



ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج)

۲۴ و ۲۵ شهریور ۱۳۸۹



بررسی اثر مدول الاستیسیته و درصد قند بر ویژگی های خشک شدن زردآلو

اسماعیل میرزایی قلعه^۱، شاهین رفیعی^۲، علیرضا کیهانی^۳، مرتضی آغباشلو^۱، فرزاد میرزایی قلعه^۴

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه تهران ۲- دانشیار دانشگاه تهران ۳- استاد دانشگاه تهران ۴- دانشجوی کارشناسی

دانشگاه تهران

mirzaee1364@yahoo.com

چکیده

هدف از انجام این تحقیق ارزیابی اثر مدول الاستیسیته و درصد قند بر روی مدت زمان خشک شدن و ضریب پخش موثر در فرآیند خشک شدن لایه نازک دو رقم زردآلو (قوامی و نصیری) می باشد. آزمایش‌ها در پنج سطح دمایی ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت هوای ۱/۵ متر بر ثانیه انجام گرفت. بر اساس نتایج، دو رقم مورد مطالعه از لحاظ مشخصه های فیزیکی (محتوی رطوبت اولیه، سطح رویه و ضخامت گوشت) تفاوت معنی داری نداشتند. در حالی که که میزان مدول الاستیسیته و درصد قند رقم قوامی به طور معنی داری از رقم نصیری بیشتر بود. به منظور بررسی تاثیر رقم و دما بر مدت زمان خشک شدن و پخش رطوبت، داده ها به وسیله آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور دمای هوای خشک کن در ۵ سطح و رقم در دو سطح بر اساس طرح پایه بلوک کامل تصادفی مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدول الاستیسیته و درصد قند به دلیل افزایش تفاوت در برابر حرکت رطوبت نقش مهمی در پخش رطوبت دارند.

. کلید واژه: زردآلو، مدول الاستیسیته، درصد قند، ضریب پخش موثر، مدت زمان خشک شدن.

خشک کردن یکی از قدیمی ترین روش های نگهداری مواد غذایی است. با استفاده از این روش علاوه بر جلوگیری از فساد ماده غذایی بوسیله میکرو ارگانیسم ها ویا واکنش های شیمیایی، وزن ماده غذایی کاهش یافته و صرفه جویی بسیاری در هزینه های حمل و نقل و نگهداری حاصل می شود. انجام صحیح عملیات خشک کردن به علت امکان بروز برخی تغییرات نامطلوب در ماده غذایی اهمیت زیادی دارد. برای کاهش آب مواد غذایی تا حدی که در طولانی مدت قابل نگهداری باشند، به ویژه آن هایی که دارای ترکیبات قندی هستند (نظیر میوه ها)، زمانی طولانی و دمایی نسبتا بالا مورد نیاز است. که همین عوامل موجب بروز برخی تغییرات نامطلوب می شود که از جمله می توان به تغییرات رنگ، طعم، عطر، کاهش مواد مغذی و افزایش وزن مخصوص (بعلت چروکیدگی شدید (Maskan, 2001) محصول خشک شده اشاره کرد

خشک کردن به طور عمده با استفاده از نور آفتاب یا با استفاده از دستگاه های خشک کن انجام می شود. استفاده از نور آفتاب که امروزه نیز یکی از روش های متداول می باشد از زمان های باستان رایج بوده است. با این که خشک کردن سبزی ها و میوه ها با نور خورشید بسیار اقتصادی است اما زمان خشک شدن محصول های غذایی با استفاده از نور آفتاب طولانی بوده و عوامل جوی و مخرب قابل کنترل نیستند. با استفاده از نور آفتاب رطوبت را نمی توان تا حد زیادی تقلیل داد و از طرفی به فضای زیادی احتیاج داشته و گرد و غبار، حشرات و جوندگان به آن صدمه می رسانند (Aghbashlo *et al.*, 2009). محصولات کشاورزی و مواد غذایی به دلیل داشتن ویژگی های منحصر به فرد از مواد مهندسی متمایز هستند. داشتن اطلاعات کافی در مورد این ویژگی ها و تعیین روابط بین آن ها به منظور تعیین کیفیت محصول و فرآیند های پس از برداشت ضروری می باشد. (Jannatizadeh *et al.*, 2008). بر اساس مطالعات ریزوی ۱۹۸۶، ضریب پخش موثر علاوه بر دما به رقم و ترکیبات ماده غذایی نیز بستگی دارد (Rizvi, 1986). محتوای رطوبت اولیه، مدول الاستیسیته (E)، سطح رویه (S)، ضخامت بافت نمونه نمونه (L) و درصد قند (TSS) مهم ترین پارامتر های موثر بر ویژگی های خشک شدن میوه ها می باشند. مدول الاستیسیته معیاری برای مقاومت داخلی ماده در برابر حرکت و جریان رطوبت می باشد. با افزایش مدول الاستیسیته، افزایش مدت زمان خشک شدن و کاهش پخش رطوبت مورد انتظار است. همچنین با افزایش قند ماده غذایی در اثر خشک شدن سختی سطحی بیشتری ایجاد می شود و لذا کاهش پخش رطوبت و افزایش مدت زمان خشک شدن با افزایش درصد قند قابل انتظار است. با افزایش سطح رویه محصول سطحی که در تماس با هوای گرم است افزایش یافته و لذا با افزایش سطح رویه، افزایش پخش رطوبت قابل انتظار است. با افزایش محتوی رطوبت اولیه، میزان پخش رطوبت و مدت زمان لازم برای خشک شدن افزایش می یابد. همچنین افزایش پخش رطوبت با افزایش رطوبت توسط محققین گزارش شده است (Doymaz, 2007). محققین زیادی در زمینه مدل سازی لایه نازک مواد غذایی کار کرده اند. سیمال و همکاران خشک شدن کیوی (Simal *et al.*, 2005)، دمیر و همکاران خشک شدن زیتون (2007) (Demir *et al.*، ارتکین و یالدیز خشک شدن بادنجان (Ertekin and Yaldiz, 2004)، کاشانی نژاد و همکاران خشک

شدن پسته (Kashaninejad *et al.*, 2007)، و آکپینار و همکاران خشک شدن فلفل سبز (Akpinar *et al.*, 2004). اما در زمینه اثر خواص فیزیکی نمونه‌ها بر مدت زمان خشک شدن و پخش رطوبت تحقیقی صورت نگرفته است. لذا هدف از انجام این تحقیق، بررسی تاثیر خواص فیزیکی بر مدت زمان خشک شدن و ضریب پخش موثر دو رقم زردآلوی ایران می باشد.

مواد و روش‌ها

تعیین خواص فیزیکی

برای انجام این تحقیق از میوه زرد آلو ارقام قوامی و نصیری که از شهرستان شاهرود تهیه شده بود، استفاده شد. کلیه آزمایش‌ها در گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران انجام شد. برای تعیین خواص فیزیکی، ۱۰۰ عدد زردآلو از هریک از ارقام نصیری (Nasiry) و قوامی (Ghavami) انتخاب شد. ابعاد میوه، l (بزرگ‌ترین بعد)، W (بزرگ‌ترین بعد عمود بر l) و T (بزرگ‌ترین بعد عمود بر l و W)، به وسیله کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی متر به دست آمد. سطح رویه به صورت زیر محاسبه شد (Mohsenin, 1986):

$$S = \pi(IWT)^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

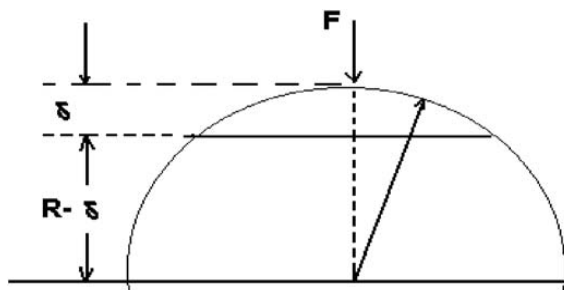
درصد قند نمونه‌ها (TSS) در گروه باغبانی دانشگاه تهران اندازه‌گیری شد. جهت تعیین مدول الاستیسیته، از ماشین تست یونیورسال مدل Santam, MRT-5 استفاده شد. مدول الاستیسیته نمونه‌های سالم زردآلو به نحوی تعیین شد که بزرگ‌ترین بعد میوه عمود بر راستای بارگذاری باشد (شکل ۱). حداکثر نیرو ۵۰۰ N نیوتن و سرعت بارگذاری ۳۰ mm/min انتخاب شد.

با در نظر گرفتن موارد زیر، مدول الاستیسیته زردآلو از رابطه زیر محاسبه شد (O'Brien *et al.*, 1965):

- زردآلوها از لحاظ شکل به صورت بیضی کشیده هستند.
- با فشار در صفحه قائم، انبساط کمی در صفحه طولی روی می دهد.
- هر دو طرف زردآلو که با دو صفحه تخت در ارتباط هستند تغییر شکل یکسان دارند.

$$E = \frac{F}{\pi \times \delta^2} \quad (2)$$

که در آن، E مدول الاستیسیته (MPa)، F نیروی فشاری (N) و δ تغییر شکل در یک طرف میوه (mm) است.



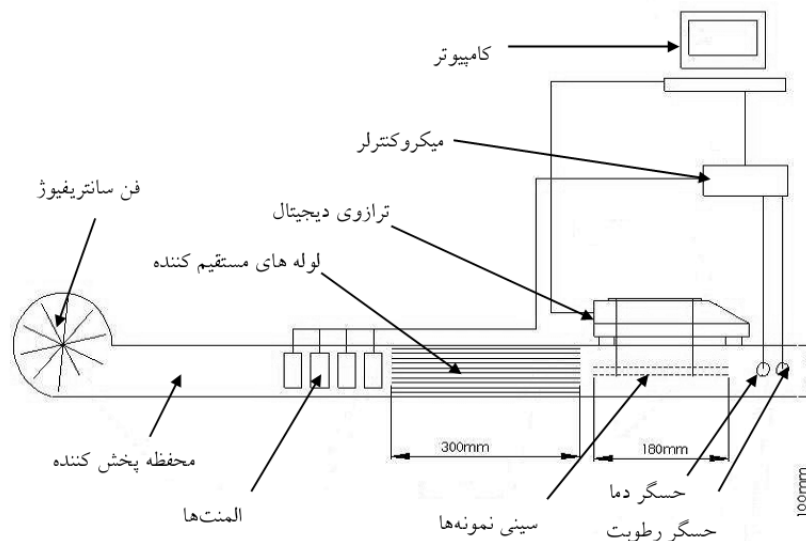
شکل ۱. نحوه ی قرارگیری نمونه ها برای تعیین خواص مکانیکی

آزمایش های مربوط به خشک کردن نمونه ها

آزمایش ها در پنج سطح دمایی ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی گراد و سرعت هوای ورودی ۱/۵ متر بر ثانیه انجام شد. جهت تعیین رطوبت اولیه، نمونه ها در داخل آون با دمای ۷۸ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. (Jannatizadeh *et al.*, 2008). و پس از خشک شدن کامل، وزن خشک نمونه ها به دست آمد. در نهایت رطوبت نمونه ها طی خشک شدن به وسیله معادله (۳) محاسبه شد:

$$M_d = \frac{W_w - W_d}{W_d} \quad (3)$$

که M_d رطوبت برگه ی زردآلو بر پایه خشک (db)، W_w وزن زردآلو در طی خشک شدن، W_d وزن زردآلوی خشک شده می باشد. برای انجام آزمایش ها، از یک خشک کن لایه نازک آزمایشگاهی (شکل ۲) که در گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران ساخته شد، استفاده شد (یدالهی نیا، ۱۳۸۵).



شکل ۲. طرحواره خشک کن آزمایشگاهی

نسبت رطوبت با توجه به رطوبت اولیه، رطوبت تعادلی و رطوبت توده در هر لحظه در طی خشک شدن به وسیله رابطه (۴) محاسبه می‌گردد:

$$MR = \frac{M_d - M_e}{M_0 - M_e} \quad (۴)$$

که MR نسبت رطوبت، M_d رطوبت توده در لحظه جاری بر پایه خشک، M_e رطوبت تعادلی و M_0 رطوبت اولیه توده محصول است. طرف چپ معادله نسبت رطوبت را که مشخص کننده فرآیند خشک کردن است نشان می‌دهد. براساس تحقیقات انجام شده، در محصولاتی که دارای رطوبت زیاد هستند معادله (۴) به صورت معادله (۵) ساده می‌گردد:

$$MR = \frac{M_d}{M_0} \quad (۵)$$

با استفاده از قانون دوم پخش فیک و با در نظر گرفتن ورقه های زردآلو به صورت باریکه های نا محدود، ضریب پخش موثر از رابطه زیر محاسبه شد (Crank, 1975):

$$MR = \frac{M_d}{M_0} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n_1=1}^{\infty} \frac{1}{(2n_1-1)^2} \exp\left(-\frac{(2n_1-1)^2 \pi^2 Dt}{4L^2}\right) \quad (۶)$$

که در آن MR نسبت رطوبت، L ضخامت ورقه ها (m) ، n_1 عدد صحیح مثبت، D ضریب پخش رطوبت موثر (m^2/s) و t زمان (s) .

فقط اولین جمله معادله (۶) برای زمان های طولانی خشک کردن، استفاده می شود (Lopez et al., 2000):

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 Dt}{4L^2}\right) \quad (۷)$$

ضریب k_0 با رسم منحنی $\ln(MR)$ در مقابل زمان مطابق معادله (۸) محاسبه می شود:

$$k_0 = \frac{\pi^2 D}{4L^2} \quad (۸)$$

برای بررسی اثر رقم و دمای هوا بر ضریب پخش موثر و مدت زمان خشک شدن داده ها به وسیله آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور دمای هوای خشک کن در ۵ سطح ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی گراد و دو رقم نصیری و قوامی بر اساس طرح پایه بلوک کامل تصادفی وبه کمک نرم افزار SPSS, 15 تجزیه و تحلیل شد.

نتایج و بحث

مقادیر میانگین محتوی رطوبت، سطح رویه، ضخامت بافت نمونه، درصد قند و مدول الاستیسیته برای دو رقم مورد مطالعه در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱. مقادیر میانگین خواص فیزیکی میوه زردآلو

رقم	محتوی رطوبت اولیه (%w.b)	سطح رویه (mm ²)	ضخامت گوشت زردآلو (mm)	مدول الاستیسیته (MPa)	درصد قند (TSS%)
قوامی	۷۹/۸۴ ^a	۳۹۷۴/۲۲۹۹ ^a	۴/۲۵۹ ^a	۰/۲۱۵۹ ^a	۲۲/۰۰ ^a
نصیری	۷۹/۶۱ ^a	۳۹۵۴/۹۴۰۱ ^a	۴/۲۵۵ ^a	۰/۳۳۷۷ ^b	۱۸/۵۰ ^b

حروف یکسان نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد است.

بر اساس نتایج، مقادیر مربوط به مدول الاستیسیته و درصد قند رقم قوامی به طور معنی داری بزرگ تر از مقادیر مدول الاستیسیته و درصد قند رقم نصیری است. در حالی که در دو رقم مورد مطالعه از نظر محتوی رطوبت اولیه، سطح رویه و ضخامت گوشت تفاوت معنی داری وجود نداشت. به منظور بررسی تاثیر رقم و دما بر مدت زمان خشک شدن و ضریب پخش موثر مقادیر مربوط به نسبت رطوبت و ضریب پخش موثر به ترتیب توسط معادله های (۵) و (۸) تعیین شدند و داده ها به وسیله آزمایش فاکتوریل بر اساس طرح پایه بلوک کامل تصادفی تجزیه و تحلیل شد. نتایج مربوط به تجزیه واریانس داده ها تا رسیدن به نسبت رطوبت ۰/۱ و ضریب پخش رطوبت به ترتیب در جداول (۲) و (۳) آورده شده است. بر اساس نتایج تاثیر دما و رقم بر مدت زمان لازم تا رسیدن به نسبت رطوبت ۰/۱ و نیز ضریب پخش رطوبت در سطح ۱ درصد معنی دار بود. در حالی که اثر متقابل آن ها معنی دار نبود.

جدول ۲. تجزیه واریانس زمان خشک شدن تا نسبت رطوبت ۰/۱ بر اساس دو فاکتور رقم و دمای هوای خشک کن

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجات آزادی	منابع تغییرات
۱۲/۹۲ ^{**}	۶۰۱۹۳/۶۲	۱۲۰۳۸۷/۳۴	۲	بلوک
۲۳۳/۵۱ ^{**}	۱/۰۸×۱۰ ^۶	۴/۳۵×۱۰ ^۶	۴	دما
۱۶/۸ ^{**}	۷۸۲۵۵/۴۸	۱۵۶۵۱۰/۹۷	۲	رقم
۰/۶۹ ^{ns}	۲۹۱۱/۸۲	۲۳۲۹۴/۵۷	۸	رقم × دما
	۴۶۵۸/۰۷	۱۳۰۴۲۶/۰۸	۲۸	خطای آزمایش
		۴۷۸۰۶۱۸/۹۶	۴۴	کل

^{**} معنی دار در سطح یک درصد است. ^{ns} معنی دار نیست.

جدول ۴. تجزیه واریانس ضریب پخش موثر بر اساس دو فاکتور رقم و دمای هوای خشک‌کن

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجات آزادی	منابع تغییرات
۵۱/۹۹**	$۵/۴ \times ۱۰^{-۲۲}$	$۱/۰۸ \times ۱۰^{-۲۱}$	۲	بلوک
۳۴۹/۴**	$۳/۶۳ \times ۱۰^{-۲۱}$	$۱/۴۵ \times ۱۰^{-۲۰}$	۴	دما
۴۵۴/۰۵**	$۴/۷۲ \times ۱۰^{-۲۱}$	$۹/۴۴ \times ۱۰^{-۲۱}$	۲	رقم
۳۳/۱ ^{NS}	$۳/۴ \times ۱۰^{-۲۲}$	$۲/۷۵ \times ۱۰^{-۲۱}$	۸	رقم × دما
	$۱۰/۳۵ \times ۱۰^{-۲۴}$	$۲/۹ \times ۱۰^{-۲۲}$	۲۸	خطای آزمایش
		$۲۸/۰۶ \times ۱۰^{-۲۱}$	۴۴	کل

** معنی دار در سطح یک درصد است. NS معنی دار نیست

میانگین مدت زمان خشک‌شدن برگه زردآلو تا رسیدن به نسبت رطوبت ۰/۱ و ضریب پخش موثر رطوبت بر اساس اثر متقابل دو عامل رقم و دمای هوای خشک‌کن به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱٪ مقایسه شد و نتایج در جدول (۵) آورده شده است.

مقایسه میانگین مدت زمان خشک کردن تا نسبت رطوبت ۰/۱ و ضریب پخش موثر برای ارقام مختلف و دمای هوای خشک کن بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح ۱٪)

رقم	دما (°C)	مدت زمان لازم برای رسیدن به نسبت رطوبت ۰/۱ (دقیقه)	$D \times 10^{-10} (m^2/s)$
قوامی	۴۰	$۱۲۵۲/۳۳ \pm ۱۵۷/۵۱^f$	۱/۳۴
قوامی	۵۰	$۸۰۴/۳۳ \pm ۸۶/۱۷^d$	۱/۹۸
قوامی	۶۰	$۵۷۵/۳۳ \pm ۲۵/۵۷^c$	۲/۶۳
قوامی	۷۰	$۴۴۴/۶۶ \pm ۲۸/۵۷^b$	۳/۳۴
قوامی	۸۰	$۳۳۴/۳۳ \pm ۲۳/۷۱^a$	۴/۵۰
نصیری	۴۰	$۱۱۱۸/۶۶ \pm ۱۱۹/۶۳^e$	۲/۰۲
نصیری	۵۰	$۷۶۲/۳۳ \pm ۱۰۸/۵۲^d$	۲/۶۶

۳/۷۹	۵۵۰/۶۶±۴۹/۳۳ ^c	۶۰	نصیری
۴/۸۴	۴۲۴/۶۶±۴۹/۴۱ ^{ab}	۷۰	نصیری
۵/۹۵	۳۰۹/۳۳±۱۷/۰۳ ^a	۸۰	نصیری

مشاهده می شود که کم ترین مقدار ضریب پخش موثر برابر $1/34 \times 10^{-10} m^2 / s$ بود که متعلق به رقم قوامی و در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد است. در حالی که بیشترین مقدار ضریب پخش موثر برابر $5/95 \times 10^{-10} m^2 / s$ بود که متعلق به رقم نصیری و در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد است. به طور کلی میزان ضریب پخش رطوبت موثر برای مواد غذایی در محدوده $10^{-11} - 10^{-9} m^2 / s$ تغییر می کند (Bablis and Belessiotis 2004; Aghbashlo *et al.*, 2008). طغزل و پهلوان، مقدار ضریب پخش موثر برای زردآلو را $6/51 - 8/32 \times 10^{-9} m^2/s$ در محدوده دمایی ۵۰ تا ۸۰ درجه سلسیوس گزارش دادند (Togrul and Pehlivan, 2003).

بر اساس نتایج، مقادیر مدت زمان خشک شدن تا نسبت رطوبت ۰/۱ در هر دمای دلخواه برای رقم نصیری به طور معنی داری از مقادیر مشابه در رقم قوامی کوچک تر است. در حالی که مقادیر مربوط به ضریب پخش موثر در هر دمای دلخواه در رقم نصیری بیشتر است. دلیل این امر را می توان بیشتر بودن مقادیر مربوط به مدول الاستیسیته و درصد قند در رقم قوامی دانست. مدول الاستیسیته را می توان معیاری از سفتی بافت و میزان مقاومت ماده در برابر حرکت رطوبت دانست. لذا با افزایش مدول الاستیسیته مقاومت داخلی ماده در برابر انتقال رطوبت به سطح افزایش یافته و لذا کاهش پخش رطوبت و افزایش مدت زمان خشک شدن قابل انتظار است. همچنین با افزایش درصد قند در ماده با تبخیر شدن رطوبت در مراحل اولیه مواد جامد محلول رسوب کرده و لذا میزان مقاومت داخلی با ادامه فرآیند خشک شدن و به دلیل پر شدن فضاهای داخلی توسط مواد رسوب کرده افزایش می یابد.

نتیجه گیری

۱- مقادیر میانگین مربوط به محتوی رطوبت اولیه، سطح رویه و ضخامت گوشت در دو رقم مورد مطالعه (نصیری و قوامی) تفاوت معنی داری نداشت.

۲- میانگین در صد قند و مدول الاستیسیته در رقم قوامی به طور معنی داری بزرگ تر از مقادیر مشابه در رقم نصیری بود.

۳- اثر رقم و دمای هوای عبوری بر مدت زمان خشک شدن و ضریب پخش موثر در سطح ۱٪ معنی دار بود در حالی که اثر متقابل دما و رقم بر مدت زمان خشک شدن و ضریب پخش موثر معنی دار نبود.

۴- مقادیر میانگین مدت زمان خشک شدن تا نسبت رطوبت ۰/۱ در هر دمای داخواه در رقم نصیری کم تر از رقم قوامی بود.

۵- مقادیر میانگین ضریب پخش موثر در هر دمای داخواه در رقم نصیری بیشتر از رقم قوامی بود.

۶- بیشتر بودن مدت زمان لازم برای خشک شدن و میزان پخش رطوبت کم تر در رقم قوامی ناشی از بیشتر بودن مقادیر مربوط به مدول الاستیسیته و درصد قند آن در مقایسه با رقم نصیری است.

منابع

یداللهی‌نیا، ع.ر. ۱۳۸۵. استخراج مدل خشک‌شدن شلتوک در خشک‌کن لایه‌نازک. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه تهران.

Krokida, M. K., and Maroulis, Z.B. 1997. Effect of drying method on shrinkage and porosity. *Drying Technology*, 15, 2441-2458.

Maskan, M. 2001. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 177-182.

Janatizadeh, A., Naderi Boldaji, M., Fatahi, R., Ghasemi Varnamkhasti, M., and Tatabaefar, A. 2008. Some Post harvest Physical Properties of Iranian apricot fruit. *International. agrophysics*, 22, 356-363.

Rizvi, S.S.H. 1986. Thermodynamic properties of foods in dehydration. In: *Engineering properties of foods* (Eds M.A. Rao, S.S.H. Rizvi), Dekker Press, New York, USA.

Simal, S., Femenia, A., Garau, M.C., and Rossello, C. 2005. Use of exponential, Page and diffusion models to simulate the drying kinetics of kiwi fruit. *Journal of Food Engineering*, 66, 323-328.

Demir, V., Gunhan, T., and Yagcioglu, A.k. 2007. Mathematical modeling of convection drying of green table olives. *Biosystems Engineering*, 98, 47-53.

Ertekin, C., and Yaldiz, O. 2004. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63, 349-359.

Doymaz, I. 2007. The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *Journal of Food Engineering*, 79, 243-248.

Kashaninejad, M., Mortazavi, A., Safekordi, A., and Tabil, L.G. 2007. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. *Journal of Food Engineering*, 78, 98-108.

Akpınar, K.E., Bicar, Y., and Yildiz, C. 2004. Thin layer drying of red pepper. *Journal of Food Engineering*, 59, 99-104.

Mohsenin, N.N. 1986. *Physical Properties of Plant and Animal Material*. Goraon Beach Publition.

O'Brien N., Gentry, J., and Gibson, R. 1965. Vibration characteristics of fruit as related to injury. *Transactions of The ASAE*, 241-243.

Crank, J. 1975. *The Mathematics of Diffusion*. 2nd ed. Oxford University Press, Oxford.

- Lopez, A., Iguaz, A., Esnoz, A., and Vireda, P. 2000. Thin-layer drying behavior of vegetable waste from wholesale market. *Drying Technology*, 18(4), 995–1006.
- Bablis, J., and Belessiotis, V. G. 2004. Influence of the drying conditions on the drying contents and moisture diffusivity during the thin layer drying of figs. *Journal of Food Engineering*, 65(3), 449–458.
- Aghbashlo, M., Kianmehr, M., and Samimi-Akhijahani, H. 2008. Influence of drying conditions on the effective moisture diffusivity, energy of activation and energy consumption during the thin-layer drying of beriberi fruit (Berberidaceae). *Energy Conversion and Management*, 49, 2865–2871.
- Togrul, I.T., and Pehlivan, D. 2003. Modeling of drying kinetics of single apricot. *Journal of Food Engineering*, 58, 23-32.
- Aghbashlo, M., Kianmehr, M., and Samimi-Akhijahani, H. 2009. Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetick of barberries (barberries vulgaris). *Journal of Food Process Engineering*, 32(2), 278-293.

Modulus of elasticity (E) and total soluble solids (TSS) effect on drying characteristics of two apricot varieties

Abstract

In this study, the of inference of modulus of elasticity and total soluble solids on drying time and effective moisture diffusion in drying of apricot varieties (*Ghavami* and *Nasiry*) was evaluated. Experiments were carried out under five air temperatures of 40, 50, 60, 70 and 80°C and air velocity of 1.5 m/s. Results indicated that there were no significant difference in physical characteristic(initial moisture content, surface area and thickness of pomace) between tow apricot varieties, while there were significant difference in modulus of elasticity and total soluble solids. The individual and combined effects of the variables (variety and air temperature) were analyzed on drying time and moisture diffusion coefficient of apricot drying based on the factorial experiments (two factor completely randomized design (5×2)) using SPSS, 15 program. Bases on the results, elasticity modulus and total soluble solids play a major role in moisture diffusion by limiting water movement within the material subjected to drying.

Key words: Apricot, Modulus of elasticity, Total soluble solids, Effective moisture diffusivity, Drying time