعات (MS)	F
دما	٦٩٦٣/٨٨٤	٢٢٧/٣٦**
سرعت	١٠٦/١٢٦	٣/٤٦*
دما × سرعت	٦/٨٢١	٠/٢٢ns

** تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد ($p<0.01$)، * تفاوت معنی‌داری در سطح ٥ درصد ($p<0.05$)، ns عدم معنی‌داری

با توجه به جدول ٢ اثر سرعت چرخش استوانه بر انرژی گسیختگی دانه‌های ذرت در سطح خطای پنج درصد اثر معنی‌داری دارد. این در حالی است که اثر متقابل دما و سرعت چرخش استوانه اثر معنی داری روی انرژی شکست دانه‌های ذرت ندارد. با توجه به شکل ٤ روند کاهش انرژی گسیختگی دانه‌های ذرت از دمای ٤٠ تا ١٠٠ درجه سانتی‌گراد نشان داده شده است. علت آن جذب سریع رطوبت از دانه‌های ذرت در دماهای بالای خشک‌کن می‌باشد. همچنین انرژی شکست دانه‌های ذرت در دمای ٤٠ و ٦٠ درجه سانتی‌گراد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ٤– نمودار انرژی گسیختگی در دماهای مختلف

اثر عوامل مختلف دما و سرعت چرخش استوانه بر چغرمگی دانه‌های ذرت

در جدول ٣ نتایج آنالیز واریانس اثر دمای هوای خشک‌کن و سرعت چرخش استوانه بر چغرمگی(سفتی) دانه‌های ذرت نشان داده شده است. نتایج جدول نشان می‌دهد که اثر اصلی دما بر چغرمگی دانه‌های ذرت در سطح خطای یک درصد اثر

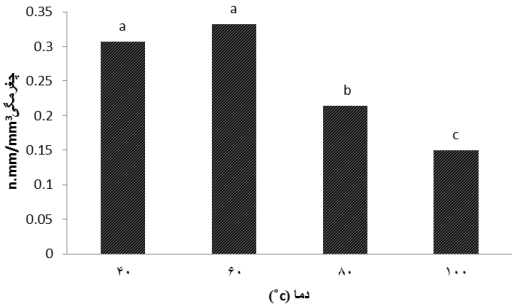
معنی‌داری دارد. به عبارت دیگر افزایش یا کاهش دما تغییر معنی‌داری در میزان چغرمگی دانه‌های ذرت ایجاد می‌کند که با افزایش دمای هوای خشک‌کن چغرمگی دانه‌های ذرت کاهش می‌یابد. اما سرعت چرخش استوانه خشک‌کن اثر معنی‌داری بر روی چغرمگی دانه‌های ذرت ندارد این به این معنی است که با افزایش یا کاهش سرعت چرخش استوانه در چغرمگی دانه-های ذرت خشک شده تغییری ایجاد نخواهد شد همچنین اثر متقابل دما و سرعت چرخش استوانه نیز اثر معنی داری بر روی چغرمگی دانه‌های ذرت خشک شده در خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم ندارد.

جدول ۳: نتایج آنالیز واریانس مربوط به اثر دمای هوای خشک‌کن و سرعت چرخش استوانه بر چغرمگی دانه‌های ذرت

منابع تغییرات	میانگین مربعات (MS)	F
دما	۰/۰٦٤	۹۵/۷٤**
سرعت	۰/۰۱۲	۰/۲۰ns
دما × سرعت	۰/۰۰۱	۰/۹۱۲ns

** تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد ($p<0.01$)، ns عدم معنی‌داری

در شکل ۵ چغرمگی دانه‌های ذرت در دمای ٤۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد نشان داده شده است. که بیشترین چغرمگی برای دانه‌هایی می‌باشد که در دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده‌اند و کمترین میزان چغرمگی برای دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همچنین میزان چغرمگی دانه‌ها در دمای ٤۰ و ٦۰ درجه سانتی‌گراد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۵– نمودار چغرمگی در دماهای مختلف

اثر عوامل مختلف دما و سرعت چرخش استوانه بر توان لازم برای شکست دانه‌های ذرت

نتایج آنالیز واریانس اثر دمای هوای خشک‌کن (٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) و سرعت چرخش استوانه (۲، ٦، ۱۰ دور در قیقه) بر توان لازم برای شکست دانه‌های ذرت در جدول ۲ آمده است. نتایج جدول نشان می‌دهد که اثر اصلی دما بر توان شکست دانه‌های ذرت در سطح خطای یک درصد اثر معنی‌داری دارد. که با افزایش دمای هوای خشک‌کن توان شکست دانه‌های ذرت کاهش می‌یابد که بیشترین توان شکست برای دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با توجه به جدول ٤ سرعت چرخش استوانه خشک‌کن اثر معنی‌داری بر روی توان شکست دانه‌های ذرت ندارد همچنین اثر متقابل دما و سرعت چرخش استوانه نیز اثر معنی داری بر روی توان شکست دانه‌های ذرت خشک شده در خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم ندارد.

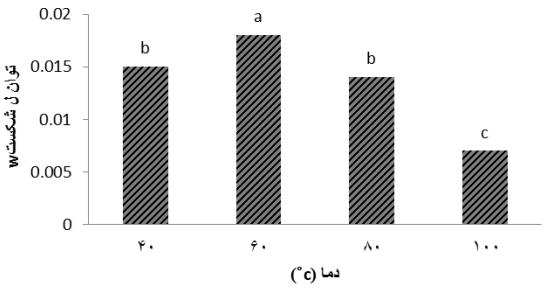
تغییرات چغرمگی، انرژی گسیختگی و توان شکست دانه‌های ذرت که در دماهای مختلف خشک‌کن خشک شده‌اند تقریبا مشابه می‌باشند این با یافته‌های دیگر محققان که خواص مکانیکی مواد ترد مثل دانه‌های خشک و بذرها که در رطوبت‌های مختلف مورد آزمایش قرار داده بودند مطابقت دارد (گارسیا و همکاران، ۱۹۹۵. پراون و همکاران، ۱۹۹۵).

جدول ٤: نتایج آنالیز واریانس مربوط به اثر دمای هوای خشک‌کن و سرعت چرخش استوانه بر توان شکست دانه‌های ذرت

منابع تغییرات	میانگین مربعات (MS)	F
دما	۰/۰۰۰٦	٦٤/٦۰**
سرعت	۰/۰۰۰۰۵	۲/۰۱ns
دما × سرعت	۰/۰۰۰۰۲	۰/۷۷ns

** تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد ($p<0.01$)، ns عدم معنی‌داری

توان لازم برای شکست دانه‌های ذرت در دمای ٤۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در شکل ۵ نشان داده شده است. که بیشترین توان شکست در دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین توان شکست برای دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همچنین توان شکست برای دانه‌ها در دمای ٤۰ و ٦۰ درجه سانتی‌گراد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ٦– نمودار توان شکست دانه‌ها در دماهای مختلف

نتیجه گیری

با انجام فرایند خشک کردن دانه‌های ذرت ابعاد دانه‌ها با افزایش دمای هوای خشک‌کن و شدت خشک شدن به دلیل جذب سریع رطوبت کاهش می‌یابد. خشک شدن دانه‌های ذرت در دماهای بالاتر مقاومت به شکست دانه‌های ذرت را کاهش می‌دهد همچنین با افزایش دمای هوای خشک‌کن چغرمگی (سفتی) و توان شکست دانه‌های ذرت کاهش می‌یابد.

مراجع

۱. افکاری سیاح، ا. اسماعیلیان، م. مینایی، س. پیرایش. ع. ۱۳۸۷. تاثیر بارهای مکانیکی بر آسیب های وترد بر سیب پس از مرحله ی انبارداری. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. شماره ۳: ۳۷،٤٤.

۲. چیذری، ا.ح.، و امیرنژاد، ح. ۱۳۷۹. مدیریت پروژه ساخت یک واحد ذرت خشک‌کنی با بکارگیری روشهای پرت و سی‌پی‌ام. اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هشتم، شماره۲۹. صفحه ٦٤-۷۵.

۳. ذکی‌دیزجی، ح. و مینایی، س. ۱۳۸٦. تعیین برخی از خواص فیزیکی و مکانیکی دانه نخود. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران. ٤ (۲): ٦۵_۵۷.

٤. وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۱. طرح افزایش تولید ذرت دانه‌ای کشور.

5. Allen, C.A.W. & Watts, K.C. 1997.Properties of cowpea (*var. Minica Beans*). Journal of Agricultural Engineering Research, 68, 159.
6. Por Azarang, H. 2002. Unit Operation in Agricultural Material Processing. 1st edn. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran.
7. Stroshine, R. & Hamann, D. 1994. Physical properties of agricultural materials and food products (1st ed., pp. 29-30 & 106-112). West Lafayette, Indiana.
8. Praveen, C.B. & Irudayaraj, J. 1995. Mechanical strength and rheological behavior of barely kernels. Int. J. Food Science and Technology. 30:606-623.
9. Gopta, R.K. & Das. S. 1996. Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultural Engineering Research. 66, 1-8.
10. Fridlet R. B. and Adrian P.A. 1966. Mechanical Properties of peaches, Pears, Apricots, and Apples. Trans. Of the ASAE (1968): 135-138.
11. Garcia J. L., Ruiz-Altsent M., Barreiro P. 1995. Factors Influencing Mechanical Properties and Bruise Susceptibility of Apples and Pears. J. Agric. Engng. Res. (1995) 61, 11-18.
12. Kabas O., Ozemerzi A. and Akinci I., 2006. Physical properties of cactus pear grown wild in Turkey. Journal of food Engineering. 73 (2), 198–202.
13. Mohsenin, N. N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach science publishers, New York.
14. Peplinski, A. J., Paulis, J. W., Bietz, J. A. and Pratt, R. C. 1994. Drying of High-Moisture Corn: Changes in Properties and Physical Qualit. 71, 22-31.
15. Praveen, C.B. & Irudayaraj, J. 1995. Mechanical strength and rheological behavior of barely kernels. Int. J. Food Science and Technology. 30:606-623.
16. Tabatabaeefar A., Rajabipour, A. 2005. Modeling The Mass of Apples by Geometrical attributes. Sci. Hort. 105,373–382.
17. Zhiguo Li, Pingping Li and Jizhan Liu., 2011. Physical and mechanical properties of tomato fruits as related to robot's harvesting. Journal of Food Engineering. 103, 170–178.

Effect of non-continuous rotary drum drying parameters on mechanical properties of corn kernels

Abstract

The effects of non-continuous rotary drum dryer parameters, including temperature drying (40, 60, 80 and 100 ° C) and the speed of rotation of the drum dryer (2, 6 and 10 rpm), the dimensions and properties mechanical corn kernels were studied. The dependent variables of length, width, thickness, power failure, stiffness and strength are needed to break the kernels. The results showed that the range of change in the mean length, width and thickness of the order of9.29-132.16, 8.05-9.68 and 3.80-5.74 mm was obtained. Variance analysis showed that kernels drying at higher temperatures reduce the fracture resistance of corn kernels so that the maximum power failure temperature of 40 ° C and maximum stiffness and power break at 60 ° C. According to the results of the most influential factor on the mechanical properties of corn kernels dryer rotary drum dryer air temperature is the temperature increase of grain size, power break, power break stiffness and reduced corn kernels.

Key words: Corn, Dryer, mechanical properties, fracture energy