بررسی رفتار خشک کردن دانه‌های ذرت در خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیر مداوم

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

۱- کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم
۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- دانشیار گروه مهندسی صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۱۳)

چکیده

این تحقیق به منظور خشک کردن دانه‌های ذرت با استفاده از خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم و بررسی اثر پارامترهای دمای هوای خشک‌کن و سرعت چرخش استوانه بر زمان خشک شدن، درصد شکستگی و درصد ترک و سوختگی دانه‌های ذرت انجام گرفت. برای این منظور یک خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم طراحی و ساخته شد. پارامترهای دمای هوای ورودی در چهار سطح ٤٠، ٦٠، ٨٠ و ١٠٠ درجه سانتی‌گراد و سرعت چرخش استوانه در سه سطح ٢، ٦ و ١٠ دور بر دقیقه، در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد اثر متقابل دما و سرعت چرخش استوانه در سطح یک درصد اثر معنی‌داری روی زمان خشک شدن دانه‌های ذرت داشت. کمترین زمان خشک شدن دانه‌های ذرت در دمای ١٠٠ درجه سانتی‌گراد و سرعت چرخش استوانه ٢ دور بر دقیقه می‌باشد. با افزایش دمای هوای خشک‌کن از ٤٠ به ١٠٠ درجه سانتی‌گراد، زمان خشک شدن دانه‌ها به کمتر از یک چهارم کاهش یافت؛ در حالی که با افزایش سرعت چرخش استوانه زمان خشک شدن افزایش پیدا کرد. در طی فرایند خشک کردن اثر متقابل دما و سرعت چرخش استوانه اثر معنی‌داری روی درصد دانه‌های شکسته ذرت نداشت و بیشترین درصد شستگی دانه‌های ذرت در سرعت چرخش ١٠ دور بر دقیقه استوانه رخ داد. اثر متقابل دما و سرعت چرخش استوانه روی درصد دانه‌های ترک خورده و سوخته در سطح یک درصد اثر معنی‌داری داشت، که بیشترین درصد ترک و سوختگی در دمای ١٠٠ درجه سانتی‌گراد و سرعت چرخش ٢ دور بر دقیقه می‌باشد.

کلید واژگان: ترک و شکستگی، خشک‌کن استوانه‌ای دوار، خشک کردن، ذرت، زمان خشک شدن

*مسئول مکاتبات: amiriemad68@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

ذرت با نام علمی *Zeamayz* یکی از غلات گرمسیری و از خانواده گندمیان(*poaceae*) 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. ایران یکی از تولید کنندگان مهم ذرت می‌باشد. علیرغم تولید انبوه این محصول، امکانات خشک‌کردن بسیار محدود است [۱].

از جمله مشکلات اصلی ذرت در امر خشک‌کردن، چربی و رطوبت بالای آن است. واحدهای ذرت خشک‌کنی در واقع مرحله نهایی از مراحل تولید یا پس از برداشت ذرت برشمرده می‌شوند، ذرت تر در مدت کوتاهی به علت داشتن چربی و رطوبت بالا فاسد می‌شود. برای جلوگیری از فاسد شدن ذرت تر، رطوبت آن را از ۲۵ تا ۳۵ درصد باید به ۱٤ درصد رساند که این کار در کارخانه‌های ذرت خشک‌کنی انجام می‌گیرد [۲].

در ارزیابی روشهای صنعتی خشک‌کردن ذرت در استان خوزستان نتایج به دست آمده حاکی است که در روند خشک‌کردن ذرت دانه‌ای بین چهار دستگاه مختلف (کارینو، عمران صنعت، کارند، صیفی کار خوابیده)، اختلاف وجود دارد. در مجموع دستگاه خشک‌کن صنعتی ذرت دانه‌ای کارینو میزان رطوبت را به مقدار مناسب‌تر و یکنواخت‌تری از دانه خارج می‌کند و علت آن این است که دستگاه کارینو با درجه حرارت کمتری نسبت به بقیه خشک‌کن‌های صنعتی کار می‌کند که این باعث ایجاد ترک داخلی و سوختگی کمتر در دانه‌ها می‌گردد[۳].

دیویدسون و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی درجه حرارت خشک‌کردن از ٤۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد اعلام کردند حساسیت به ترک خوردگی در دانه‌های ذرت با افزایش درجه حرارت خشک‌کردن افزایش می‌یابد [٤].

درجه حرارت خشک‌کن بر روی بعضی خصوصیات دانه ذرت تاثیر گذار است با افزایش پیش از حد درجه حرارت خشک‌کن شکستگی و سوختگی دانه‌های ذرت افزایش می‌یابد همچنین با افزایش دمای خشک‌کن وزن حجمی دانه‌های ذرت کاهش می‌یابد [٥و ٦].

با توجه به مطالب ذکر شده و اهمیت موضوع، بررسی میزان تاثیر گذاری عوامل مختلف بر کیفیت ذرت دانه‌ای خشک شده بسیار ضروری می‌باشد. بالاترین کیفیت ممکن همراه با کمترین ضایعات (شکستگی و سوختگی دانه) برای ذرت دانه‌ای خشک شده در خشک‌کن بسیار حائز اهمیت است. برای دست‌یابی به این هدف سعی شد یک خشک‌کن استوانه‌ای دوار ناپیوسته جریان متقاطع طراحی و ساخته شود تا بتوان رفتار خشک شدن دانه‌های ذرت را در شرایط مختلف خشک‌کن از نظر دماهای مختلف خشک‌کردن و سرعت چرخش استوانه، برای به دست اوردن رطوبت نهایی ذرت برای انبار داری را مورد بررسی قرار داد. هدف از انجام این ازمایش بررسی اثر درجه حرارت و سرعت چرخش استوانه بر پارامترها و ویژگی‌های خشک کردن دانه‌های ذرت می باشد. تغییرات و محدوده‌ی آنها به گونه‌ای انتخاب گردید تا شرایط خشک کردن ذرت را در خشک‌کن‌های صنعتی به طور کامل در برگیرد. از این رو آزمایشات در ٤ درجه حرارت(۱۰۰، ۸۰، ٦۰، ٤۰) درجه سانتی‌گراد و ۳ سرعت چرخش استوانه(۱۰، ٦، ۲) دور بر دقیقه انجام شدند. سرعت جریان هوا در داخل محفظه برای تمامی این شرایط ثابت و برابر ۰/۸ متر بر ثانیه تا رسیدن رطوبت دانه‌های ذرت از۲۷ درصد به رطوبت ۱۳درصد بر پایه خشک انجام گرفت.

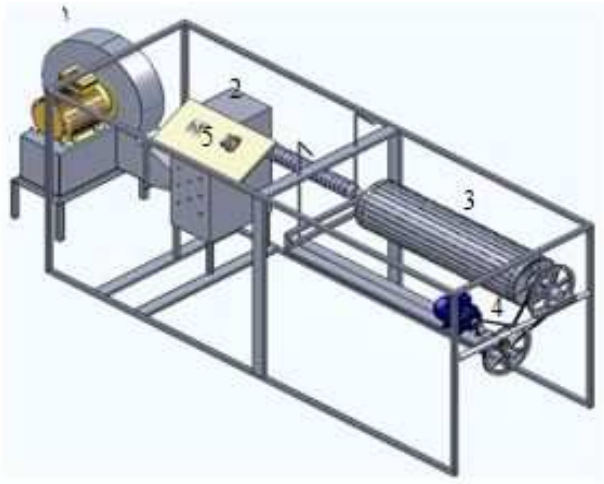
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- دستگاه خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم

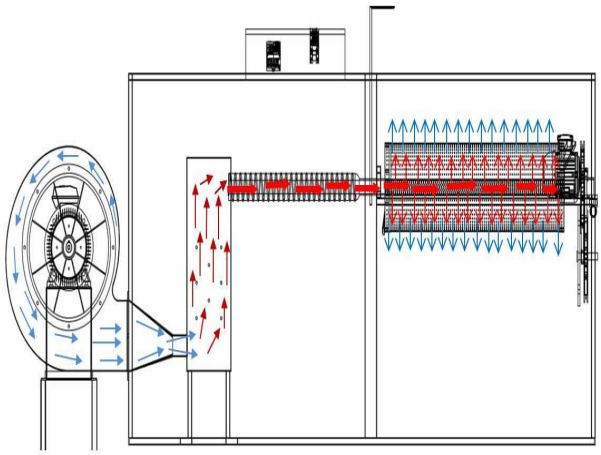
دستگاه خشک کن شامل پنج بخش، ۱- دمنده هوا ۲- گرم کننده الکتریکی ۳- استوانه خشک‌کن ٤- سیستم چرخش استوانه و مکانیزم تخلیه ٥- تابلو کنترل می‌باشد. شکلهای ۱ و ۲ بترتیب تصویر پرسپکتیو ایزومتریک و نمای روبرو شماتیک برای عبور جریان هوا به داخل استوانه را نشان می‌دهند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱ تصویر پرسپکتیو ایزومتریک خشک کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم



شکل ۲ نمای روبرو و مسیر هوای داغ خشک‌کن

انجام عملیات خشک شدن دانه‌ها در داخل استوانه خشک‌کن صورت می‌گیرد. مخزن به شکلی طراحی شد که ظرفیت ۱۰ کیلوگرم دانه در هر بار خشک شدن را داشته باشد و توسط ۲ عدد بلبرینگ روی لوله مرکزی استوانه سوار گردیده است. قطر و طول استوانه با توجه به یکنواختی انتقال حرارت به دانه‌ها به طوری که سطح بیشتری از دانه‌ها با هوا در تماس باشد طراحی گردید. لوله مرکزی استوانه دارای ۸ ردیف سوراخ می‌باشد که با فاصله ٤٥ درجه نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند. در سطح داخلی استوانه نیز از ٤ عدد باله تخت که با فاصله ۹۰ درجه نسبت به هم قرار دارند برای بهم زدن دانه‌ها استفاده گردید. جریان هوای خشک‌کن با استفاده از دمنده وارد گرم کننده الکتریکی می‌شود و تا درجه حرارت تعیین شده گرم خواهد شد سپس وارد استوانه خشک‌کن شده و از سوراخهای لوله مرکزی وارد محفظه استوانه شده و پس از برخورد با سطح دانه‌ها از میان دانه‌ها عبور کرده و از سوراخهای استوانه مشبک خارج می‌گردد.

۲-۲- روش آزمایش

برای انجام آزمایش‌ها با توجه به سطح زیر کشت و عملکرد ذرت از رقم سینگل کراس ۷۰٤ استفاده شد. که از کارخانه "ذرت خشک‌کنی دانه نمونه " در استان کرمانشاه تهیه شد، سپس به کارگاه گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شد. این رقم از ارقام متداولی است که در کشور کشت می‌شود. برای تشخیص و جدا کردن دانه‌های شکسته و مواد خارجی موجود در ذرت حاصل از عملیات برداشت از دو نوع الک با منافذ ٤/۷ و ۲/۳ میلیمتری استفاده شد.

بعد از جدا کردن دانه‌های شکسته و مواد خارجی نمونه‌ها، برای تعیین رطوبت اولیه از استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا استفاده شد [۷]. به این صورت که نمونه‌های ۱۰۰ گرمی ذرت را در آون در دمای ۱۱۰± ۳ ℃ به مدت ۲٤ ساعت قرار داده شد تا جایی که وزن نمونه‌ها دیگر تغییر نکند. سپس با استفاده از معادلات موجود رطوبت دانه‌های ذرت برابر ۲۷ درصد بر پایه خشک به دست آمد. در طی عملیات خشک کردن، توزین نمونه‌ها با استفاده از یک ترازوی دیجیتال با دقت ±۰/۱ گرم انجام شد که با توجه به رطوبت اولیه دانه‌های ذرت، رطوبت دانه در زمان‌های مختلف قابل محاسبه بود. نمونه‌های ٤۰۰ گرمی تا رطوبت ۱۳ درصد بر پایه خشک برای سه سرعت استوانه ۲، ٦ و ۱۰ دور بر دقیقه و در چهار سطح دمای ٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد با سه تکرار خشک شدند (سطح رطوبتی ۱۳ درصد به این صورت اندازه‌گیری شد که وزن نمونه ها در هنگام رسیدن به رطوبت مورد نظر محاسبه شد، سپس به فواصل زمانی مشخص نمونه‌ها وزن شدند، و با وزن مورد نظر مقایسه شدند. هنگامی که وزن نمونه‌ها با وزن محاسبه شده برابر شد نشانگر این بود که رطوبت نمونه‌ها به مقدار رطوبت مورد نظر رسیده است). قبل از شروع هر مرحله خشک کردن، دستگاه خشک‌کن

Archive SID
www.SID.ir

زودتر روشن شده و اجازه داده می‌شد تا به شرایط هوای مورد نظر برسد و برای پایداری سیستم به مدت ۳۰ دقیقه در این حالت باقی می‌ماند. سپس نمونه‌های ذرت درون ظرف نمونه گیری مشبک که متناسب با ابعاد استوانه خشک‌کن ساخته شده بود گذاشته شده و در داخل محفظه خشک‌کن قرار می‌گرفت. بعد از عملیات خشک کردن، زمان خشک شدن، درصد شکستگی و درصد ترک و سوختگی در دماها و سرعت‌های مختلف برای دانه‌های ذرت محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری درصد ترک خوردگی دانه‌های ذرت، از یک دستگاه ترک‌بین استفاده شد. این دستگاه شامل یک لامپ فلوئورسنت است که زیر یک صفحه مشبک نصب می‌شود. صفحه مشبک دارای شیارهایی است که می‌توان دانه‌های ذرت را به طور مورب روی آن قرار داده و به راحتی وضعیت ترک دانه‌ها را مورد بررسی قرار داد. به علت شکست نور در مقطع ترک خورده، ترک عرضی دانه به راحتی قابل تشخیص است که برای محاسبه درصد ترک قبل از انجام عملیات خشک کردن ابتدا به طور تصادفی سه نمونه ۱۰۰ تایی دانه سالم و بدون شکستگی از میان نمونه‌ها انتخاب شده، سپس دانه‌ها بر روی شیارهای دستگاه ترک بین قرار داده شد و دانه‌های ترک دار (دانه‌های با ترک عرضی کامل) شمارش شد و به صورت درصد، نسبت به کل دانه‌ها محاسبه شد. این عدد ترک ناشی از عملیات برداشت، حمل و نقل و یا تنش‌های رطوبتی است. پس از انجام هر آزمایش خشک کردن در دما و سرعت‌های مختلف دوباره میزان ترک برای هر نمونه بدست آمد و میزان ترک قبل از عملیات خشک کردن از آن کسر گردید همچنین دانه‌های تغییر رنگ داده یا متورم شده بر اثر حرارت خشک‌کن برای هر نمونه تعیین شد [۸].

برای بررسی اثر دمای هوای خشک‌کن و سرعت چرخش استوانه بر زمان خشک شدن، درصد شکستگی و درصد ترک و سوختگی برای خشک شدن نمونه‌ها، آزمایش‌ها در چهار سطح دمای هوای ورودی (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درجه سانتی گراد) و سه سرعت استوانه (۲، ٦، و ۱۰ دور بر دقیقه) و سه تکرار در قالب آزمایش فاکتوریل دو فاکتوره ۳ × ٤ انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌های زمان خشک شدن، درصد شکستگی، درصد ترک و سوختگی و انرژی گسیختگی در قالب طرح کاملاً تصادفی و تجزیه واریانس دو طرفه با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام گرفت و نمودارها و جداول به وسیله نرم‌افزار Microsoft office Excel 2010 رسم شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر عوامل مختلف دما و سرعت چرخش استوانه بر زمان خشک شدن دانه‌های ذرت

در جدول۱ نتایج آنالیز واریانس اثر دماهای مختلف خشک‌کن (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد)، و سرعت‌های مختلف چرخش استوانه (۲، ٦ و ۱۰ دور بر دقیقه) بر زمان خشک شدن نمونه‌ها ارائه شده است که فاکتور اول مربوط به دمای خشک‌کن و فاکتور دوم مربوط به سرعت چرخش استوانه می‌باشد.

جدول ۱ نتایج آنالیز واریانس دو طرفه مربوط به اثر دمای هوای خشک‌کن و سرعت چرخش استوانه بر زمان خشک شدن نمونه‌ها

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F
دما	۳	۱۵۵۳۳۹۱/٦٦۷	۵۱۷۷۹۷/۲۲۲	۱۰٦۵۱۸/۲۸٦**
سرعت	۲	۵۹۰٤/۱٦۷	۲۹۵۲/۰۸۳	٦۰۷/۲۸٦**
دما × سرعت	٦	۹٦۲/۵۰۰	۱٦۰/٤۱۷	۳۳**
خطا	۲٤	۱۱٦/٦٦۷	٤/۸٦۱	
کل	۳٦	۹۵۹۷٦۰۰		

**تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد ($p<0.01$)، C.V=٤/۷۸

Archive of SID
www.SID.ir

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود اثرات اصلی دما و سرعت چرخش استوانه همچنین اثر متقابل آن‌ها بر زمان خشک شدن در سطح خطای یک درصد معنی‌دار است. جدول ۲ نتایج آنالیز آماری اثر متقابل دما در سرعت چرخش استوانه را برای زمان خشک شدن نشان می‌دهد که زمان خشک شدن برای هر یک از دماها در سرعت‌های مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند که با افزایش دمای هوای خشک‌کن زمان خشک شدن کاهش می‌یابدکه این مسئله نتایج تحقیق پیلینسکی و همکاران را تایید می‌کند [۹]. برای مواد غذایی و محصولات کشاورزی دیگری نیز گزارش شده است که استفاده از درجه حرارت‌های بالاتر منجر به افزایش قابل توجهی در شدت خشک‌شدن می‌شود[۱۲-۱۰].

جدول ۲- اثرات متقابل دما در سرعت چرخش استوانه و آزمون دانکن مربوط به زمان خشک شدن (میانگین± انحراف معیار)

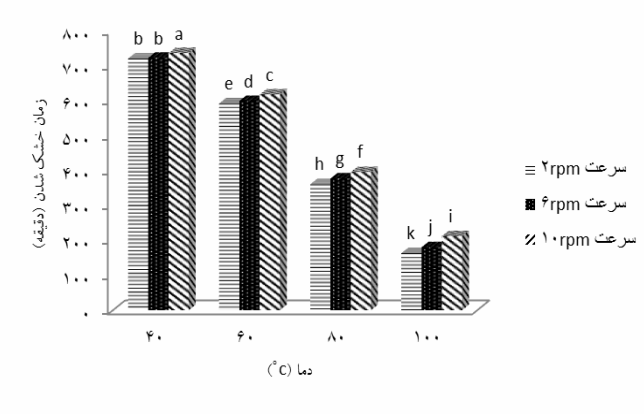
میانگین زمان خشک شدن	برش‌دهی اثرات متقابل	
(دقیقه)	سرعت چرخش استوانه	دما
۷۲۰±۰/۰۰ b	۲	
۷۲۱/۶۷±۲/۸۹ b	۶	۴۰
۷۳۵±۰/۰۰ a	۱۰	
۵۹۱/۶۷±۲/۸۹ e	۲	
۵۹۸/۳۳±۲/۸۹ d	۶	۶۰
۶۱۶/۶۷±۲/۸۹ c	۱۰	
۳۶۰±۰/۰۰ h	۲	
۳۷۶/۶۷±۲/۸۹ g	۶	۸۰
۳۹۵±۰/۰۰ f	۱۰	
۱۶۳/۳۳±۲/۸۹ k	۲	
۱۸۰±۰/۰۰ j	۶	۱۰۰
۲۱۱/۶۷±۲/۸۹ i	۱۰	
۷/۲۷۳**		F
۰/۰۰۰		Sig.

a, b, c,...حروف متفاوت در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد است

شکل ۳ نیز روند کاهش زمان خشک شدن برای سرعت‌های مختلف خشک‌کن را نشان می‌دهد. که زمان خشک شدن برای هر یک از سرعت‌ها در دماهای مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. در حالی که زمان خشک شدن برای سرعتهای ۲ و ۶ دور بر دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. علت آن پایین بودن درجه حرارت هوای خشک‌کن بوده است. بیشترین زمان خشک شدن برای سرعت ۱۰ دور بر دقیقه و کمترین زمان خشک شدن برای سرعت ۲ دور بر دقیقه بوده است که علت آن ایجاد نیروی گریز از مرکز در سرعتهای بالاتر استوانه می‌باشد. در این صورت ضخامت لایه ذرت روی دیواره استوانه خشک‌کن افزایش می‌یابد که باعث برخورد کمتر جریان هوا با سطح دانه‌ها می‌گردد. این در حالی است که در سرعت ۲ دور بر دقیقه سیال سازی دانه‌ها در داخل استوانه خشک‌کن به خوبی صورت گرفته و نرخ خشک شدن به دلیل افزایش سطح تماس به ازای واحد حجم دانه‌ها با جریان هوای خشک‌کن افزایش می‌یابد. این مسئله نتایج تحقیق مک‌کیب و همکاران را تایید می‌کند [۱۳]. کمترین زمان خشک شدن برای دانه‌های ذرت در خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت چرخش استوانه ۲ دور بر دقیقه به دست آمد (شکل۳).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۳- نمودار زمان خشک شدن در سطوح دمایی مختلف برای سرعتهای مختلف استوانه

۳-۲- اثر عوامل مختلف دما و سرعت چرخش استوانه بر درصد شکستگی دانه‌ها

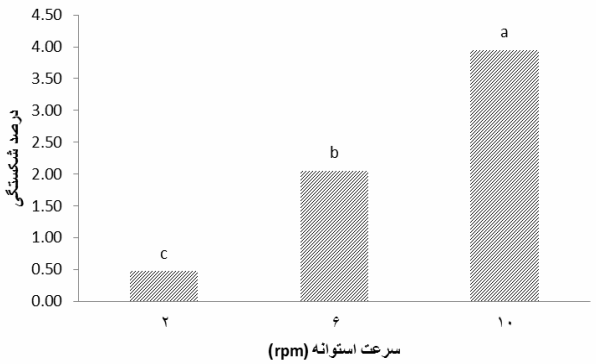
نتایج آنالیز واریانس اثر دمای هوای خشک‌کن (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) و سرعت چرخش استوانه (۲، ٦، ۱۰ دور بر قیقه) بر درصد شکستگی دانه‌های ذرت در جدول۳ آمده است. نتایج جدول نشان می‌دهد که اثر اصلی دما و اثر متقابل دما و سرعت چرخش استوانه بر درصد شکستگی دانه‌های ذرت در سطح خطای یک درصد اثر معنی‌داری ندارد. به عبارت دیگر افزایش یا کاهش دما تغییر معنی‌داری در میزان درصد شکستگی دانه‌های ذرت ایجاد نمی‌کند. حسینی و همکاران در ارزیابی فنی روش‌های صنعتی خشک‌کن گزارش کردند که دستگاه خشک‌کن ذرت دانه‌ای عمران صنعت کمترین میزان دانه‌های شکسته و مواد خارجی را ایجاد کرده است و این بدان علت است که میزان ماندگاری و جابجایی دانه‌های ذرت در خشک‌کن عمران صنعت کمتر از بقیه خشک‌کن‌های مورد بررسی بوده است. با توجه به جدول ۳ اثر سرعت چرخش استوانه بر درصد شکستگی دانه‌های ذرت در سطح خطای یک درصد اثر معنی‌داری دارد. این به این معنی است که با افزایش یا کاهش سرعت چرخش استوانه میزان درصد شکستگی دانه‌های ذرت نیز تغییر می‌کند. شکل٤ روند افزایش درصد شکستگی دانه‌های ذرت متناسب با افزایش سرعت استوانه را نشان می‌دهد. علت آن افزایش بیش از حد سرعت استوانه و برخورد سریعتر دانه‌ها با همدیگر و با دیواره داخلی استوانه می‌باشد که این امر منجر به شکستگی بیشتر دانه‌های ذرت شد. دانه‌های ذرت خشک شده در سرعت چرخش استوانه ۲ دور بر دقیقه از لحاظ درصد شکستگی دانه مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱٤٤٥، دانه ذرت درجه یک به حساب می‌آید.

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس دو طرفه مربوط به اثر دمای هوای خشک‌کن و سرعت چرخش استوانه بر درصد شکستگی دانه‌های ذرت

منابع تغییرات	درجه زادی	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F
دما	۳	۰/۸۳٦	۰/۲۷۹	۱/۹۱۱^{ns}
سرعت	۲	۷۲/۷٦۰	۳٦/۳۸۰	۲٤۹/٤۱۹**
دما × سرعت	٦	۰/۵۷۰	۰/۰۹۵	۰/٦۵۱^{ns}
خطا	۲٤	۳/۵۰۱	۰/۱٤٦	
کل	۳٦	۲٤۵/۲۳۹		

**تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد ($p<0.01$)، ns عدم معنی‌داری، C.V=۱۷/۷۰

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ٤- نمودار درصد شکستگی در سرعت‌های مختلف استوانه

۳-۳- اثر عوامل مختلف دما و سرعت چرخش استوانه بر درصد ترک و سوختگی دانه‌ها

در جدول ٤ نتایج آنالیز واریانس اثر دماهای مختلف خشک‌کن (٤٠، ٦٠، ٨٠ و ١٠٠ درجه سانتی‌گراد)، و سرعت‌های مختلف چرخش استوانه (٢، ٦ و ١٠ دور بر دقیقه) بر درصد ترک و سوختگی دانه‌های ذرت ارائه شده است. همانطور که در جدول ٤ مشاهده می‌شود اثرات اصلی دما و سرعت چرخش استوانه همچنین اثر متقابل آن‌ها بر درصد ترک و سوختگی در سطح خطای یک درصد معنی‌دار است.

جدول٤- نتایج آنالیز واریانس سه طرفه مربوط به اثر دمای هوای خشک‌کن و سرعت چرخش استوانه بر درصد ترک و سوختگی دانه‌های ذرت

منابع تغییرات	درجه زادی	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F
دما	٣	٩/٧٨٤	٣/٢٦١	٧٣/٢٤٧**
سرعت	٢	٣/٦٥٣	١/٨٢٧	٤١/٠٢٣**
دما × سرعت	٦	١/٣٨٧	٠/٢٣١	٥/١٩٣**
خطا	٢٤	١/٠٦٩	٠/٠٤٥	
کل	٣٦	٣٩/٠٩٣		

**تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد ($p<0.01$)، C.V=٢٦/٢٨

با توجه به جدول٥ نتایج آنالیز آماری اثر متقابل دما در سرعت چرخش استوانه را برای درصد ترک و سوختگی دانه‌های ذرت نشان می‌دهد که درصدترک و سوختگی برای هر یک از دماها در سرعت‌های مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. با افزایش دمای هوای خشک‌کن درصد دانه‌های ترک خورده و سوخته افزایش یافت که علت آن جذب سریع رطوبت از دانه می‌باشد. این مسئله نتایج تحقیق حسینی و همکاران در ارزیابی فنی روشهای صنعتی خشک کردن ذرت، را تایید می‌کند [١٤]. این در حالی است که در دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد در سرعت‌های مختلف استوانه اختلاف معنی داری برای درصد دانه‌های ترک خورده و سوخته وجود ندارد برای دماهای دیگر نیز بین سرعت ٢ و ٦ دور بر دقیقه اختلاف معنی داری پیدا نکرد. فقط برای سرعت ١٠ دور بر دقیقه است که نسبت به ٢ و ٦ دور بر دقیقه اختلاف معنی داری وجود دارد و درصد دانه‌های ترک خورده و سوخته افزایش پیدا کرد که علت آن افزایش بیش از حد سرعت استوانه می‌باشد. شکل٥ درصد دانه‌های ترک خورده و سوخته در دماها و سرعتهای مختلف خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم را نشان می‌دهد.کمترین درصد ترک و سوختگی برای دانه‌های ذرت در خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم در دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد و سرعت چرخش استوانه ٢ دور بر دقیقه به دست آمد، که با دمای ٦٠ و ٨٠ درجه سانتی‌گراد در سرعتهای ٢ و ٦ دور بر دقیقه اختلاف معنی‌داری نداشت.

Archive of SID
www.SID.ir

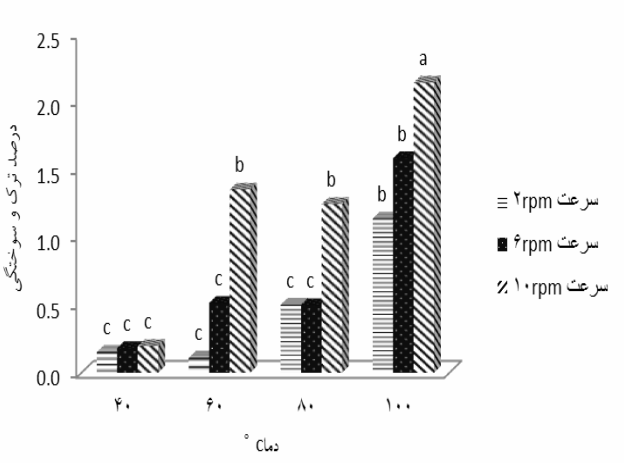
جدول ۵ اثرات متقابل دما در سرعت چرخش استوانه و آزمون دانکن مربوط به درصد دانه‌های ترک خورده و سوخته (میانگین± انحراف معیار)

میانگین درصد ترک و سوختگی	برش‌دهی اثرات متقابل	
	سرعت چرخش استوانه	دما
۰/۱۵±۰/۰۳^{c}	۲	
۰/۱۸±۰/۰۶^{c}	٦	٤۰
۰/۲۰±۰/۰۳^{c}	۱۰	
۰/۱۱±۰/۱۲^{c}	۲	
۰/۵۲±۲/۸۹^{c}	٦	٦۰
۱/۳۵±۰/۲۱^{b}	۱۰	
۰/۵۰±۰/۱۸^{c}	۲	
۰/۵۰±۰/۱٤^{c}	٦	۸۰
۱/۲۵±۰/۱۷^{b}	۱۰	
۱/۱٤±۰/۲٦^{b}	۲	
۱/۵۹±۰/۳٤^{b}	٦	۱۰۰
۲/۱٤±۰/۳۷^{a}	۱۰	
۳/۵۹**		F
۰/۰۰٤		Sig.

a, b, c,...حروف متفاوت در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد است

٤- نتیجه گیری

با افزایش دمای هوای خشک‌کن زمان خشک شدن کاهش می‌یابد، اما با افزایش سرعت چرخش استوانه زمان خشک شدن افزایش می‌یابد که بیشترین زمان خشک شدن برای سرعت ۱۰ دور بر دقیقه و کمترین زمان خشک شدن برای سرعت ۲ دور بر دقیقه بوده است کمترین زمان خشک شدن برای دانه‌های ذرت در خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت چرخش استوانه ۲ دور بر دقیقه به دست آمد. افزایش یا کاهش دما تغییر معنی‌داری در میزان درصد شکستگی دانه‌های ذرت ایجاد نمی‌کند اما با افزایش سرعت چرخش استوانه میزان درصد شکستگی دانه‌های ذرت افزایش می‌یابد. دانه‌های ذرت خشک شده در سرعت چرخش استوانه ۲ دور بر دقیقه از لحاظ درصد شکستگی دانه مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱٤٤۵، دانه ذرت درجه یک به حساب می‌آید. با افزایش دمای هوای خشک‌کن درصد دانه‌های ترک خورده و



شکل ۵- نمودار درصد ترک و سوختگی در سطوح دمایی مختلف برای سرعتهای مختلف استوانه

Archive of SID
www.SID.ir

سوخته افزایش یافت کمترین درصد ترک و سوختگی برای دانه‌های ذرت در خشک‌کن استوانه‌ای دوار غیرمداوم در دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد و سرعت چرخش استوانه ۲ دور بر دقیقه به دست آمد، که با دمای ٦٠ و ٨٠ درجه سانتی‌گراد در سرعتهای ۲ و ٦ دور بر دقیقه اختلاف معنی‌داری نداشت.

منابع

[1] Afkari siah, a., Ismailian, M., minai, S., And piraish, e. 2008. The effect of mechanical loads on injuries on apples after storage phase. Journal of Food Science. No. 3: Page 44-37.

[2] Hosseini, H., Sheikhdavodi, M.j.ghorbaniBygrany, M.2012. Technical assessment of industrial drying corn in Khuzestan province. National Conference of Agriculture, Islamic Azad University of jahrom.

[3] Peplinski, A. J., Paulis, J. W., Bietz, J. A. and Pratt, R. C. 1994. Drying of High-Moisture Corn: Changes in Properties and Physical QualitVol.71, No. 2.

[4] Davidson, V. J., Nnble, S. D., Brown, R. B. 2000. Effects of dryingair temperature and humidity on stress cracks and brakage of maizekernels.Department of Agricultural and Bioresource Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada S7N 5A9.

[5] Sharaf-Elden, Y. I., Blaisdell, J. L., and M. Y. Hamdy. 1980. A model for ear corn drying. Transactions of ASAE 23(5), 1261-1265, 1271.

[6] Mazza, G., and M. Le Maguer. 1980. Dehydration of onion: some theoretical and practical considerations. Journal of Food Technology, 15, 181-194.

[7] Chizari, A.h., and Amyrnzhad, h. 2000. Project management using a single method of drying corn toss and c p m. Agricultural Economics and Development, No. 29. Page 64-75.

[8] Puiggali, J. R., Batsale, J. C., and J. P. Nadeau. 1987. The development and use of an equation to describe the kinetics of air drying of hazelnuts. Lebensmittelwissenschaft and technologie, 20(4): 174-179.

[9] Mazza, G., and M. Le Maguer. 1980. Dehydration of onion: some theoretical and practical considerations. Journal of Food Technology, 15, 181-194.

[10] ASAE. 2000. ASAE Standard S352.2: moisture measurement-ungroundgrain and kernelss in ASAE tandards 2000. St. Joseph, MI.

[11] White, G. M., Ross, I. J., and C. G. Poneleit. 1981. Fully exposed drying of popcorn. Transactions of ASAE 24(2), 446.

[12] Macabe, W.L., Smith, J.C., and Harriott, p. 1985. Unit operations of chemical engineering, the Edition. Singapore. McGraw-Hill Book Co.

[13] Institute of StandardsandIndustrial Research ofIran.1993.MaizeGrainGradingGuide, First Edition, No.12417.

[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 QualitVol.71, No. 2.

Archive of SID

www.SID.ir

Drying behavior of corn seeds in a non-continuous rotary drum dryer

Amiri, E. [1*], Shamsabady, H. A. [2], Asghari, A. [3]

1. MA Mechanics of Biosystems
2. Assistant professor of group of machineries at Agriculture science and Natural Resources University of Gorgan
3. Associate professor of group of sciences and food industries at Agriculture science and Natural Resources University of Gorgan

(Received: 93/11/06 Accepted: 94/2/13)

This research carried out in order to corn kernels drying by using a discontinuous rotary drum dryer. This research evaluated the effect of drying air temperature and velocity of the rotating cylinder parameters on the drying time, breakage percentage, cracking, burn kernels and the disruptive energy of corn kernels. For this purpose, a batch dryer rotating cylindrical drum rotation is designed and developed. Intake air temperature parameter Was considered at four levels of 40, 60, 80 and 100 °C and the drum rotation speed at three levels of 2, 6 and 10 rpm. The results indicated significant interaction effect of temperature and speed rotation cylinder on maize grain drying. The lowest time kernels corn drying and the cylinder rotation speed was at 100 °C and 2 rpm, respectively. With increasing temperature of dryer from 40 to 100 °C, grain drying time is reduced to less than a quarter but; with increasing rotation speed of the cylinder drying time was increases. During the drying process, the interaction of temperature and rotation speed of the cylinder has no significant effect on broken kernels-corn. The maximum percentage of broken grains of corn is in 10 rpm rotation speed. Interaction of temperature and rotation speed of the cylinder is significant at the one percent level on cracked and burned grains. The More of the cracks and burn is in 100 °C temperature and 2 rpm of rotation speed.

Keywords: rotary drum dryer, drying, Corn, Drying times, Dryer temperature, Cracks and fractures

* Corresponding Author E-Mail Address: amiriemad68@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir