طراحی،ساخت و ارزیابی خشک‌کن بستر ثابت بذر

حسین جرگون تیلکی[۱]، بهمن نجفی[۲]، سید رضا طباطبایی‌کلور[۳]، ضرغام فاضل‌نیاری[۴]، هادی باقری[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی، jargoon23@gmail.com
۲- دانشیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون دانشگاه محقق اردبیلی
۳- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴- دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

هدف از این پژوهش، طراحی، ساخت و ارزیابی خشک‌کن عمودی بذر با هدف سالم ماندن قوه نامیه می‌باشد. بدین منظور خشک‌کن مورد نظر در کارگاه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی ساخته شد. این خشک‌کن شامل فن، دریچه یکنواخت کننده جریان هوا، المنت حرارتی، شاسی ثابت، محفظه باد که محل قرارگیری بذر نیز می‌باشد و پشم شیشه جهت عایق کردن محفظه است. برای ارزیابی خشک‌کن ساخته شده، رطوبت بذر ذرت دانه‌ای با رطوبت اولیه ۱۸٪ در دمای $38^{\circ}C$ و سرعت هوای $1\ m/s$ به ۱۳٪ که رطوبت مناسب برای انبارداری است، رسانیده شد. مدت زمان لازم جهت انجام این فرایند ۱۴۵ دقیقه بوده است. همچنین سرعت از دست دادن رطوبت در طول فرآیند خشک شدن روند نزولی داشته است.

واژه‌های کلیدی: بذر ذرت، خشک‌کن بستر ثابت عمودی، رطوبت.

مقدمه

خشک کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌هابرای نگهداری محصولات کشاورزی و غذایی می‌باشد. یکی از مهمترین مشخصه‌های محصولات غذایی و کشاورزی، مقدار

قرار می‌دهد. قابلیت انبار کردن محصولات مختلف تابعی از میزان آب آنهاست و در صورت اضافه بودن رطوبت باید آن را با فرآیند خشک کردن کاهش داد. در عمل خشک کردن بسته به نوع محصول، کاهش رطوبت محصول تا یک اندازه معین انجام می‌شود. بدین‌ترتیب می‌توان این نوع محصولات را برای مدت طولانی‌تر و در فضای کوچکتر نگهداری کرد. بیشترین رطوبت در بین این محصولات مربوط به میوه‌ها و سبزی‌ها با رطوبت حدود ۷۰ الی ۹۵٪ و کمترین آن مربوط به غلات، دانه‌ها و بذور خشک شده با رطوبت ۱۴٪ یا کمتر می‌باشد(گئورک، ۱۹۹۶ و Stroshine, 2004). با عمل خشک کردن آب آزاد یا آبی که از نظر بیولوژیکی فعال است و موجب رشد میکروارگانیسم‌ها و فعالیت آنزیم‌ها می‌شود، از ماده غذایی حذف شده و مدت نگهداری محصول بسیار طولانی‌تر می‌شود. زمانیکه به محصولی حرارت داده می‌شود، رطوبت موجود در آن پس از دریافت گرمای نهان تبخیر، در درجه

حرارت ثابتی تغییر فاز داده و به بخار تبدیل می‌شود(توکلی‌پور، ۱۳۸۳). به منظور خشک کردن محصولات کشاورزی روشهای مختلفی مانند استفاده از حرارت، امواج الکترومغناطیس وسرد کردن سریع وجود دارد. آهنگ انتقال جرم آب برای هر ماده غذایی متفاوت بوده و بستگی به حجم، دما و محتوای رطوبتی هوای عبوری از ماده دارد. با گرم کردن هوای محیط رطوبت نسبی کاهش یافته و ظرفیت و سرعت جذب آب افزایش می‌یابد. هوای گرم با برخورد به محصول (مواد قابل خشک شدن) و عبور از میان آنها رطوبت را جذب کرده و آن را خشک می‌کند. سپس هوای عبور کرده از محصول که رطوبت بیشتری از هوای ورودی دارد ازمحفظه خشک‌کن خارج می‌شود(Hollick, 1999). با خشک شدن محصول وزن آن نیز کاهش می‌یابد(Hollick, 1999). برای طراحی خشک‌کن نیاز به تحلیل دقیق جرم و حرارت می‌باشد که در ساختار محصول اتفاق می‌افتد و فقط از طریق درک و تحلیل فرآیندهای انتقال می‌توان به حداکثر بازده رسید. انتخاب روش مناسب جهت خشک کردن و رسیدن به یک خشک کن مناسب جهت بهینه سازی و انجام فرآیند با حداکثر بازده انتقال حرارت یکی از مباحث مهم در طراحی می‌باشد(مسگری و همکاران، ۱۳۹۱). محصولات زیادی جهت رسیدن به اهداف مختلف مثل کاهش وزن و حجم و مناسب انبارداری شدن نیاز به خشک شدن دارند که هریک خواص فیزیکی و شیمیایی کاملا متمایزی دارند. از طرفی روش‌های متفاوتی جهت انتقال حرارت به ماده وجود دارد(مسگری و همکاران، ۱۳۹۱). تنوع زیاد محصولات و اهداف متعدد خشک کردن موجب شد خشک‌کن‌های مختلفی طراحی و ساخته شوند(جعفری و همکاران، ۱۳۸۹). گرمای لازم برای خشک کردن ممکن است توسط هدایت، جابجایی و تشعشع فراهم گردد. اما اغلب برای خشک کردن بذر و مواد غذایی از گرمای مستقیم یا غیر مستقیم استفاده می‌شود. در خشک‌کن‌های غیر مستقیم حرارت توسط دیواره‌های فلزی محفظه خشک‌کن هدایت می‌شود و توسط تماس مستقیم سطح داغ با بخش‌های سرد، مواد غذایی گرم می‌شوند. خشک‌کن‌های مستقیم معمولاً از هوا به عنوان گاز داغ استفاده می‌کنند که از داخل یا خارج ماده غذایی عبور می‌کند و در نتیجه گرمادهی به طرز موثرتر و یکنواخت‌تری از روش غیر مستقیم انجام می‌شود(مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۶). اصول کلی خشک‌کن بذر به این شکل است که دانه برداشت شده از مزرعه که رطوبت آن مناسب انبارداری نیست در محفظه ای در معرض هوای گرم وخشک قرار می‌گیرد. هوا هنگام ورود به محفظه دانه توسط منبع حرارتی در ابتدای سیستم گرم می‌شود و در محفظه از بین دانه‌ها عبور می‌کند. با قرار دادن یک همزن در محفظه می‌توان به یکنواخت‌تر خشک شدن دانه‌ها کمک کرد. محتوای رطوبتی دانه غلات هنگام برداشت با کمباین متفاوت می‌باشد که اغلب ۲۰-۱۷٪ می‌باشد. درصد رطوبت بذر به عواملی مانند درجه رسیدگی آن و موقعیت اقلیم منطقه وزمان برداشت محصول وطریقه انبارکردن و به ویژه درصد رطوبت نسبی انبار بستگی دارد. جهت نگهداری بذور برداشت شده نیاز است که رطوبت آنها به زیر ۱۴٪ برسد در غیر این‌صورت امکان انبارداری به مدت طولانی به علت فعال شدن موجودات میکروسکوپی و صدمات مکانیکی وجود ندارد(کیانمهر و همکاران، ۱۳۸۶). اغلب محققین دمای مطلوب جهت خشک کردن بذر سویا را $40^{o}C$عنوان کرده‌اند(کیانمهر و همکاران، ۱۳۸۶). برای تحقیق روی خشک کردن سنجد از سه سطح سرعت هوای ۰.۵،۱ و ۱.۵ متر بر ثانیه و سه سطح دمای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس استفاده شد(عباس‌زاده مایوان و همکاران، ۱۳۸۹). شدت خشک شدن که منعکس کننده‌ی تغییرات مقدار رطوبت ماده نسبت به زمان است،

شدیداً تحت تاثیر پارامترهایی از فر آیند خشک شدن، مانند درجه حرارت، رطوبت، سرعت نسبی هوا و فشار کل می‌باشد(Figuraand Teixeira, 2004).

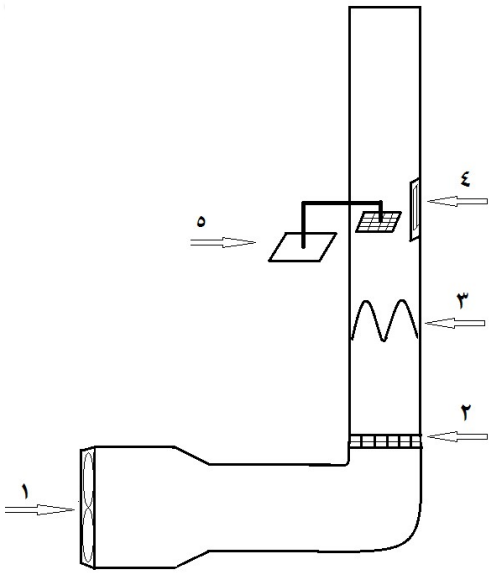
مواد و روش‌ها

جهت ساخت دستگاه در ابتدا به محاسبه ا

گرما پرداخته، سپس قسمت‌های مختلف دستگاه ساخته شده و مورد ارزیابی قرار گرفت.

طراحی محفظه خشک‌کن

خشک کن طراحی شده از سه قسمت محفظه ورودی به همراه فن، کانال یکنواخت‌کننده و محفظه اصلی (محل قرار گیری سینی‌ها) تشکیل شده است. دمنده در ابتدای خشک کن در محفظه‌ای ابتدایی به ابعاد $۵۰\ cm \times ۵۰\ cm$ قرار داده شد. جهت ایجاد جریان یکنواخت از دو دریچه عمود بر هم که از بیرون خشک کن نیز قابل تنظیم بوده استفاده شد که محل قرارگیری آن بعد از فن و زانو ۹۰ درجه است. محفظه اصلی خشک‌کن $۳۰cm \times ۳۰cm$ در نظرگرفته شد. در شکل ۱ شمای قرارگیری قسمت‌های مختلف سیستم از جمله دمنده، زانو، یکنواخت کننده، المنت‌های حرارتی و محفظه اصلی خشک‌کن نشان داده شده است. با در نظر گرفتن فضای لازم برای اجزا نام برده شده طول خشک‌کن $۴۵۰cm$ در نظر گرفته شد.



شکل ۱: شمای خشک‌کن بستر ثابت عمودی(۱- دمنده، ۲- یکنواخت کننده، ۳- المنت، ۴- درب ورودی خشک‌کن، ۵- سینی قرارگیری محصول و ترازو)

محاسبات مربوط به انتخاب دمنده

با توجه به پژوهش‌های محققان در زمینه خشک‌کردن انواع محصولات کشاورزی اغلب از سرعت هوای بین ۰.۵ تا ۱.۵ متر بر ثانیه استفاده شده است.

بنابراین دمنده(شکل۲) انتخاب شد که بتواند سرعت هوای ۱.۵ متر بر ثانیه را در سطح مقطع محفظه اصلی ایجاد کند. دبی حجمی از رابطه ۱ بدست می آید:

رابطه ۱ $$Q = VA$$

که در آن Q دبی حجمی بر حسب$V[m^3/s]$، سرعت هوا بر حسب $[m/s]$ و A سطح مقطع بر حسب $[m^2]$ می‌باشد. که بر اساس محاسبات انجام شده میزان دبی ۰.۱۳۵ متر مکعب بر ثانیه بدست آمد.

شکل ۲: شمای دمنده استفاده شده در خشک‌کن

برای اینکه بتوان زیر سینی بذر به سرعت هوای مورد نظر دست یافت، می‌باید افت فشار ناشی از موانع را محاسبه کرده و در نظر گرفت.

ضریب اصطکاک و افت فشار

در کاربردهای مهندسی گرادیان فشار dp/dz مربوط به شارش، کمیت مهمی است زیرا افت فشار در طول معین لوله را می‌توان از انتگرال‌گیری dp/dz در طول لوله تعیین کرد. برای بدست آوردن رابطه تعریف کننده dp/dz موازنه نیرو را در طول دیفرانسیلی dz لوله در نظر می‌گیریم. با برابر در نظر گرفتن نیروی فشاری و برشی در دیواره، رابطه ۲ و ۳ به دست می‌آید:

رابطه ۲ $$(PA)_z - (PA)_{z+\Delta z} = S\Delta z\tau_w$$

رابطه ۳

$$\frac{dp}{dz} = -\frac{S}{A}\tau_w = -\frac{\pi D}{(\pi/4)D^2}\tau_w = -\frac{4}{D}\tau_w$$

که در آن A سطح مقطع و S پیرامون آن است. تنش برشی τ_w در دیواره طبق رابطه ۴ به گرادیان سرعت مربوط است.

رابطه ۴

$$\tau_w = \mu\frac{\partial u}{\partial y} = -\mu\frac{\partial u}{\partial r}$$

از ترکیب رابطه های ۳و۴ خواهیم داشت:

رابطه ۵

$$\frac{dp}{dz} = 4\frac{\mu}{D}\frac{\partial u}{\partial r}$$

در کاربردهای مهندسی رابطه ۵ برای تعیین dp/dz قابل استفاده نیست زیرا به تعیین گرادیان سرعت در دیواره نیازمند است.

برای محاسبه افت فشار در کاربردهای مهندسی، ضریب اصطکاک را به صورت رابطه ۶ تعریف می کنیم:

رابطه۶

$$\frac{dp}{dz} = -\frac{f\rho {u_m}^2}{2D}$$

که در آن u_m میانگین سرعت شارش در درون مجرا و ρ چگالی شاره است، از تساوی رابطه‌های ۵ و ۶ ضریب اصطکاک بدست می‌آید.

رابطه۷

$$f = -\frac{8\mu}{\rho {u_m}^2}\frac{\partial u}{\partial r}$$

لذا اگر توزیع سرعت u برای شارش درون مجرا معلوم باشد، ضریب اصطکاک f را می‌توان از رابطه ۷ تعیین کرد.

به ازای ضریب اصطکاک معلوم، افت فشار $P_1 - P_2 = \Delta P$ در طول لوله $Z_2 - Z_1 = L$ لوله را از انتگرال‌گیری رابطه ۴ تعیین می‌کنیم: (رابطه ۸)

رابطه ۸

$$\int_{p_1}^{p_2} dp = -f\frac{\rho {u_m}^2}{2D}\int_{z_1}^{z_2} dz$$

یعنی افت فشار(ΔP)در کل سیستم و در زانو از رابطه ۹ بدست می اید:

رابطه ۹

$$\Delta P = f\frac{L}{D}\frac{\rho {u_m}^2}{2}[N/m^2]$$

نمودار سرعت برای شارش آرام گسترش یافته هیدرودینامیکی در یک لوله گرد به صورت رابطه ۱۰ بیان می‌شود:

رابطه۱۰

$$\frac{du(r)}{dr}|_{r=R} = -\frac{4u_m}{R} = -\frac{8u_m}{D}$$

که در آن D قطر داخلی لوله است. این عبارت را در رابطه ۷ قرار می‌دهیم، ضریب اصطکاک f را برای شارش آرام گسترش یافته هیدرودینامیکی در درون لوله گرد از رابطه ۱۱ بدست می‌آیند:

رابطه۱۱

$$f = \frac{64\mu}{\rho u_m D} = \frac{64}{Re}$$

که در آن رینولدز بنا به تعریف از رابطه ۱۲ بدست می‌آیند:

رابطه۱۲

$$Re = \frac{\rho u_m D}{\mu} = \frac{u_m D}{\vartheta}$$

بنابراین:

$$Re = 382.65 \qquad f_1 = 0.167\,, f_2 = 0.91 \qquad \Delta P = 13\left[{}^{N}/_{m^2}\right]$$

بدست می‌آید. ازروی کاتالوگ شرکت سازنده دمنده، در قسمت دمنده‌های محوری، با توجه به دبی مورد نیاز و فشار قابل تحمل و با ضریب اطمینان دمنده با دبی حجمی $[m^3/s]$ ۱.۳۳ و دارای قطر پروانه $[cm]$ ۵۰ که دارای توان $[w]$ ۳۶۰ می‌باشد، انتخاب شد.

محاسبات مربوط به منبع گرما

توان مورد نیاز گرم‌کننده‌ها از طریق رابطه ۱۳ بدست می‌آید:

رابطه۱۳

$$\dot{Q} = \rho.A.V.C.\Delta T$$

که در آن $\dot{Q}$ توان بر حسب $[kw]$ ، ρ چگالی هوا بر حسب $[kg/m^3]$ ، A سطح مقطع بر حسب $[m^2]$، V سرعت بر حسب $[m/s]$ ، C ظرفیت گرمایی ویژه بر حسب $[kj/kg.°C]$ و ΔT اختلاف دما بر حسب درجه سلسیوس می‌باشد.

فشار هوا برابر فشار جو در نظر گرفته شد. دمای ورودی به گرمکن برابر با دمای معمول محیط یعنی ۱۸درجه سلسیوس در نظر گرفته شد و دمای مورد نظر بعد از منبع حرارتی ۳۸درجه سلسیوس فرض شد. بنابراین $\Delta T = 38°C - 1\ °C = 20°C$ *می‌باشد.*

ظرفیت گرمایی ویژه را در دمای میانگین ورودی و خروجی گرم‌کن که برابر ۲۰ درجه سلسیوس می‌باشد، از جدول ترمودینامیک فیزیکی گازها در فشار جو بدست می‌آید .

بنابراین برای توان $\dot{Q} = 3.4$ بدست می‌آید. با توجه به این روابط توان گرم‌کن ۴ کیلو وات انتخاب شد. و برای این منظور از ۲ المنت W۲۰۰۰ استفاده گردید.

انتخاب سینی

ابعاد سینی باید طوری انتخاب شود که از دیواره به مقداری فاصله داشته باشد که با نوسانات و ارتعاشات دستگاه سینی به دیواره محفظه برخورد نکند. به همین دلیل سینی با ابعاد ۲۰×۳۰ سانتیمتر انتخاب شد. سینی از توری فلزی از جنس آهن ساخته شد تا هوای گرم بتواند به راحتی به بذر برخورد و از بین آنها بگذرد. سینی توسط اهرم واسط که روی ترازو قرار دارد نگه داشته می بنابراین مقدار بذری که روی سینی قرار می‌گیرد توسط ترازو وزن می‌شود. به این ترتیب می‌توان میزان رطوبتی که بذر در هر زمان از دست می‌دهد را با توجه به وزن آن در اختیار داشت. مهمترین مزیت این روش این است که برای وزن کردن بذر و بدست آوردن میزان رطوبت نیازی به خارج کردن بذر از خشک‌کن نیست. در این حالت علاوه بر راحتی کار دقت کار نیز افزایش می‌یابد چرا که در مدت زمانی که دانه از خشک‌کن خارج می‌شود بسته به میزان رطوبت محیط، مقداری رطوبت جذب می‌کند. اگرچه میزان رطوبت جذب شده بسیار اندک است ولی در وزنِ حجم‌های بالاتر دانه، تاثیرگذار است. علاوه بر این با خروج دانه از خشک‌کن دمای آن کاهش می‌یابد، زمانی که دانه به خشک‌کن بازگردانده می‌شود، مدت زمانی صرف بازگشت دمای دانه به دمای خشک‌کن می‌شود که در زمان خشک شدن تاثیرگذار است. ابزارهای مورد استفاده جهت اندازه‌گیری و کنترل به شرح جدول ۱ می باشد:

جدول ۱: ابزارهای استفاده شده جهت آزمایش خشک‌کن

وسیله	مدل	خصوصیات
ترازوی دیجیتال (۰.۱ گرم)	AND	ماکزیمم ظرفیت ۳۰ کیلوگرم
ترمودیجیتال SAMWON	SU-105IP ساخت کشور کره	۵۰- تا ۱۵۰ درجه سلسیوس
رطوبت‌سنج دیجیتال SAMWON	SU-503Bساخت کشور کره	رطوبت بین ۰ تا ۱۰۰٪
منبع تغذیه متغیر AC	Gold Star	ماکزیمم توان VA5000
اینورتر HYUNDAI	N50-015 SFساخت کشور کره	توان ۱.۵ کیلووات

ساخت دستگاه خشک‌کن

محفظه اصلی خشک‌کن به شکل تونلی با سطح مقطع مربع و به حالت مکعب مستطیل ساخته شد. به منظور مونتاژ دمنده به دستگاه، مجرایی از جنس ورق گالوانیزه برای تغییر سطح مقطع ساخته شد. جهت تغییر جریان از حالت افقی به عمودی از یک زانو نیز استفاده شد. جهت یکنواخت کردن جریان، دریچه‌ای بعد از زانو تعبیه شد که به صورت دو دریچه عمود برهم بوده و تمام

دهانه‌ها از بیرون خشک‌کن کنترل می‌شود.المنتهای حرارتی به صورت M شکل درآمده و داخل مجرا قرار داده شد. شاسی که خشک‌کن روی آن قرار می‌گیرد و حمل و نقل می‌شود از پروفیل‌هایی با سطح مقطع $۲.۵cm$ × ۲.۵ و cm ۲ × ۲ساخته شد. برای جلوگیری از هدر رفتن گرما لازم به عایق نمودن خشک‌کن بوده که این کار با استفاده از پشم‌شیشه انجام شد. برای کنترل حرارت ورودی به محفظه خشک‌کن باید با استفاده از منبع تغذیه متغیر، جریان برق ورودی به المنت‌ها را تنظیم کرد(شکل ۳).

شکل۳: خشک کن ساخته شده در کارگاه

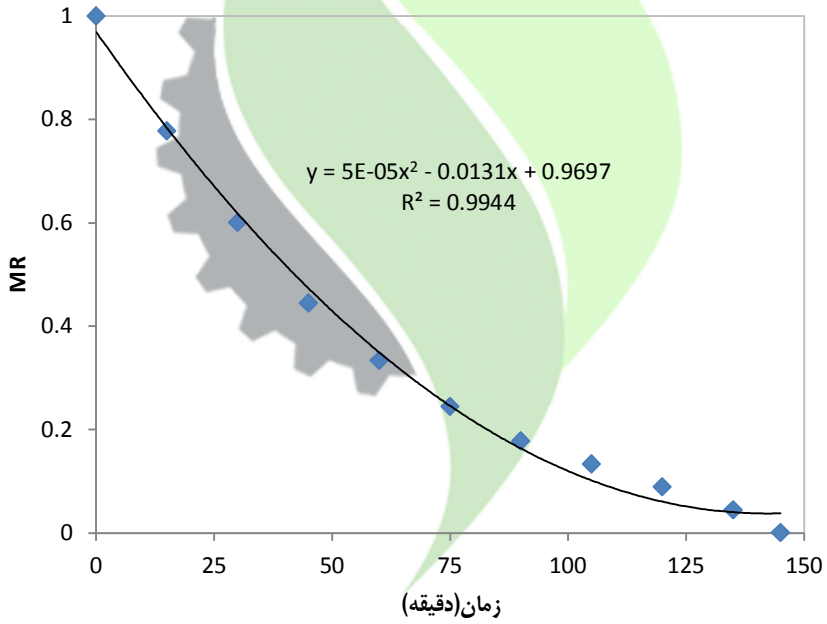
روش انجام آزمایش

دستگاه در کارگاه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی روی بذر ذرت مورد ارزیابی قرار گرفت. در هنگام آزمایش شرایط اولیه دانه ذرت از لحاظ رطوبت ثابت نگه داشته شود. بدین منظور در روز آزمایش دانه‌های ذرت که به تازگی برداشت شده و به صورت بسته‌های ۱۰۰گرمی جهت از بین نرفتن رطوبت در یخچال نگهداری می‌شد را از یخچال خارج کرده و اجازه داده شد تا به دمای محیط برسد. قبل از قرار دادن دانه در خشک‌کن ابتدا شرایط خشک‌کن را به شرایط مورد نظر(دما و سرعت هوا) رساندیم سپس دانه‌های ذرت را در درون سینی خشک‌کن قرار دادیم. دما در قسمت ورودی و خروجی محفظه اصلی به وسیله دماسنج

دیجیتالی در هر لحظه نشان داده می‌شود. رطوبت هوای ورودی و خروجی نیز به وسیله رطوبت‌سنج قابل ملاحظه است و کاهش وزن دانه‌ها نیز به صورت پیوسته بوسیله ترازو اندازه‌گیری می‌شود. رطوبت دانه قبلا اندازه‌گیری شده و ۱۸٪ بود. برای رساندن دانه به شرایط انبارداری می‌بایست ۵٪ از رطوبت آن که معادل ۵ گرم از وزن دانه‌ای که درون خشک‌کن قرار داشت، کاسته شود.

نتیجه‌گیری

محتوی رطوبت اولیه ذرت با استفاده از روش خشک کردن در آون ۱۸٪ بر پایه تر بدست آمد. داده‌های بدست آمده محتوی رطوبت در شرایط مختلف خشک‌کردن به نسبت رطوبت (MR)تبدیل شد. شکل ۴ یک نمونه از منحنی‌های خشک شدن دانه‌های ذرت را بر حسب زمان و محتوی رطوبتی بر پایه تر نشان می‌دهد. با توجه به شیب منحنی و تغییرات نمودار می‌توان نتیجه‌گیری کرد که سرعت خشک شدن در ابتدای عملیات سریعتر بوده چون رطوبت سطحی به راحتی و سرعت بالاتری انتقال می‌یابد و با گذشت زمان سرعت انتقال کاهش می‌یابد و منحنی خشک شدن در تمام مدت عملیات روند نزولی طی می‌کند. محققین بسیاری به نتایج مشابه دست یافته اند.



شکل٤: منحنی خشک شدن بذر ذرت در دمای ۳۸°C و سرعت هوای $1\ m/s$

فهرست منابع

۱- توکلی‌پور، ح، ۱۳۸۳، اصول مهندسی صنایع غذایی، چاپ اول، تهران: انتشارات آییژ.

۲- جعفری، س م، وحید، ا و قولی، ح؛ طراحی و ساخت خشک‌کن چرخشی با سیکل بسته جهت کمینه سازی مصرف انرژی و کنترل رطوبت، ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، تهران، ۱۳۸۹

۳- سیتکی، گئورک، ۱۹۹۶، مکانیک محصولات کشاورزی، ترجمه تیمور توکلی هشتجین، ۱۳۸۲، چاپ اول، تهران: خدمات فرهنگی سالکان تهران.

۴- عباس‌زاده مایوان، ا، متولی، ع، قبادیان، ب، خوشتقاضا، م‌ه، مینایی، س؛ ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، تهران، ۱۳۸۹

۵- کیانمهر و همکاران؛ بررسی اثر دمای هوای ورودی و عمق خشک‌کن بستر ثابت سویا، جلد ۳۸، شماره ۱، ۱۳۸۶

۶- مرتضوی، س‌ع و شفافی زنوزیان، م؛ روش‌های خشک کردن مواد غذایی[کتاب]، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۶

۷- مسگری، ا، نجفی، ب، زینالزاده، ع؛ طراحی، ساخت و ارزیابی خشک‌کن هوای داغ با همرفت اجباری آزمایشگاهی برای میوه و سبزیجات، اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخش‌های کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست، تهران، ۱۳۹۱

8- Figura, LO., and Teixeira, AA. 2004. Food physics (Physical Properties Measurement and Applications). Berlin: Springer, p17.

9- Hollick, J.C, commerical scale solar drying-Renewable Energy, 1999, 714-719.

10- Stroshine, R. 2004. Physical properties of agricultural materials and food products. West Lafayette (purdue university), 166-175

Design, fabrication and evaluation of a fixed bed dryer seed

Jargoun Tilaki. H[1], B. Najafi[2], S. R. Tabatabayi Koloor[3], Z. Fazel Niari[4], H. Bagheri[4]

1- MSc Student of Agricultural Mechanization of Mohaghegh Ardabili university (jargoon23@gmail.com)
2- Associate Professor, Department of Mechanics of Agricultural Machinery and Mechanization of Mohaghegh Ardabili university
3- Assistant, Department of Mechanics of Agricultural Machinery Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Sari
4- PhD student in Agricultural Mechanics of Mohaghegh Ardabili university

Abstract

The purpose of this research is to design, build and evaluate the vertical seed dryer with the goal of keeping the viability. To this end the dryer's been built in the workshop of agricultural machines at Mohaghegh-e-Ardebili university. This dryer includes: a fan, an air current leveler valve, a heating element, the fixed chassis of the air container in which the seeds are put, and the fiberglass for insulation of the container. For evaluating the dryer, moisture of the corn seeds with %18 humidity, in 38 ℃, was decreased to %13 humidity that is the proper moisture for storage. Time period needed for this process was 145 minutes and the rate of losing moisture during the drying process had a descending order.

Keywords: seed corn, vertical fixed bed dryer, moisture.