



تأثیر تغییرات دما و سرعت هوا بر فرایند خشک کردن سویا فرشید بیات مقدم^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۰

چکیده:

یکی از مهمترین مراحل فرآوری محصولات کشاورزی، فرایند خشک کردن می‌باشد. در این مرحله رطوبت اولیه محصول کاهش می‌یابد. دستیابی به شرایط بهینه در فرایند خشک کردن می‌تواند اثر مهمی بر زمان فرآوری و بهبود شاخص‌های کیفی محصول داشته باشد. پارامترهای دما و سرعت جابجایی هوای گرم عوامل اصلی مؤثر در فرایند خشک شدن سویا محسوب می‌شود. در این مطالعه تأثیر تغییرات دما (در سه سطح ۴۰ و ۵۰ و ۶۰ درجه سلسیوس) و سرعت هوا در دو سطح (۲ و ۳ متر بر ثانیه) بر روی زمان و آهنگ خشک شدن سویا مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات رطوبت در حین فرایند خشک شدن در شرایط مختلف با مدل‌های مختلف ریاضی برازش داده شد. نتایج نشان داد که پارامترهای دما و سرعت جابجایی هوا اثرات معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر روی زمان و آهنگ خشک شدن دارند. تاثیر دما بر فرایند خشک کردن بسیار زیاد بود و افزایش آن موجب کاهش زمان خشک کردن و افزایش آهنگ خشک کردن گردید.

واژگان کلیدی: زمان خشک کردن، مدل‌سازی دینامیکی، سویا، سرعت هوا، دما

مقدمه:

نیاز به تخمین زمان لازم برای خشک کردن یک ماده از رطوبت اولیه به رطوبت نهایی دارد. این مسئله در دو مقطع خشک شدن با آهنگ ثابت و خشک شدن با آهنگ نزولی مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به شرایط محیط خشک کردن و نیز پیچیدگی سازوکار انتقال رطوبت در داخل مواد غذایی برای تخمین زمان خشک شدن یک محصول باید آزمایش‌های مناسبی انجام شوند. فرایند خشک شدن به وسیله نمودارهایی به خوبی توصیف می‌گردند. این نمودارها شامل نمودار خشک شدن (مقدار رطوبت مواد)، زمان خشک شدن (نمودار آهنگ خشک شدن)، آهنگ خشک شدن - مقدار رطوبت مواد (نمودار دما) و دمای مواد، مقدار رطوبت مواد می‌باشند. اطلاعات لازم برای تعیین این منحنی‌ها معمولاً در شرایط آزمایشگاهی بدست می‌آید.

عباسی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی خشک شدن ذرت در یک خشک‌کن هوای داغ در دماهای ۵۰ تا ۷۰ درجه سلسیوس و سه دبی جرمی هوا ۱، ۱/۴ و ۱/۸ کیلوگرم بر دقیقه به صورت لایه نازک و پیوسته بررسی شد. نتایج نشان داد که تأثیر فاکتور-های دما و سرعت جابه‌جایی هوا بر فرایند خشک شدن محصول ذرت معنی‌دار بود. کیانمهر و همکاران (۱۳۸۶) در پژوهشی اثر

خشک کردن مهمترین روش نگهداری محصولات کشاورزی بوده و یک عملیات حساس و با اهمیت در چرخه برداشت، نگهداری و حمل و نقل آنهاست. در این فرایند با استفاده از انرژی گرمایی، آب موجود در ماده تبخیر می‌گردد و یک ماده جامد، مایع و نیمه جامد به یک ماده جامد با میزان رطوبت کمتر تبدیل می‌شود و همراه با فرایندهای پیچیده انتقال جرم و حرارت می‌باشد که اغلب باعث واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی می‌گردد. (Ekhoff, 2004)

در مراحل ابتدایی فرایند خشک شدن، سرعت رطوبت زدایی از محصول سریع می‌باشد، زیرا در این مدت رطوبت از لایه‌های بیرونی به سطح دانه آمده و از آنجا به وسیله جریان هوای گرم از سطح دانه جدا می‌شود. با گذشت زمان، عمل انتقال رطوبت از لایه‌های درونی و مغز دانه به سطح، به مدت زمان بیشتری نیاز دارد. به همین دلیل آهنگ خشک شدن کاهش و زمان آن افزایش پیدا می‌کند و شیب منحنی تغییرات رطوبت در واحد زمان کم می‌شود. این مرحله از فرایند انرژی زیادی را صرف کرده و زمان‌بر می‌باشد. (پهلوان‌زاده، ۱۳۷۷ و Canovas and Mercado, 1996)

اغلب محاسبات مربوط به طراحی و با تجزیه و تحلیل خشک‌کن‌ها

^۱- کارشناسی ارشد گروه مهندسی بیوسیستم، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

* نویسنده مسؤول: f.b.moghadam@gmail.com



از شهرستان پارس آباد مغان تهیه شد. رطوبت اولیه توسط دستگاه رطوبت سنج محصول و آزمایشگاه تعیین شد. پارامترهای مورد تغییر شامل تغییرات دما در سه سطح ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سلسیوس و سرعت هوا در دو سطح ۲ و ۳ متر بر ثانیه بود. همچنین در آزمایش‌ها جداگانه تاثیر خشک کردن در دمای دو مرحله‌ای نیز بررسی شد. برای انجام این کار ابتدا در دمای ۶۰ درجه سلسیوس، عملیات خشک کردن انجام و پس از یک ساعت دما به ۴۰، ۵۰ و 60 درجه سلسیوس تغییر یافت. مدل‌سازی فرایند خشک شدن سویا نیز در تحقیق بررسی شد. برای انجام این مطالعه از یک دستگاه خشک‌کن ساخته شده در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان استفاده شد (شکل ۱). خشک‌کن از نوع جریان با جابجایی هوای داغ می‌باشد. خشک‌کن مورد استفاده برای خشک کردن میوه‌ها و سبزی‌جات مناسب بوده و دارای یک صفحه مشبک می‌باشند که جریان هوا به صورت متقاطع به محصول در حال خشک شدن برخورد می‌نماید.



شکل ۱- خشک‌کن مورد استفاده در پژوهش

پس از پایان آزمایش خشک کردن برای هر تیمار در سه تکرار اقدام به نمونه‌گیری شده و نمونه‌ها توسط یک ترازو با دقت ± 0.01 گرم توزین شدند. سپس با استفاده از آون تحت خلا در دمای ۷۰ درجه سلسیوس و فشار ۱۵۰ میلی بار به مدت ۸ ساعت قرار داده شدند. (غلامی و همکاران، ۱۳۸۸) پس از خشک شدن کامل، نمونه‌ها مجدداً توزین شدند. سپس با استفاده از رابطه (۱) رطوبت نمونه بر مبنای خشک تعیین گردید. با میانگین‌گیری از سه رطوبت به دست آمده، رطوبت تیمار آزمایش در پایان فرایند آزمایش تعیین شد. پس از تعیین رطوبت تیمار در پایان آزمایش، وزن خشک تیمار از رابطه (۱) محاسبه گردید و سپس با استفاده از همان رابطه با در دست داشتن وزن تیمار آزمایش در فواصل زمانی ذکر شده مقدار رطوبت در زمان‌های بالا بدست آمد.

دماهای هوای ورودی (۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ درجه سلسیوس) و عمق خشک‌کن (۱۰ و ۱۵ سانتیمتر) بر درصد ترک خوردگی رقم-های هیل و سحر را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که با افزایش دمای هوای ورودی از ۲۵ به ۴۰ درجه سلسیوس میزان ترک خوردگی از ۱۲/۹۵ به ۴۳/۶۸ درصد و با افزایش عمق خشک‌کن از ۵ به ۱۰ سانتیمتر درصد ترک خوردگی پوست سویا از ۲۷/۹ به ۲۴/۳ درصد کاهش می‌یابد. در پژوهشی اثرات دما در چهار سطح ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ درجه سلسیوس، سرعت جابجایی هوای گرم در ۳ سطح ۱ و ۲ و ۳ متر بر ثانیه و روش آماده‌سازی محصول در چهار سطح بدون آماده‌سازی، آماده‌سازی با آب داغ، آماده‌سازی با کرنات پتاسیم ۵/۰ و ۴/۰ درصد روغن زیتون و آماده‌سازی با هیدروکسید ۵/۰ درصد بر روی زمان و آهنگ خشک شدن کشمش مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات رطوبت انگور در حین فرایند خشک شدن در شرایط مختلف با مدل‌های هندرسون و پابیس، دو جمله‌ای، لوییسیس، پی، پیچ اصلاح شده و تامسون برازش داده شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش‌های اندازه‌گیری زمان و متوسط آهنگ خشک کردن، در هر دو رقم انگور، پارامترهای دما، سرعت جابجایی هوا و آماده‌سازی محصول اثرات بسیار معنی‌داری بر زمان و متوسط آهنگ خشک شدن دارند. (غلامی و همکاران ۱۳۸۸؛ غلامی و همکاران، ۱۳۹۰)

عالمی و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی، اثر رقم رطوبت و دمای خشک‌کردن بر خواص مکانیکی دانه سویا شامل نیرو و انرژی شکست، ضریب الاستیسیته ظاهری و چقرمگی را مورد مطالعه قرار دادند. آزمایش‌ها تحت بارگذاری شبه استاتیک به کمک دستگاه آزمون مواد اندازه‌گیری شد. اثر پارامترهای خشک‌کن شامل رطوبت در سه سطح ۱۴، ۱۲ و ۱۰ درصد خشک پایه و دمای خشک کردن در سه سطح ۵۰، ۶۰، ۷۰ درجه سلسیوس در سه رقم سویا (هیل، پرشینگ و گرگان ۳) بر روی خواص مکانیکی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر دو پارامتر رطوبت و دما تاثیر معنی‌داری بر روی نیرو و انرژی لازم برای شکست دانه داشتند. به طوریکه با افزایش رطوبت از ۱۰ به ۱۴ درصد مقدار نیرو و انرژی شکست به ترتیب ۵ و ۶ افزایش یافت.

با توجه به اهمیت مطالب ذکر شده، در این مطالعه پارامتر-های موثر بر فرایند خشک شدن سویا (دما و سرعت جابجایی هوا) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت و تاثیر تغییرات پارامتر-های ذکر شده بر زمان و آهنگ خشک شدن بررسی شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها بر روی سویا انجام شد. سویای (N11) مورد نیاز



می‌شود. (Canovas and Mercado, 1996) عدد به دست آمده آهنگ خشک شدن بر حسب $\text{kgH}_2\text{O} / \text{kgDM.h}$ می‌باشد. با میانگین گیری از مجموع اعداد به دست آمده در زمان های مختلف فرایند، متوسط آهنگ خشک شدن برای هر تیمار حاصل شد که برای تجزیه و تحلیل های آماری مورد استفاده قرار گرفت. مبنای محاسبات و متوسط آهنگ خشک شدن در این مطالعه، زمان رسیدن رطوبت سويا به میزان حدود ۱۱-۱۲ درصد بر پایه تر می‌باشد. (عباسی و همکاران، ۱۳۹۳)

پس از انجام مرحله خشک کردن به منظور بررسی تغییرات رطوبت در زمان خشک کردن از مدل های نیمه تئوری مطابق با جدول (۱) برای برازش داده‌های تجربی مورد استفاده قرار گرفت. برای برازش داده‌ها روش رگرسیون غیرخطی به کار گرفته شد و به کمک نرم افزارهای آماری استاتیسیتیکا و اکسل مدل های مذکور با داده‌ها برازش داده شدند. برای تعیین مناسب بودن برازش علاوه بر ضریب تعیین (R^2) از سه شاخص دیگر، به شرح جدول (۲) استفاده گردید.

جدول ۱- مدل‌های مورد استفاده در پژوهش برای خشک کردن داده‌ها

مرجع	معادله	نام مدل
Henderson and Pabis, 1961	$MR = a \exp(-kt)$	هندرسون و پابیس (HENDERSON AND PABIS)
Henderson, 1974	$MR = a \exp(-kt) + b \exp(k_1 t)$	مدل دوجمله ای (THE TWO-TERM)
Bruce, 1985	$MR = \exp(-kt)$	لویس (LEWIS)
Page, 1949 Cited in Bruce 1985	$MR = \exp(-kt^n)$	پیج (PAGE)
Overhults et al., 1973	$MR = \exp(-kt)^n$	پیج اصلاح شده (MODIFIED PAGE)
Thompson et al., 1978	$t = a \ln MR + b(\ln MR)$	تامسون (THOMPSON)

M: نسبت رطوبت، t: زمان (min) و n و k ثابت‌های مدل‌ها می‌باشند.

جدول ۲- شاخص‌های ارزیابی مدل‌های بکار برده شده در پژوهش

مرجع	رابطه	نام شاخص
San Martin et al., 2001	$P = \frac{100}{N} \sum \left \frac{X_e - X_o}{X_o} \right $	مقدار P
San Martin et al., 2001	$R_{MSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (X_e - X_o)^2}$	ریشه میانگین مربعات خطا

اثرات دو مرحله‌ای دما (خشک کردن پله‌ای) نیز بررسی شد. برای انجام این کار ابتدا نمونه‌ها تحت دمای ۴۰ درجه سلسیوس قرار گرفته و سپس بعد از یک ساعت، دما به ۶۰ و ۵۰ درجه سلسیوس (در آزمایش‌های جداگانه) افزایش و در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزارهای اکسل، SAS 9.01 و Statistica 10

آزمایش‌های خشک کردن

در این مطالعه اثر سرعت جریان و دمای هوای گرم خشک-کن، بر سويا مورد بررسی قرار گرفت. متغیر دمای خشک‌کن در سه سطح ۴۰، ۵۰، ۶۰ درجه سلسیوس و متغیر سرعت هوا نیز دارای دو سطح ۲ و ۳ متر بر ثانیه بود. همچنین در این آزمایش



بر اساس مقایسه میانگین دانکن در سطح احتمال ۵ درصد بر روی تاثیر دما بر آهنگ خشک شدن سویا نتایج نشان دهنده تقسیم‌بندی سه دمای مورد آزمایش در دو گروه آماری بود. بر این اساس دمای ۶۰ درجه سلسیوس با میانگین ۰/۰۰۰۵ در گروه آماری A و دماهای ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس در گروه آماری یکسان B قرار گرفتند.

بر اساس مقایسه میانگین دانکن در سطح احتمال ۵ درصد بر روی تاثیر سرعت هوا بر آهنگ خشک شدن سویا نتایج نشان داد که دو سرعت جابجایی هوا (۲ و ۳ متر بر ثانیه) از نظر آماری در یک گروه قرار می‌گیرند.

انجام شد. سپس مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی توسط آزمون دانکن صورت پذیرفت.

نتایج

بررسی تاثیر دما و سرعت هوا بر آهنگ خشک کردن سویا
نتایج تجزیه واریانس تاثیر دما و سرعت هوا بر متوسط آهنگ خشک کردن و مقایسه میانگین دانکن دما و سرعت هوا بر متوسط آهنگ خشک کردن به ترتیب در جدول‌های ۳، ۴ و ۵ آورده شده است. از تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده در تاثیر دما و سرعت هوا بر آهنگ خشک شدن سویا نتیجه‌گیری شد که پارامتر دما معنی‌دار بوده و پارامترهای سرعت جابجایی هوا و اثر متقابل سرعت جابجایی هوا در دما از نظر آماری معنی‌دار نبودند.

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر دما و سرعت هوا بر متوسط آهنگ خشک شدن سویا

منابع تغییرات	درجه آزادی	SS	MS	F
دما	۲	۰/۰۰۰۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷۲	۵/۳۷*
سرعت	۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۲	۲/۴۴ ^{ns}
دما * سرعت	۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۵۷	۰/۴۳ ^{ns}
خطا	۱۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱۶		

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین دانکن در سطح احتمال ۵ درصد بر روی تاثیر دما بر آهنگ خشک شدن

دما (درجه سلسیوس) میانگین گروه

گروه	میانگین	دما (درجه سلسیوس)
A	۰/۰۰۰۵	۶۰
B	۰/۰۰۰۴	۵۰
B	۰/۰۰۰۳	۴۰

حروف متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

همچنین نتایج مقایسه میانگین دانکن تاثیر سرعت جابجایی هوا بر زمان خشک شدن سویا (جدول ۸) نشان داد پارامتر سرعت ۲ متر بر ثانیه با میانگین ۷۶۷ و سرعت ۳ متر بر ثانیه با میانگین ۶۶۹ از لحاظ آماری در یک گروه قرار می‌گیرند. نتایج بیان شده در مقایسه میانگین تأیید کننده تجزیه واریانس تاثیر دما و سرعت هوا بر زمان خشک شدن سویا می‌باشد.

جدول ۶- تجزیه واریانس تاثیر دما و سرعت هوا بر متوسط زمان خشک شدن سویا

منابع تغییرات	درجه آزادی	SS	MS	F
دما	۲	۱۶۷۶۳۸۸	۸۳۸۱۹۴	۶۵۳۴۰**
سرعت	۱	۴۲۷۲۹	۴۲۷۲۹	۳۳۳**
دما * سرعت	۲	۶۲۶۸	۳۱۳۴	۲۴**
خطا	۱۲	۱۵۳۹	۱۲۸	

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

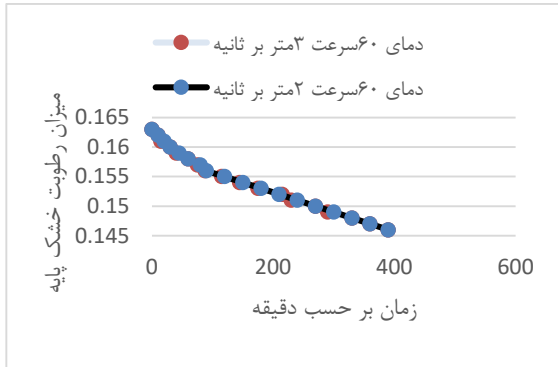
جدول ۵ - مقایسه میانگین دانکن در سطح احتمال ۵ درصد بر روی تاثیر سرعت جابجایی هوا بر آهنگ خشک شدن

سرعت (متر بر ثانیه)	میانگین گروه
۳	۰/۰۰۰۵
۲	۰/۰۰۰۴

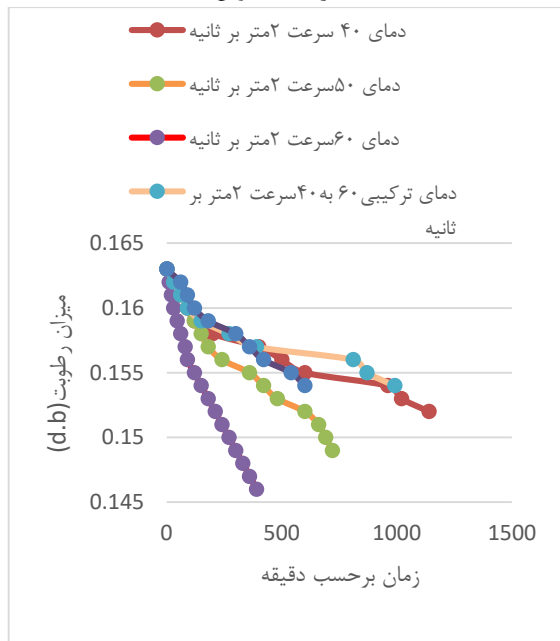
حروف متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

بررسی تاثیر دما و سرعت هوا بر زمان خشک کردن سویا

نتایج بدست آمده از تاثیر دما و سرعت جابجایی هوا بر زمان خشک شدن سویا (جدول ۶) نشان دهنده معنی‌دار بودن پارامترهای دما، سرعت و اثر متقابل دما * سرعت در سطح احتمال ۱ درصد بود. همچنین با توجه به مقایسه میانگین دانکن تاثیر دما بر زمان خشک شدن سویا (جدول ۷) نشان داد که تیمارهای دمایی ۴۰ درجه سلسیوس با میانگین ۱۱۳۰، ۵۰ درجه



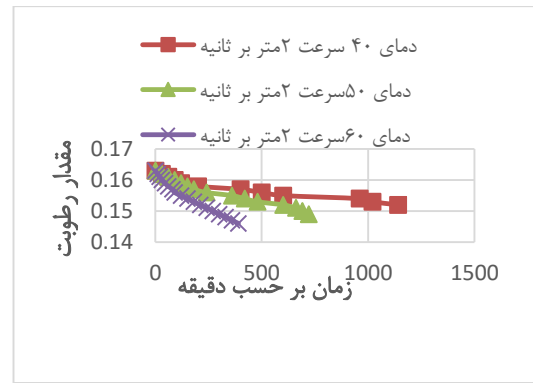
شکل ۵- تاثیر سرعت جابجایی هوا بر روند تغییرات رطوبت در دمای ۵۰ درجه سلسیوس



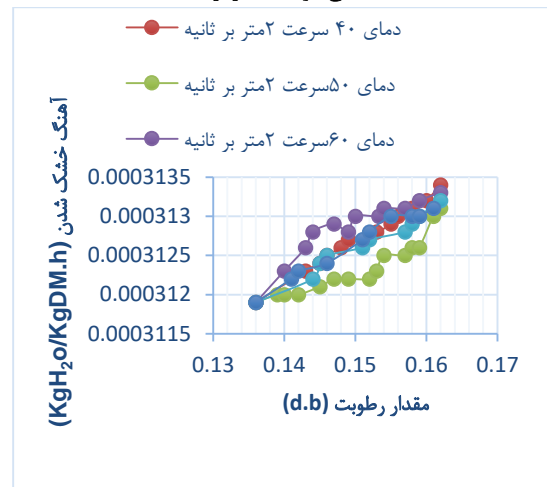
شکل ۶- تاثیر سرعت جابجایی هوا بر روند تغییرات رطوبت در دمای ۶۰ درجه سلسیوس

شکل ۷- تاثیر خشک کردن دو مرحله ای بر روند تغییرات رطوبت سویا معادله برآورد رطوبت سویا در حین فرآیند خشک شدن

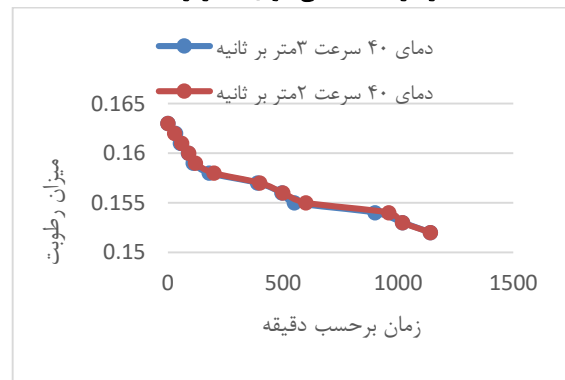
پس از بررسی نتایج بدست آمده از برازش مدل های پیشنهادی و مقایسه این نتایج با یکدیگر مشاهده گردید که مدل پیچ و هندرسون- پابیس به دلیل پائین بودن مقدار P و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) نسبت به مقایسه سایر مدل ها بهتر برازش شد و مدل تامسون و مدل دوجمله ای باتوجه به اینکه بازخورد مناسبی در برازش از خود نشان ندادند در جدول ۱۳ نمایش داده نشد. لذا مدل های فوق را جهت برازش سویا پیشنهاد می نماید.



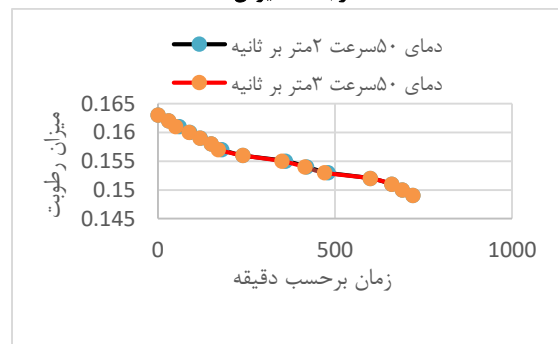
شکل ۸- تاثیر دمای خشک کردن بر روند تغییرات رطوبت در سرعت جابجایی هوای ۲ متر بر ثانیه



شکل ۹- تاثیر دمای خشک کردن بر روند تغییرات آهنگ خشک شدن در سرعت جابجایی هوای ۲ متر بر ثانیه



شکل ۱۰- تاثیر سرعت جابجایی هوا بر روند تغییرات رطوبت در دمای ۴۰ درجه سلسیوس



شکل ۱۱- تاثیر سرعت جابجایی هوا بر روند تغییرات رطوبت در دمای

جدول ۱۳- تحلیل رگرسیونی مدل های بکار رفته در پژوهش

مدل	مدل	مدل لونیس(نیوتن)	مدل	شاخص	دما و سرعت
پیچ اصلاح شده	پیچ		هندرسون		
۰/۱۰۶	۰/۰۲۲	۰/۰۲۴	۰/۰۲۳	P	۴۰دما
۲/۵۰۱	۰/۲۴۶	۰/۳۰۹	۰/۲۸۴	RMSE	سرعت ۲ متر بر ثانیه
۰/۲۴۶	۰/۰۲۳	۰/۰۲۴	۰/۰۰۹	P	۴۰دما
۷/۳۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۶	RMS	سرعت ۲ متر بر ثانیه
۰/۱۳۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۲	P	۵۰دما
۱۳/۰۶۷	۰/۰۳۱۵	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۳۲	RMSE	سرعت ۲ متر بر ثانیه
۰/۲۲۲	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۳۲۴	P	۵۰دما
۳۳/۲۷	۰/۰۰۶۹	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۶	RMSE	سرعت ۲ متر بر ثانیه
۰/۱۵۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	P	۶۰دما
۸/۲۴۰	۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	۰/۰۰۸	RMSE	سرعت ۲ متر بر ثانیه
۰/۲۳۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	P	۶۰دما
۲/۰۱۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	RMSE	سرعت ۲ متر بر ثانیه

پائین تر در مقایسه با دیگر مدل ها RMSE و P به دلیل داشتن به عنوان بهترین مدل برای خشک کردن سویا انتخاب گردید.

References

- Abbasi, S., Minaei, S. and good demand, m. 2013. Investigating drying kinetics and energy consumption of thin corn layer. Agricultural machinery magazine. The fourth volume. First issue, pp. 97-108.
- Canovas, V.G. and H. V. Mercado. 1996. Dehydration of Food. Chapman & Hall publishers. New York, U.S.A
- Gholami, M. and Rashidi, M. 2009. The effect of temperature, air movement speed and preparation method in the drying process of red quince grapes, Iranian Scientific Research Journal of Food Sciences and Industries, Tarbiat Modares University, No. 2
- Gholami, M., Rashidi, M. and Abbasi, S. 2009. Simulation of the drying process of white quince grapes, mathematical models, scientific research quarterly in applied mechanical engineering sciences. The second volume of the autumn issue
- Gholami, M., Rashidi, M. and Beheshti, b. 2009. The effect of two-stage temperature and preparation method on the drying process of white quince grapes, scientific research journal of plants and ecology of Azad Shahreri University, number 20
- Gholami, M., Rashidi, M., Beheshti, B. and Abbasi, S. 2009. Investigating mathematical models of grape drying. Red Quince, Scientific Research Journal of Plant and Ecosystem of Azad Shahr Ray University, No. 19
- Gholami, M., Rashidi, M., Ranjbar, A. and Abbasi, S. 1390. The effect of preparation and water extraction methods on the drying speed and time of red quince

نتیجه گیری

متغیر دما بر آهنگ خشک شدن و نیز زمان خشک کردن سویا معنی دار بوده اما متغیر سرعت جابجایی هوا و نیز اثر متقابل دما و سرعت جابجایی هوا بر آهنگ خشک شدن سویا معنی دار نبوده اما همین متغیرها در زمان خشک کردن سویا اثر معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت.

متغیر دما در تجزیه واریانس تاثیر خشک کردن سرعت جابجایی هوای دو مرحله ای بر آهنگ خشک کردن سویا اثر معنی داری نداشته اما همین متغیر بر روی زمان خشک کردن سویا دارای تاثیر معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد بود.

مقایسه میانگین زمان و آهنگ خشک کردن نشان داد که در اثر افزایش دما از ۴۰ به ۵۰ و از ۵۰ به ۶۰ درجه سلسیوس در سرعت جابجایی هوای ۲ متر بر ثانیه به ترتیب ۴۵/۶ و ۳۱/۷ درصد زمان خشک شدن کاهش یافته است. همچنین در سرعت جابجایی هوای ۳ متر بر ثانیه در اثر افزایش دما از ۴۰ به ۵۰ و ۵۰ به ۶۰ درجه سلسیوس به ترتیب ۴۳/۵۶ و ۴۰/۴ درصد زمان خشک شدن کاهش یافته است.

براساس داده های بدست آمده از پژوهش مشخص شد که آهنگ خشک شدن در سرعت ۲ متر بر ثانیه و در دماهای ۴۰ به ۵۰ درجه سلسیوس ناچیز بوده ولی در دمای ۵۰ به ۶۰ درجه سلسیوس، ۳۷ درصد افزایش آهنگ خشک شدن مشاهده شد. همچنین در سرعت جابجایی هوای ۳ متر بر ثانیه در دمای ۴۰ به ۵۰ درجه سلسیوس، ۱۱ درصد و در دمای ۵۰ به ۶۰ درجه سلسیوس، ۴۶ درصد افزایش آهنگ خشک شدن وجود داشت.

پس از تجزیه های آماری نتایج نشان داد که در مدل های دینامیکی مورد برازش، مدل پیچ و مدل هندرسون- پاییس



grapes, scientific research journal of food sciences and industries of Tarbiat Modares University. Volume 8, Number 1

Hall publishers. New York, U.S.A

Kianmehr, M., Bidgholi, R., Bigi, H. and Hijazi, A. 2007. Investigating the effect of inlet air temperature and laboratory fixed bed dryer depth on skin cracking rate of two soybean varieties. Iranian Journal of Agricultural Sciences, No. 1, Volume 38, pp. 19-28.

Pahlavanzadeh, H. 1998. Drying, principles, application and design. Publications of Tarbiat Modares University. Tehran.

Seyed Alikhani, S. 2013. Laboratory fruit dryer (second part: construction and installation of equipment.) Master's thesis of Azad University of Takestan.

The effect of changes in temperature and air speed on soybean drying process

Farshid Bayat Moghadam¹

1-M.Sc, Department of Biosystems Engineering, Islamic Azad University, Takestan Branch,
Takestan, Iran

*Corresponding author: f.b.moghadam@gmail.com

Received: 10 May 2023

Accept: 01 Aug 2023

Abstract

One of the most important steps in the processing of agricultural products is the drying process. In this stage, the initial moisture content of the product decreases. Achieving optimal conditions in the drying process can have an important effect on the processing time and improving the quality indicators of the product. Temperature parameters and hot air movement speed are the main effective factors in soybean drying process. In this study, the effect of temperature changes (at three levels of 40, 50, and 60 degrees Celsius) and air velocity at two levels (2 and 3 m/s) on the drying time and rate of soybeans was investigated. Changes in humidity during the drying process in different conditions were fitted with different mathematical models. The results showed that the parameters of temperature and air movement speed have significant effects on the drying time and speed at the probability level of 1%. The effect of temperature on the drying process was very high and its increase decreased the drying time and increased the drying rate.

Keywords: drying time, dynamic modeling, soybean, air speed, temperature