



ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج)

۲۴ و ۲۵ شهریور ۱۳۸۹



انتخاب مناسب ترین مدل ریاضی برای مدل‌سازی سینتیک خشک شدن موز در روش لایه نازک

محمدعلی ابراهیمی^۱، سیدسعید محتسبی^۲، رضا امیری چایجان^۳، شاهین رفیعی^۴

۱، ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری دانشگاه

تهران، ۳- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینای همدان

ebrahimi_ma65@yahoo.com

چکیده

خشک کردن یکی از قدیمی ترین روش های نگهداری مواد غذایی است. در این تحقیق با استفاده از روش خشک کردن لایه نازک مدل مناسبی جهت مدل سازی ریاضی سینتیک خشک شدن موز استخراج شد. محصول مورد آزمایش دارای رطوبت ۷۵/۷۷ درصد بر پایه تر بود. محصول را در ضخامت ۵ میلیمتر برش داده و در دماهای ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ درجه سانتیگراد با سرعت های هوای ۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲ متر بر ثانیه از رطوبت اولیه ۷۵/۷۷ درصد بر پایه تر تا رطوبت ۶ درصد بر پایه تر خشک نمودیم. در نهایت مدل Logaritmnic برای مدل سازی ریاضی سینتیک خشک شدن موز در روش لایه نازک با $R^2 = 0.999$ ، $RMSE = 0.15$ و $\chi^2 = 0.0001$ انتخاب شد.

واژه های کلیدی: سینتیک خشک شدن، مدل ریاضی، خشک کردن لایه نازک، موز

جدول ۱- علائم و نشانه ها

نمادها	عناوین
a, b, c, n	ضرایب تجربی در مدل های خشک کن
k, k ₀ , k ₁	ثابت های تجربی در مدل های خشک کن
M	محتوی رطوبت محصول
M _e	رطوبت تعادلی محصول
M ₀	رطوبت اولیه محصول
MR	نسبت رطوبتی
MR _{pre,i}	آمین نسبت رطوبتی پیش بینی شده
MR _{exp,i}	آمین نسبت رطوبتی مشاهده شده
\overline{MR}_{exp}	میانگین مجموع نسبت های رطوبتی مشاهده شده
\overline{MR}_{pre}	میانگین مجموع نسبت های رطوبتی پیش بینی شده
N	تعداد مشاهدات
p	تعداد ثابت ها در مدل
R	ضریب همبستگی
R ²	مربع ضریب همبستگی
RH	رطوبت نسبی
RMSE	ریشه میانگین مربعات خطا
t	زمان خشک شدن
T	دمای هوای خشک کننده
χ^2	کای مربع

۱. مقدمه

خشک کردن یک فرایند پیچیده ترمودینامیکی و بیوشیمیایی می باشد که شامل انتقال جرم و حرارت از سطح مواد و سیستم احاطه شده به طور همزمان و انتقال گرما و رطوبت از درون مواد است. انتقال رطوبت از لایه های داخلی مواد به سطح آن ها وابسته به ساختمان و خصوصیات مواد می باشد.

خشک کردن، فرآیند گرفتن رطوبت از ماده در اثر انتقال حرارت و رطوبت است. خشک کردن مصنوعی تولیدات کشاورزی، یکی از روش های متداول برای نگهداری آنها است. خشک کردن یکی از قدیمی ترین روش های نگهداری مواد غذایی می باشد که به علت امکان تغییرات نامطلوب در کیفیت مواد غذایی در اثر خشک شدن، کنترل آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است؛ در نتیجه برای

نگهداری مطمئن مواد غذایی لازم است آن ها را به رطوبت مشخصی رساند. جهت دستیابی به این هدف، باید سینتیک خشک شدن مدل سازی گردد تا بتوان روند خشک کردن را به طور صحیح پیش بینی نمود، تا از بیش خشک شدن محصولات کشاورزی که باعث کاهش کیفیت، تغییر رنگ، مزه و همچنین اتلاف زمان و انرژی می گردد جلوگیری شود. (ریاحی، ۱۳۸۸)

موز با نام علمی (Musa Sapientum) یکی از قدیمی ترین گیاهان است که تکامل یافته نوع وحشی آن می باشد. این گیاه در واقع یک گیاه درخت مانند است که می تواند تا ۹ متر ارتفاع داشته باشد. برگهای آن بسیار بزرگ و پهن و گاهی تا ۲ متر می رسد. امروزه موز در تمام مناطق گرمسیری دنیا کشت می شود. موز را هنگامیکه هنوز سبز است از درخت می چینند و به مناطق مختلف می فرستند و در آنجا به وسیله گرما دادن آن را می رسانند.

در زمینه مدل سازی سینتیک خشک شدن موز تحقیقات چندانی صورت نگرفته است. در زیر به تحقیقاتی که در زمینه خشک کردن دیگر محصولات کشاورزی صورت گرفته است اشاره می کنیم:

بابا لیس و بلسیوتیس^۱ (۲۰۰۴) تاثیر چگونگی خشک کردن بر روی ثابت های خشک شدن و ضریب پخش رطوبت در طی خشک کردن لایه نازک انجیر را بررسی کردند. تحقیقات بر روی رفتار خشک شدن مواد در محدوده حرارتی ۵۵ تا ۸۵ درجه سلسیوس و سرعت جریان عبوری هوا بین ۰/۵ تا ۳ متر بر ثانیه انجام گرفت و با استفاده از معادله آرنیوس^۲، تاثیر پارامترهای خشک کن هوا بر روی ضریب موثر پخش به وسیله شیب منحنی انرژی فعال سازی محاسبه کرد؛ نتایج نشان داد ضریب پخش به سرعت بالای ۲ متر بر ثانیه حساس نیست و افزایش سرعت جریان هوا اثر معناداری بر روی سرعت خشک شدن نداشت. همچنین سینتیک خشک شدن به طور رضایت بخشی تحت تاثیر درجه حرارت هوا بوده و سرعت جریان هوا اثر کمتری بر روی فرآیند خشک شدن لایه نازک انجیر داشت. مقدار انرژی فعال سازی برای انجیر ۳۰/۸ تا ۴۸/۴۷ کیلو ژول بر مول گزارش شد (بابا لیس و بلسیوتیس، ۲۰۰۴).

رفیعی و همکاران (۱۳۸۱) شبیه سازی رطوبت دانه شلتوک رقم بینام را در طی خشک شدن، به روش اجزاء محدود مورد مطالعه قرار دادند. برای بررسی صحت مدل های استخراج شده، به وسیله خشک کن آزمایشگاهی، توده بستر نازک شلتوک خشک گردید. در طول مدت خشک کردن، وزن توده شلتوک با فواصل زمانی ۲، ۵ و ۱۰ دقیقه اندازه گیری شد. نتیجه آزمایش نشان دهنده پیش بینی بهتر مدل غیر خطی نسبت به مدل خطی در شبیه سازی خشک شدن شلتوک رقم بینام می باشد (رفیعی و همکاران، ۱۳۸۱).

دیسا و همکاران^۳ (۲۰۰۸) به بررسی رفتار خشک شدن لایه نازک انبه پرداختند. در این آزمایش نمونه های انبه متوازی السطوح فرض شدند و بر اساس آن معادلات مربوط به ضریب پخش و انرژی فعال سازی نوشته شد و نتایج مربوطه حاصل شد (دیسا و همکاران، ۲۰۰۸).

روش های مختلفی برای خشک کردن محصولات کشاورزی وجود دارد که یکی از معروفترین آن ها روش خشک کردن لایه نازک می باشد. در خشک کردن لایه نازک محصولات کشاورزی، تنها مرحله آهنگ نزولی خشک شدن دیده شده است و فقط

زمانی که رطوبت دانه غیر معمول زیاد و یا خشک کردن به صورت بستر عمیق با رطوبت زیاد باشد، مرحله آهنگ ثابت در زمان کوتاهی از اوایل خشک کردن گزارش شده است. در این تحقیق هدف ما رسیدن به یک مدل مناسب برای مدل سازی سینتیک

¹ Babalis and Belessiotis

² Arrhenius

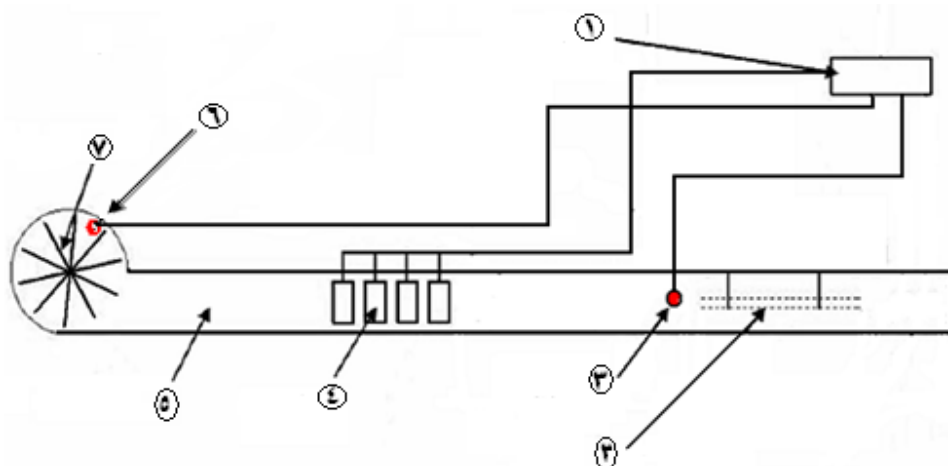
³ Dissa et al.

خشکشدن موز در روش لایه نازک می باشد که برای این کار از دو مدلی که بهترین تناسب را با داده های آزمایشگاهی داشتند استفاده کردیم.

۲. مواد و روش ها

برای انجام این تحقیق ابتدا محصول را از بازار خریداری و به آزمایشگاه انتقال دادیم. در ابتدای کار جهت تعیین رطوبت محصول تکه‌هایی از آن را در دمای ۶۰ درجه به مدت ۷۲ ساعت درون دستگاه آون قرار داده که رطوبت مذکور در دو حالت بر پایه خشک وتر به ترتیب برابر ۳۱۲/۷۳ و ۷۵/۷۷ بدست آمد. سپس تکه های ۵ میلی متری موز را با استفاده از چاقوی گالوانیزه بریده و در دماهای ۹۰، ۷۰ و ۱۱۰ درجه سانتیگراد در سرعت های هوای ۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲ متر بر ثانیه از رطوبت ۷۵/۷۷ درصد بر پایه تر تا ۶ درصد بر پایه تر خشک نمودیم.

دستگاه خشک کن مورد استفاده در این آزمایش مطابق شکل (۱) شامل موتور، فن سانتریفیوژ، محفظه پخش کن محفظه، المنت ها، سینی محصول، دور سنج، حسگر دما و برد کنترل بود. دما و سرعت دلخواه در برد کنترل تنظیم شده و برد کنترل این پارامترها را با استفاده از خاموش و روشن کردن المنت ها و تغییر دور موتور در محدوده خواسته شده کنترل می کرد.



شکل ۱- شماتیک دستگاه خشک کن مورد استفاده

۱- برد کنترل، ۲- سینی محصول، ۳- حسگر دما، ۴- المنت ها، ۵- محفظه پخش کننده، ۶- دور سنج، ۷- فن سانتریفیوژ

برای اندازه گیری میزان سرعت هوا از یک باد سنج دستی استفاده کردیم. این باد سنج دادای یک پره بوده که در مقابل جریان باد و عمود بر آن قرار می گیرد و سرعت جریان هوا را اندازه گیری کرده وبا استفاده از نمایشگر خود نمایش می دهد (شکل ۲).



شکل ۲- باد سنج

۱.۲. میزان رطوبت

میزان رطوبت عبارت است از وزن آب درون جسم تقسیم بر وزن ماده تر و یا ماده خشک که به ترتیب رطوبت بر پایه تر و رطوبت بر پایه خشک نامیده می شوند که با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه میگردد.

$$M_W = \frac{W_W - W_d}{W_W} \quad (1)$$

$$M_d = \frac{W_W - W_d}{W_d} \quad (2)$$

۲.۲. مدل های تجربی فرآیند خشک شدن:

مهمترین مدل های تجربی فرآیند خشک شدن توده بستر نازک برای محصولات مختلف کشاورزی که توسط محققین ارائه شده است، در جدول (۲) آورده شده است. در اکثر تحقیقات به عمل آمده مدل سینتیک خشک کردن بر اساس نسبت رطوبت (MR) به دست آمده است که علت آن کاهش پراکندگی و خوش فرم کردن داده ها می باشد. برای محاسبه نسبت رطوبت، نیاز به رطوبت تعادلی نیز می باشد به عبارتی رطوبت توده در طی خشک کردن به طور غیرمستقیم به دست می آید. این تعریف مطابق رابطه زیر بیان می شود (Akgun and Doymaz, 2005):

$$MR = \frac{M - M_e}{M_o - M_e} \quad (3)$$

اگر چه نسبت رطوبتی مطابق رابطه تعریف می شود، ولی به دلیل نوسانات مداوم در رطوبت نسبی هوای خشک کننده، نسبت رطوبتی به رابطه زیر ساده می شود (Wang, et al. 2007).

$$MR = \frac{M}{M_o} \quad (4)$$

جدول ۲- مدل های تجربی فرآیند خشک کردن

شماره مدل	نام مدل	رابطه	منبع
1	Newton	$MR = \exp(-kt)$	Westerman, et al, 1973
2	Parabolic	$MR = a+bt+ct^2$	Ozdemir et al, 1999
3	Henderson & pabis	$MR = a.\exp(-kt)$	Yagcioglu et al, 1999
4	Logaritmik	$MR = a.\exp(-kt)+c$	Yaldiz et al, 2001
5	Two term	$MR = a.\exp(-k_0t)+b.\exp(-k_1t)$	Rahman et al, 1998
6	Wang and sing	$MR = 1+at+bt^2$	Ozdemir et al, 1999

۲.۳. انتخاب مدل مناسب:

برای انتخاب بهترین مدل جهت مدلسازی یک فرایند سه پارامتر زیر تاثیر گذارند (Madamba, et al. 1996):

۱.۲.۳. ضریب همبستگی (R):

مقدار این ضریب در محدوده ۰ تا ۱ تغییر می کند و هر چه مدل مقدار R^2 بالا تر و نزدیک به یک داشته باشد برای مدلسازی مناسبتر است. R را می توان از رابطه (۵) محاسبه کرد:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - \overline{MR}_{exp})(MR_{pre,i} - \overline{MR}_{pre})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - \overline{MR}_{exp})^2 \sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - \overline{MR}_{pre})^2}} \quad (5)$$

۲.۲.۳. ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE):

هر چه میزان این ضریب کمتر و به صفر نزدیکتر باشد مدل تناسب خوبی با داده های تجربی خواهد داشت. این ضریب از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2 \right]^{1/2} \quad (6)$$

۳.۲.۳. کای مربع (χ^2):

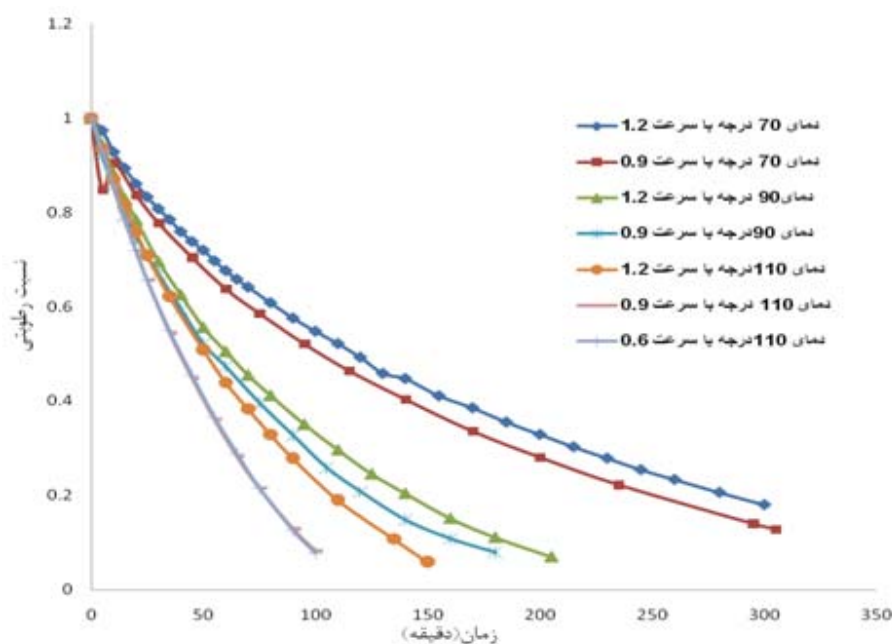
هر چه میزان این ضریب نیز کمتر و به صفر نزدیکتر باشد مدل تناسب خوبی با داده های تجربی خواهد داشت. رابطه این ضریب و با داده های تجربی و مدل مطابق فرمول شماره (۷) بیان می شود:

$$\chi^2 = \frac{1}{N-p} \sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2 \quad (7)$$

در نهایت مدلی برای مدلسازی یک فرایند مناسب است که بیشترین R^2 و کمترین RMSE و χ^2 را داشته باشد (Yadlitz, et al. 2001).

۳. نتایج و بحث

برای انجام آزمایش ابتدا موزها را به ضخامت ۵ میلیمتر برش داده و در دماهای ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ درجه در سه سطح سرعت هوا (۰.۶، ۰.۹ و ۱.۲ متر بر ثانیه) خشک نمودیم. دیاگرام کاهش رطوبت با زمان در فرایند خشک کردن با شرایط مختلف در نمودار شماره (۱) ترسیم شده است.



شکل ۳- تاثیر دما و سرعت خشک شدن بر سینتیک خشک شدن موز

بطوریکه از نمودار پیداست با افزایش دمای خشک کردن نرخ تبخیر افزایش یافته و شیب نمودار (زمان- محتوای رطوبتی) تند تر می شود. همچنین با کاهش سرعت هوای خشک کردن با وجود ثابت بودن دما نرخ تبخیر افزایش می یابد، اگرچه تاثیر سرعت هوا در افزایش نرخ تبخیر به اندازه دما شدید نمی باشد.

برای مدل سازی ریاضی داده های آزمایشگاهی از مدل های ارائه شده در جدول شماره (۲) استفاده کردیم. نتایج حاصل از این مدلسازی را در جدول شماره (۳) ارائه کردیم. همانطور که مشاهده می شود تمامی مدل های استفاده شده تخمین مناسبی از رفتار خشک شدن موز در دماها و سرعت های مختلف داشت.

در نهایت از بین این مدل ها برای مدل سازی سینتیک خشک شدن موز از مدل (Logaritmik) که بهترین تناسب را با داده های آزمایشگاهی داشت استفاده کردیم. و با مقایسه این مدل با مدل های دیگر بهترین مدل را با در نظر گرفتن پارامترهای R^2 و $RMSE$ و χ^2 انتخاب نمودیم.

مدل (Logaritmik) دارای سه ثابت a , k و c ($MR = a.exp(-kt)+c$) بوده که طبق روابط زیر بر اساس دما و سرعت هوای خشک کردن مدلسازی شده اند.

$$a = -0.178V + 0.007T + 0.618 \quad R^2 = 0.908$$

$$c = 00.101V - 0.003T + 0.126 \quad R^2 = 0.795$$

$$k = 0.001V + 0.0001T - 0.004 \quad R^2 = 0.736$$

جدول ۳- نتایج بدست آمده از مدل های مختلف خشک کردن

شرایط خشک کردن		نام مدل					
		Logaritmik	Henderson & pabis	Parabolic	Newton	Wang and sing	Two term
دمای هوا	سرعت هوا						
	70C°						
	0.9m/s	a=0.952 k=0.006 c=-0.009 R ² = 0.993	a=0.952 k=0.0055 R ² = 0.998	c=0.000007 b=-0.0048 a=0.955 R ² = 0.994	k=0.0068 R ² = 0.993	b=0.000007 a=-0.005 R ² = 0.970	a=1.262,k ₀ =0.006, b=0.318,k ₁ =0.006 R ² = 0.993
	1.2m/s	a=0.908 k=0.007 c=0.072 R ² = 0.998	a=0.944 k=0.006 R ² = 0.996	c=0.000008 b=-0.0.005 a=0.926 R ² = 0.989	k=0.0058 R ² = 0.995	b=0.000008 a=-0.005 R ² = 0.987	a=0.853,k ₀ =0.005, b=0.138,k ₁ =0.018 R ² = 0.999
90C°	0.6m/s	a=1.098 k=0.009 c=-0.115 R ² = 0.999	a=1.055 k=0.01 R ² = 0.984 7	c=0.000013 b=-0.0085 a=0.96 R ² = 0.997	k=0.013 R ² = 0.994	b=0.00003 a=-0.010 R ² = 0.988	a=0.486,k ₀ =0.011, b=0.512,k ₁ =0.011 R ² = 0.997
	0.9m/s	a=1.023 k=0.012 c=-0.050 R ² = 0.999	a=1.02 k=0.01 R ² = 0.995	c=0.000026 b=-0.0095 a=0.949 R ² = 0.995	k=0.012 R ² = 0.991	b=0.00002 a=-0.009 R ² = 0.990	a=0.682,k ₀ =0.013, b=0.3,k ₁ =0.013 R ² = 0.998

	1.2m/s	a=1.024 k=0.011 c=-0.037 R ² = 0.999	a=1.035 k=0.01 R ² = 0.992	c=0.000013 b=-0.0085 a=0.959 R ² = 0.994	k=0.011 R ² = 0.981	b=0.00002 a=-0.009 R ² = 0.994	a=0.612,k ₀ =0.011, b=0.381,k ₁ =0.011 R ² = 0.999
110C°	0.6m/s	a=1.337 k=0.012 c=-0.335 R ² = 1	a=1.158 k=0.02 R ² = 0.969	c=0.000052 b=-0.0144 a=0.993 R ² = 0.999	k=0.014 R ² = 0.965	b=0.00003 a=-0.011 R ² = 0.996	a=0.798,k ₀ =0.02, b=0.240,k ₁ =0.02 R ² = 0.99
	0.9m/s	a=1.161 k=0.015 c=-0.145 R ² = 0.998	a=1.143 k=0.02 R ² = 0.975	c=0.000052 b=-0.0147 a=0.995 R ² = 0.999	k=0.0175 R ² = 0.964	b=0.00006 a=-0.014 R ² = 0.999	a=0.241,k ₀ =0.02, b=0.797,k ₁ =0.02 R ² = 0.991
	1.2m/s	a=1.174 k=0.011 c=-0.156 R ² = 1	a=1.115 k=0.01 R ² = 0.972	c=0.000026 b=-0.01 a=0.975 R ² = 0.998	k=0.019 R ² = 0.956	b=0.00005 a=-0.014 R ² = 0.999	a=0.871,k ₀ =0.015, b=0.142,k ₁ =0.015 R ² = 0.995

پس از مدل‌سازی نهایی در نهایت مدل (Logaritmik) با $R^2=0.999$ ، $RMSE = 0.15$ و $\chi^2=0.0001$ به عنوان بهترین مدل جهت مدل‌سازی سنتیک خشک شدن موز در روش لایه نازک انتخاب شد.

۴. نتیجه گیری

در این تحقیق تکه های ۵ میلیمتری از موز را تحت شرایط مختلف دمایی (۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ درجه سانتیگراد) و سرعت‌های مختلف جریان هوا (۹/۶، ۱۰/۰ و ۱/۲ متر بر ثانیه) خشک نمودیم. با استفاده از داده ها و نتایج به دست آمده از این تحقیق نتایج زیر حاصل شد:

- با افزایش دمای خشک شدن سرعت تبخیر افزایش می یابد، در نتیجه باعث کاهش مدت زمان خشک کردن می شود.
- با تغییر سرعت هوای خشک کردن در یک دمای ثابت نرخ تبخیر تغییر می کند به طوری که با کاهش آن نرخ تبخیر افزایش می یابد.
- مدل Logaritmik با $R^2=0.999$ ، $RMSE = 0.15$ و $\chi^2=0.0001$ به عنوان بهترین مدل جهت مدل‌سازی سنتیک خشک شدن موز در روش لایه نازک انتخاب شد.

۵. منابع و مآخذ

۱. رفیعی، ش. توکلی هشتجین، ت. و کاظم زاده حنانی، س. ۱۳۸۱. شبیه سازی رطوبت دانه شلتوک برنج رقم بینام در فرآیند خشک شدن به وسیله اجزاء محدود. مجله مهندسی کشاورزی. جلد ۱، ۳-۱۷.
۲. ریاحی، ر. ۱۳۸۸. مدل سازی سینتیک و تعیین ضریب پخش موثر و انرژی فعال سازی دانه انار در طی فرآیند خشک شدن. پایان نامه کارشناسی ارشد. ۲-۳.
3. Akgun, N. and Doymaz. I. 2005. Modeling of olive cake thin-layer drying process. Journal of food engineering. 68: 455-461.
4. Babalis, S. J. and Belessiotis V.G. 2004. Influence of drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. Journal of Food Engineering, 65, 449-58.
5. Dissa, A. O., Desmorieux, H., Bathiebo, J. and Kouliadiati, J. 2008. Convective drying characteristics of Amelie mango. (Mangifera Indica L. cv. 'Amelie') with correction for shrinkage. Journal of Food Engineering, 88, 429-437.
6. Madamba, P. Driscoll, R. and Buckle, K. 1996. The thin layer drying characteristics of garlic slices. Journal of Food Engineering. 29: 75-97.
7. Ozdemir, M. Devres, Y. 1999. The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. Journal of Food Engineering. 42(4): 225-233.
8. Rahman, M. 1998. Desorption isotherm and heat pump drying kinetics of peas. Food international Research. 30(7): 485-491
9. Wang, Z. Sun, J. and Liao, X. 2007. Mathematical modeling of hot air drying of thin layer of apple pomace. Food Research International. 40: 39-46.
10. Westerman, P. and White, W. 1973. Relative humidity effect on the high temperature drying of shelled corn. Transaction of American Society of Agricultural Engineering. 16: 1136-1139.
11. Yagcioglu, A. Degirmencioglu, A. and Cagatay, F. 1999. Drying characteristics of laurel leaves under different drying conditions. In proceedings of the 7th international congress on agricultural mechanization and energy. (pp. 565-569), 26-27 May, Adana, Turkey.

Abstract

The drying is an old method for maintenance of alimentary material. In this study a suitable model for mathematical modeling of banana in thin layer drying method were extracted. Moisture content of the banana was 75.77% (w.b). The banana was cut in thickness of 5 mm and was dried in thin layers at the air temperatures of 70, 90, 110°C and drying air velocity of 0.6, 0.9, 1.2 m/s from Moisture content of 75.77% (w.b) until 6% (w.b). According to the results, mathematical modeling of banana Logarithmic model with a correlation coefficient (R^2) of 0.999, RMSE=0.15 and $\chi^2=0.0001$ was selected.

Key words: drying kinetic, mathematical model, thin layer drying, banana