

بررسی تأثیر پیش تیمار اسمز و فراصوت بر برخی ویژگی‌های کیفی موز خشک شده به روش هوای داغ

فخری شهیدی^۱ - محبت محبی^{۲*} - محمد نوشاد^۳ - احمد احتیاطی^۳ - میلاد فتحی^۴

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۳۰

تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۴

چکیده

موز یکی از مهم‌ترین میوه‌های گرمسیری از منظر اقتصادی و صنعتی می‌باشد. با این وجود موز میوه‌ای فسادپذیر بوده و قابل انجماد نمی‌باشد، لذا مهم‌ترین روش نگهداری آن خشک کردن است. استفاده از هوای داغ مرسوم‌ترین روش خشک کردن می‌باشد. با این وجود خشک کردن توسط هوای داغ انرژی بر بوده و در نتیجه مقرون به صرفه نیست. بنابراین استفاده از پیش تیمارهایی که سبب کاهش آب بافتی و سهولت انتقال جرم هنگام خشک کردن با هوا می‌شوند، بسیار مفید خواهد بود. استفاده از فرآیند آبیگری اسمزی یا امواج فراصوت به عنوان یک پیش تیمار قبل از خشک کردن، میتواند ضمن افزایش راندمان خشک کردن باعث کاهش هزینه نیز گردد. بنابراین در این تحقیق تأثیر فاکتورهای: نوع محلول اسمزی (گلوکز، ساکارز)، مدت زمان غوطه وری در محلول اسمزی (۴۵،۳۰ و ۶۰ دقیقه)، غلظت محلول اسمزی (۳۰ و ۵۰ درصد) و مدت زمان صوت دهی با امواج فراصوت (۱۰، ۲۰، ۳۰ دقیقه) بر میزان از دست دادن آب، جذب مواد جامد، چروکیدگی، ضریب نفوذ رطوبت و رنگ نمونه‌ها در فرآیند تلفیقی اسمزی - هوای داغ مورد بررسی قرار گرفت که بیشترین میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد و همچنین کم‌ترین میزان چروکیدگی در هنگام استفاده از محلول ۵۰ درصد گلوکز در هر دو پیش تیمار به دست آمد. برخلاف کاربرد امواج فراصوت، استفاده از پیش تیمار آب‌گیری اسمزی، بر میزان مولفه‌های رنگی تصاویر نمونه‌های موز خشک شده موثر بود.

واژه‌های کلیدی: آب‌گیری اسمزی، پردازش تصویر، خشک کردن، فراصوت، موز، ویژگی‌های کیفی

مقدمه

رطوبتی بالادر معرض فساد می‌باشد. یکی از روش‌های نگهداری و ذخیره سازی موز پس از برداشت، خشک کردن آن است. خشک کردن مواد غذایی و به ویژه میوه‌ها به روش‌های مختلفی مانند خشک کردن در آفتاب، خشک کردن با هوای داغ، خشک کردن با اشعه مایکروویو امکان پذیر است. خشک کردن توسط هوای داغ انرژی بر بوده و مقرون به صرفه نمی‌باشد. استفاده از عملیات پیش تیمار می‌تواند منجر به کاهش آب بافتی و سهولت انتقال جرم هنگام خشک کردن با هوا گردد (Vahidehet *al.*, 2008).

فرآیند آبیگری اسمزی می‌تواند به عنوان پیش تیمار جهت آبیگری اولیه، قبل از خشک کردن با هوای داغ مورد استفاده قرار گیرد. فرآیند آبیگری اسمزی عبارت است از: خارج کردن بخشی از آب بافت گیاهی یا حیوانی بوسیله تماس مستقیم آن‌ها با یک محلول غلیظ مناسب (محلول‌های قندی یا نمکی و یا مخلوطی از قندها و نمک‌ها). در این فرآیند براساس گرادیان غلظت بوجود آمده بین ماده

موز یکی از پرمصرف‌ترین میوه‌ها در جهان است و تقریباً در تمامی کشورهای نواحی گرمسیری کشت می‌شود. این میوه به دلیل داشتن مقادیر بالایی نشاسته، شکر، ویتامین‌های A و C، پتاسیم، سدیم و منیزیم از ارزش تغذیه‌ای بالایی برخوردار است و منبع مناسبی از انرژی می‌باشد (Fernandes *et al.*, 2006). میوه موز رسیده پس از برداشت بسیار آسیب پذیر بوده و به دلیل محتوای

۱- استاد و استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*- نویسنده مسئول: (Email: mohebbat2000@yahoo.com)

۳- دانش‌آموختگان کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تغییرات رنگ تصویر با ضریب همبستگی ۰/۸۸ قابل پیشگویی با شبکه های عصبی مصنوعی می‌باشد.

هدف از این پژوهش استفاده از پیش تیمارهای غیر حرارتی (اسمز و فراصوت) قبل از خشک کردن توسط هوای داغ به منظور افزایش کارایی فرآیند خشک کردن توسط هوای داغ و همچنین بررسی تأثیر شرایط عملیاتی مختلف بر روی میزان جذب مواد جامد، کاهش آب، چروکیدگی، آب‌گیری مجدد، رنگ و ضریب نفوذ موثر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

میوه موز به صورت روزانه از بازارهای مشهد تهیه شد. پس از جداسازی پوست، موز ها به شکل ورقه هایی با ضخامت ۱۰ میلی متر برش داده شدند. رطوبت سطحی برش های تهیه شده با کاغذ جاذب رطوبت گرفته و وزن آن ها مشخص گردید. سپس نمونه ها تحت پیش تیمار قرار گرفتند. محتوای رطوبتی با قرار دادن نمونه ها در آون با دمای ۹۵ درجه سانتی گراد تا رسیدن به وزن ثابت تعیین گردید.

پیش تیمار اسمزی

محلول‌های اسمزی مورد استفاده در این تحقیق گلوکز و ساکارز با غلظت های ۳۰ و ۵۰ درصد (w/w) بود. نمونه‌های تهیه شده در محلول اسمزی با غلظت مشخص غوطه ور شدند. نسبت میوه به محلول اسمزی در کل آزمایشها ۱ به ۶ ثابت بود. بعد از طی شدن زمان آبیگری (۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه) برش های موز از محلول خارج و پس از حذف رطوبت سطحی، مجدداً توزین شدند. سپس با استفاده از روابط ۱ و ۲ درصد میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد محاسبه گردید:

$$WL = \frac{\text{محتوی رطوبت پس از فرآیند} - \text{محتوی رطوبت اولیه}}{\text{وزن اولیه}} \times 100 \quad (1)$$

$$SG = \frac{\text{ماده خشک اولیه} - \text{ماده خشک پس از فرآیند}}{\text{وزن اولیه}} \times 100 \quad (2)$$

پیش تیمار فراصوت

نمونه های تهیه شده در محلول اسمزی به غلظت مشخص غوطه ور شدند و به مدت ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه تحت تأثیر امواج فراصوت قرار گرفتند. این آزمایش ها درون حمام فراصوت model Unique USC (25 kHz SCHAPER) و تحت دمای ثابت ۳۰ درجه سانتی گراد صورت گرفت. فرکانس و شدت میدان مورد استفاده در این آزمایش بترتیب ۲۵kHz و ۵۰KW بود. نسبت میوه به محلول اسمزی در کل آزمایشها ۱ به ۶ ثابت حفظ شد. بعد از طی شدن زمان، برش های موز از محلول خارج گردیده و پس از حذف رطوبت سطحی، نمونه‌ها مجدداً توزین شدند.

غذایی و محلول، دوجریان خلاف جهت هم بوجود می‌آید، که موجب خروج آب از بافت محصول به سمت محلول و ورود مواد جامد از محلول به داخل بافت ماده غذایی می‌گردد. تحقیقات متعددی در مورد نحوه آبیگری اسمزی و تأثیر عوامل مختلف بر ویژگی‌های کیفی انجام شده است که تأثیر مثبت این پیش فرایند بر بهبود ویژگی‌های بافتی، رنگ و همچنین سایر خصوصیات کیفی مواد خشک شده تأیید شده است (Torregiani & Bertolo, 2001; Fabiano *et al.*, 2009).

اعمال پیش تیمار قبل از خشک کردن، با استفاده از امواج فراصوت شامل غوطه وری ماده غذایی در آب یا در یک فاز آبی هایپرتونیک^۱ است. استفاده از امواج فراصوت به عنوان مکمل روش کلاسیک خشک کردن با هوای داغ، سبب افزایش ضریب نفوذ رطوبت و کاهش زمان فرایند خشک کردن می‌شود. امواج فراصوت در اثر پدیده کاویتاسیون^۲ باعث ایجاد یک سری انقباض و انبساط‌های سریع در ماده، که شبیه فشردن و رها کردن یک اسفنج است، می‌شود. تأثیر اسفنجی^۳ باعث خروج آب از ماتریکس جامد و از طرف دیگر سبب ایجاد میکروکانال هایی جهت سهولت انتقال جرم طی خشک کردن توسط هوای داغ می‌گردد (Fernandes *et al.*, 2006; Isadora *et al.*, 2006). نفوذ رطوبت موثر، کلیه مکانیسم‌های ممکن انتقال رطوبت در ماده را مانند نفوذ مایع، پخش بخار، پخش سطحی، جریان موینگی و جریان هیدرودینامیکی را توصیف می‌کند. اطلاعات مربوط به نفوذ رطوبت موثر برای طراحی و مدلسازی فرآیندهای انتقال جرم مانند آبیگری، جذب سطحی و دفع رطوبت در طول انبارداری، لازم می‌باشد (Rafiee *et al.*, 2008). از دیگر پارامترهای کیفی طی آبیگری اسمزی میزان جذب مواد جامد^۴ و از دست دادن آب^۵ و طی خشک کردن توسط هوای داغ چروکیدگی می‌باشد.

رنگ و ویژگی موثری در اندازه گیری اجسام در تصاویر مربوط به مواد غذایی مختلف شامل انواع میوه، سبزی، دانه غلات و گوشت می‌باشد. از این ویژگی در درجه بندی انواع میوه استفاده شده است. در صنایع گوشت برای بررسی خودکار، درجه بندی و فراوری گوشت، بهبود عینیت فرایند و بررسی عیوب و بیماری‌های گوشت طیور مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Fathi, Briones & Aguilera, 2005). همکاران (۲۰۱۱) تغییرات رنگ کیوی طی تیمار اسمز را به وسیله پردازش تصویر مورد بررسی قرار دادند و با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی، مدلسازی کردند. نتایج نشان داد که پیشگویی

- 1-Hypertonic
- 2-Cavitation
- 3- Sponge effect
- 4-Solid gain
- 5-Water loss

رابطه ی ۳ استفاده شد. زیرنویس ۱ میانگین مولفه رنگی در تصویر نمونه موز قبل از فرآیند است و زیرنویس ۲ میانگین مولفه رنگی در تصویر نمونه موز بعد از خشک کردن می باشد (Fathi et al., 2011).

$$\Delta E = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \quad (3)$$

اندازه گیری میزان آبگیری مجدد

برای محاسبه میزان آبگیری مجدد، نمونه های خشک شده به مدت ۵۰ دقیقه در آب ۵۰ درجه سانتی گراد غوطه ور گردیدند، با استفاده از رابطه ی ۴ میزان آبگیری مجدد نمونه ها به دست آمد (Hammami et al., 1999):

$$\text{میزان آبگیری مجدد} = \frac{\text{وزن نمونه پس از آبگیری}}{\text{وزن نمونه قبل از آبگیری}} \quad (4)$$

مدل سازی منحنی خشک شدن

قانون دوم فیک (معادله ۵) به طور وسیعی به منظور توصیف فرآیند خشک کردن در طول دوره کاهش نرخ رطوبت برای بیشتر مواد بیولوژیکی استفاده می شود:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \nabla [D_{eff} (\nabla M)] \quad (5)$$

که در آن:

D_{eff} ضریب نفوذ رطوبت موثر (m^2/s)، M ، محتوی رطوبت (kg water/kg dry solid) و t زمان (s) می باشد. ضریب نفوذ با استفاده از داده های تجربی تعیین می شود. فرض اصلی در تعیین این پارامتر این است که خشک کردن فقط به انتقال جرم محدود شده و نیز فرآیند خشک کردن به صورت همدم در تمام نمونه انجام می شود. با حل عددی معادله فیک به روش کرانک، نفوذ رطوبت برای باریکه نامحدود با استفاده از معادله ۶ قابل محاسبه است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۷). فرض هایی که برای این معادله در نظر گرفته شد به شرح زیر است:

- ۱) رطوبت در ابتدا به صورت یکنواخت درون نمونه پخش شده است.
- ۲) انتقال جرم به صورت متوازن نسبت به مرکز ماده انجام میگیرد.
- ۳) محتوی رطوبت سطحی نمونه به طور آنی به تعادل با محیط اطراف می رسد.
- ۴) مقاومت به انتقال جرم در سطح نسبت به نواحی درونی ماده ناچیز است.
- ۵) انتقال جرم فقط با مکانیسم نفوذ انجام می گیرد.
- ۶) ضریب نفوذ ثابت میباشد و افت آن قابل چشم پوشی است.

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right) \quad (6)$$

خشک کردن توسط هوای داغ

به منظور حصول شرایط پایدار در سیستم، خشک کن به مدت ۳۰ دقیقه قبل از فرآیند روشن و سپس سینی حاوی نمونه ها در محفظه خشک کن قرار داده می شدند. دماهای مورد بررسی در این تحقیق ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی گراد و سرعت هوای ورودی ۱/۵ m/s در نظر گرفته شد. خشک کردن تا زمانی ادامه داشت که تغییرات رطوبت ورقه ها بسیار کم شده و در نتیجه شدت خشک شدن تقریباً صفر می شد.

اندازه گیری درصد چروکیدگی

برای اندازه گیری چروکیدگی، تغییرات حجم نمونه ها با استفاده از روش جابجایی مایع توسط تولوئن تعیین گردید (رضوی و همکاران، ۱۳۸۵).

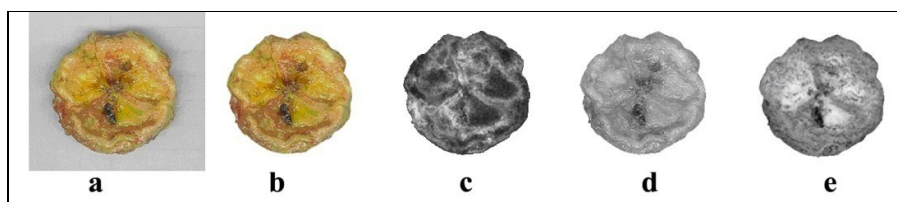
تصویر گیری و پردازش تصویر

تصویر گیری از نمونه موز خشک شده پس از مرحله هوای داغ با استفاده اسکنر مسطح مدل HP Scanjet 4010 و توسط برنامه HP Photosmart premier انجام شد و تصاویر گرفته شده در فرمت JPEG و رزولوشن 200 dpi بدون فشردگی ذخیره شد. جهت آماده سازی تصاویر برای مراحل بعدی پردازش تصویر، ابتدا تصویر موز از تصویر پشت زمینه جدا سازی شد. برای انجام این کار از نرم افزار PhotoShop نسخه ۱۰ استفاده گردید. تصاویر با فرمت PNG و در فضای رنگی RGB ذخیره گردید.

فضای رنگی $L^*a^*b^*$ از سه مولفه L^* ، a^* و b^* تشکیل شده است. مولفه L^* معادل روشنایی تصویر است که بین صفر معادل مشکی و ۱۰۰ معادل انعکاس کامل نور تغییر می کند. مقادیر مولفه a^* بین ۱۲۰- تا ۱۲۰+ تغییر می کند و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز است. مقادیر b^* بین ۱۲۰- تا ۱۲۰+ تغییر می کند و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی است. در اکثر پژوهش های صنایع غذایی از فضای رنگی $L^*a^*b^*$ استفاده می شود (Tkalcic & Tasic, 2006).

با استفاده از پلاگین color_space_converter تحت نرم افزار ImageJ نسخه ۱.۰۴ تصاویر به XYZ CIE و سپس به $L^*a^*b^*$ تبدیل گردید (شکل ۱). مطابق کد ارایه شده توسط توسعه دهنده برنامه، برای تبدیل اطلاعات اخذ شده از پیکسل ها در فضای رنگی RGB به $L^*a^*b^*$ از روش دو مرحله ای استفاده شد.

پس از تبدیل تصویر به فضای رنگی $L^*a^*b^*$ با انتخاب محدوده مربوط به تصویر موز، محاسبه میانگین برای هر مولفه انجام شد. میانگین معادل میانگین مقادیر مولفه رنگی در تصویر است. برای محاسبه تغییرات کلی رنگ (ΔE) در طی فرآیند خشک کردن از



شکل ۱- مراحل تبدیل فضای رنگی a: تصویر اولیه، b: پس زمینه جدا شده، c: مولفه L* تصویر، d: مولفه a* تصویر، e: مولفه b* تصویر

کامل تصادفی و توسط نرم افزار MINITAB صورت گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار MS-Excel نسخه ۲۰۰۷ استفاده شد. تمامی آزمایش‌ها در سه تکرار صورت گرفت.

در این رابطه MR نسبت رطوبت، L ضخامت ورقه‌ها (m) و n عدد صحیح مثبت می‌باشد که برای زمان‌های طولانی خشک کردن n برابر ۱ می‌باشد (Crank, 1975، محمدی و همکاران، ۱۳۸۷). لذا رابطه فوق به صورت ذیل ساده می‌شود:

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 Dt}{4L^2}\right) \quad (7)$$

در این پژوهش فرض شده است، که انتقال حرارت فقط در یک سطح صورت می‌گیرد.

بحث و نتیجه گیری

میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد

درصد میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد محلول توسط معادله (۱ و ۲) محاسبه و نتایج حاصله در جدول (۱) آورده شده است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد گلوکز بعلت دارا بودن اندازه و وزن مولکولی کم تر نسبت به ساکارز، فشار اسمزی بیشتری ایجاد کرده و خروج آب بیشتری را باعث شده است (Panagiotou et al., 1999).

روش تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از طرح آماری بلوک‌های

جدول ۱- درصد میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد توسط ورقه‌های نازک موز در شرایط مختلف آبیگری

شرایط عملیات	میزان از دست دادن آب				جذب مواد جامد محلول			
	گلوکز		ساکارز		گلوکز		ساکارز	
	۵۰	۳۰	۵۰	۳۰	۵۰	۳۰	۵۰	۳۰
۱۰ دقیقه فراصوت	۱۰/۹۱	۶/۳	۷/۴۶	۱/۳۹	۱/۴۲	۰/۸۷	۱/۱۲	
۲۰ دقیقه فراصوت	۱۳/۱۳	۶/۸۲	۷/۶۳	۱/۶۱	۱/۶۷	۱/۰۳	۱/۳۵	
۳۰ دقیقه فراصوت	۱۳/۸۱	۶/۹۸	۷/۸۲	۱/۷۸	۱/۸۵	۱/۱۱	۱/۷۹	
۳۰ دقیقه اسمز	۱۰/۰۸	۴/۱۲	۴/۵۶	۲/۳۱	۲/۶۲	۱/۱۴	۲/۱	
۴۵ دقیقه اسمز	۱۰/۳۶	۴/۲۴	۵/۹۸	۲/۴۵	۲/۶۸	۱/۲۷	۲/۴۳	
۶۰ دقیقه اسمز	۱۰/۷	۴/۶۵	۷/۰۱	۲/۶۳	۲/۷۴	۱/۵۵	۲/۵۷	

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) برای میزان از دست دادن آب

منبع	فراصوت		منبع	اسمز	
	درجه آزادی	میانگین مربعات		درجه آزادی	میانگین مربعات
زمان	۲	۳/۹۱ ^{ns}	زمان اسمز	۲	۳/۲۷۳ ^{ns}
نوع شکر	۱	۴۷/۸**	نوع شکر	۱	۴۰/۹۵۴**
غلظت محلول اسمزی	۱	۱۱/۵۰۵**	غلظت محلول اسمزی	۱	۱۶/۵۴۴**
خطا	۷	۵/۰۳۵	خطا	۷	۳/۴۹۴
کل	۱۱		کل	۱۱	

ns: معنی دار نبودن در سطح ۱٪ و ۵٪ و **: معنی دار بودن در سطح ۱٪

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) برای میزان جذب مواد جامد

منبع	فراصوت		منبع	اسمز	
	درجه آزادی	میانگین مربعات		درجه آزادی	میانگین مربعات
زمان	۲	۰/۴۱۸۹**	زمان	۲	۰/۲۷۱ ^{ns}
نوع شکر	۱	۰/۴۶۰۲**	نوع شکر	۱	۱/۵۹۱**
غلظت محلول اسمزی	۱	۰/۱۹*	غلظت محلول اسمزی	۱	۱/۱۹۷**
خطا	۷	۰/۱۴۱	خطا	۷	۰/۵۶۱
کل	۱۱		کل	۱۱	

ns: معنی دار نبودن در سطح ۱٪ و ۵٪؛ *؛ معنی دار بودن در سطح ۵٪؛ **؛ معنی دار بودن در سطح ۱٪

۸/۸۹×۱۰^{-۸} تا ۳/۶×۱۰^{-۸} و در هنگام استفاده از ساکارز، ۶/۱۲×۱۰^{-۸} بود. محاسبات نشان دهنده یک رابطه مستقیم بین ضریب نفوذ مؤثر و درجه حرارت وجود دارد. نتایج آنالیز واریانس بر ضریب نفوذ مؤثر در جدول ۵ آورده شده است. بررسی ها نشان داد تأثیر کلیه پارامترها به غیر از غلظت محلول طی پیش تیمار توسط فراصوت و زمان طی پیش تیمار توسط محلول اسمزی بر میزان ضریب نفوذ مؤثر معنا دار است.

تأثیر آبگیری اسمزی بر میزان چروکیدگی

در شکل ۲ تأثیر نوع و غلظت محلول اسمزی بر میزان چروکیدگی در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد نشان داده شده است. میزان چروکیدگی بافت با شدت فرآیند اسمز رابطه مستقیم داشت. با افزایش جذب مواد جامد طی فرآیند اسمز به دلیل افزایش مقاومت بافت در نتیجه نفوذ قند، میزان چروکیدگی کاهش یافت. درحقیقت مواد جامدی که به فضای میان بافتی نفوذ می کنند با پر کردن فضاها و مجاری خالی از ایجاد چروکیدگی در این بخش ها تا حد زیادی جلوگیری می نمایند.

استفاده از غلظت های بالاتر سبب آب گیری بیشتر شده و در نتیجه ماده غذایی طی خشک کردن توسط هوای داغ (در شرایط دمایی یکسان) زمان کمتری در معرض دمای بالا برای رسیدن به رطوبت تعادلی قرار می گیرد. در شرایط زمانی یکسان (۳۰ دقیقه) نمونه هایی که تحت تأثیر امواج فراصوت قرار گرفته بودند میزان از دست دادن آب بیشتری داشتند. این پدیده بعلاوه ایجاد میکروکانال ها و سهولت از دست دادن آب توسط نمونه می باشد. ساکارز بعلاوه وزن ملکولی بزرگتر، درصد جذب مواد جامد کمتری را در مقایسه با گلوکز داشت. با افزایش غلظت ساکارز، درصد جذب مواد افزایش یافت. نتایج آنالیز واریانس بر میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد به ترتیب در جدول ۲ و ۳ آورده شده است. در رابطه با میزان از دست دادن آب به غیر از زمان فرآیند فراصوت و اسمز تأثیر بقیه پارامترها معنا دار بود. در صورتی که در رابطه با جذب مواد جامد فقط تأثیر زمان طی فرآیند آبگیری اسمزی معنی دار نبود.

ضریب نفوذ مؤثر

مقادیر ضریب نفوذ رطوبت مؤثر (D_{eff})، توسط معادله ۷ محاسبه و در جدول ۴ نشان داده شده است. دامنه تغییرات ضریب نفوذ مؤثر برای ورقه های موز در هنگام استفاده از گلوکز، ۴/۶۴×۱۰^{-۸} تا ۵/۱۱×۱۰^{-۸}

جدول ۴- ضریب نفوذ مؤثر در ورقه های نازک موز در شرایط مختلف خشک شدن

شرایط عملیات	گلوکز		ساکارز		گلوکز		ساکارز		هوای داغ
	۳۰	۵۰	۳۰	۵۰	۳۰	۵۰	۳۰	۵۰	
۱۰ دقیقه فراصوت	۵/۶۹×۱۰ ^{-۸}	۵/۱۹×۱۰ ^{-۸}	۵/۳۶×۱۰ ^{-۸}	۵/۴×۱۰ ^{-۸}	۵/۸۹×۱۰ ^{-۸}	۵/۶۳×۱۰ ^{-۸}	۵/۵۷×۱۰ ^{-۸}	۵/۴۱×۱۰ ^{-۸}	۸۰ درجه
۲۰ دقیقه فراصوت	۵/۷۳×۱۰ ^{-۸}	۵/۴۹×۱۰ ^{-۸}	۵/۶۱×۱۰ ^{-۸}	۵/۴۷×۱۰ ^{-۸}	۶/۱۲×۱۰ ^{-۸}	۶/۰۶×۱۰ ^{-۸}	۵/۹۶×۱۰ ^{-۸}	۵/۶۷×۱۰ ^{-۸}	۵/۴۳×۱۰ ^{-۸}
۳۰ دقیقه فراصوت	۵/۴۸×۱۰ ^{-۸}	۵/۱۹×۱۰ ^{-۸}	۵/۴۷×۱۰ ^{-۸}	۵/۲۸×۱۰ ^{-۸}	۵/۸۷×۱۰ ^{-۸}	۵/۹۸×۱۰ ^{-۸}	۵/۸۹×۱۰ ^{-۸}	۵/۹۶×۱۰ ^{-۸}	
۳۰ دقیقه اسمز	۴/۷۷×۱۰ ^{-۸}	۵/۰۸×۱۰ ^{-۸}	۶/۳۲×۱۰ ^{-۸}	۴/۶۱×۱۰ ^{-۸}	۶/۱۱×۱۰ ^{-۸}	۵/۹×۱۰ ^{-۸}	۶/۴۷×۱۰ ^{-۸}	۸/۸۹×۱۰ ^{-۸}	
۴۵ دقیقه اسمز	۴/۷۳×۱۰ ^{-۸}	۴/۹۳×۱۰ ^{-۸}	۶/۰۱×۱۰ ^{-۸}	۴/۴×۱۰ ^{-۸}	۶/۱۱×۱۰ ^{-۸}	۵/۸۸×۱۰ ^{-۸}	۶/۳۶×۱۰ ^{-۸}	۸/۵۵×۱۰ ^{-۸}	
۶۰ دقیقه اسمز	۴/۶۴×۱۰ ^{-۸}	۴/۹۳×۱۰ ^{-۸}	۵/۳×۱۰ ^{-۸}	۳/۶×۱۰ ^{-۸}	۶/۰۳×۱۰ ^{-۸}	۵/۷۹×۱۰ ^{-۸}	۶/۲۶×۱۰ ^{-۸}	۷/۲۳×۱۰ ^{-۸}	

جدول ۵- نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) برای ضریب نفوذ موثر

منبع	فراصوت		منبع		میانگین مربعات
	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی	اسمز	
زمان	۲	۳/۱۲۹۱**	زمان	۲	۷/۲۱۶ ^{ns}
نوع قند	۱	۱۰/۰۳۳۹**	نوع قند	۱	۲۹/۶۷۱**
غلظت محلول	۱	۰/۶۸۹ ^{ns}	غلظت محلول	۱	۷/۴۱۱*
دما	۱	۱۴/۷۲۱۲**	دما	۱	۱۴/۵۱۳**
خطا	۶۲	۱۴/۴۵۵۷	خطا	۶۲	۸۲/۹۷۵
کل	۶۷		کل	۶۷	

ns: معنی دار نبودن در سطح ۱٪ و ۵٪؛ *؛ معنی دار بودن در سطح ۵٪؛ **؛ معنی دار بودن در سطح ۱٪

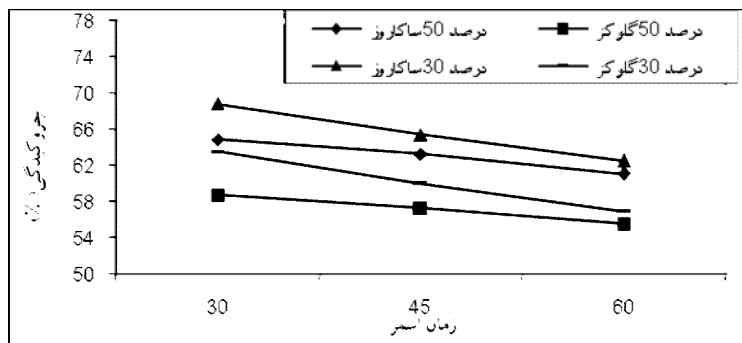
همکاران، ۱۳۸۲).

تأثیر امواج فراصوت بر میزان چروکیدگی

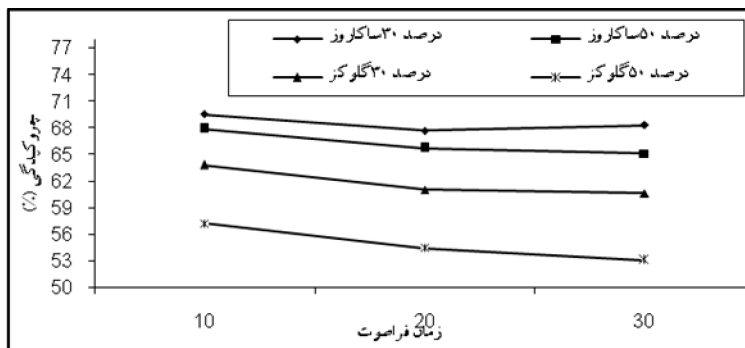
در شکل ۳ تأثیر امواج فراصوت بر میزان چروکیدگی در دما ۸۰ درجه سانتی گراد نشان داده شده است. با توجه به این که ساکارز بعلت داشتن وزن ملکولی بالا، درصد جذب مواد جامد کمتری را در مقایسه با گلوکز داشت، لذا در شرایط استفاده از پیش تیمار فراصوت نیز ملاحظه شد که میزان چروکیدگی نمونه های اسمزی با ساکارز نسبت به گلوکز بیشتر است.

با توجه به این که ساکارز بعلت داشتن وزن ملکولی بیشتر درصد جذب مواد کمتری را در مقایسه با گلوکز داشت، لذا میزان چروکیدگی نمونه های اسمزی با ساکارز نسبت به گلوکز بیشتر بود. از طرف دیگر با افزایش غلظت، درصد جذب مواد افزایش و در نتیجه چروکیدگی کاهش یافت.

استفاده از غلظت های بالاتر و زمان های طولانی تر آب گیری، باعث ایجاد یک لایه سخت کریستاله در سطح موز می گردد. ایجاد این حالت طی خشک کردن باعث ایجاد پدیده سخت شدن سطح شده و لذا از چروکیدگی جلوگیری می شود. این نتایج با گزارش سایر محققین مطابقت دارد (Lopez et al., 2000؛ صوتی خیابانی و



شکل ۲- تأثیر نوع و غلظت محلول اسمزی بر میزان چروکیدگی در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد



شکل ۳- تأثیر امواج فراصوت بر میزان چروکیدگی در دما ۸۰ درجه سانتی گراد

همچنین شاخص تغییرات کل (ΔE) ناشی از انجام واکنش های شیمیایی رنگ را مثل واکنش میلارد بین قند ها و پروتئین ها و تشکیل ملانوییدین ها است (Krokida et al., 2000). عدم تأثیر گذاری امواج فراصوت در تغییرات رنگ موز ناشی از عدم تأثیر گذاری امواج فراصوت بر واکنش های شیمیایی می باشد و بیشتر به صورت فیزیکی و تخریب دیواره های سلولی در بافت داخلی موز است. همچنین زمان اعمال پیش تیمار اسمزی بر شاخص های تغییر رنگ تأثیر معنی دار نداشت.

نوع قند (گلوکز یا ساکارز) بر تغییرات دو مولفه a^* و b^* در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار بود که ناشی از نقش فعال قندها در واکنش های شیمیایی رنگ را در طی خشک کردن هوای داغ است. میانگین تغییر شاخص های رنگ برای قند گلوکز بیشتر از ساکارز است (جدول ۷). با توجه به ساختار شیمیایی گلوکز و خاصیت احیا کنندگی، این قند به طور فعال تری در تشکیل رنگ و تغییر شاخص های رنگ بالاخص مولفه a^* که وابسته به رنگ قرمز است، شرکت می کند لذا این رفتار توجیه پذیر است.

همچنین با افزایش غلظت، درصد جذب مواد جامد افزایش و در نتیجه چروکیدگی کاهش یافت. با افزایش زمان موج دهی بعلت ایجاد میکروکانال ها (Fernandes et al., Patricia et al., 2010). مسکوکی و همکاران، ۲۰۰۸ و (۱۳۸۶) و افزایش جذب مواد جامد، میزان چروکیدگی کاهش یافت. از طرف دیگر ایجاد میکروکانال ها سبب تسریع انتقال جرم طی خشک کردن توسط هوای داغ شده و در نتیجه نمونه ها در زمان کوتاه تری در معرض دمای بالا قرار می گرفتند و لذا دارای چروکیدگی کمتری بودند.

تأثیر پیش تیمار اسمز-فراصوت بر تغییرات شاخص های رنگ

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶)، مدت زمان اعمال امواج فراصوت در پیش تیمار اسمز- فراصوت بر تغییرات هیچ یک از مولفه های رنگی در حین فرایند، تأثیر معنی داری نداشته است. همچنین تأثیر آن بر شاخص کلی تغییر رنگ معنی دار نبوده است. ایجاد رنگ های جدید و در نتیجه، تغییر مقادیر مولفه های رنگی و

جدول ۶- تجزیه واریانس تأثیر متغیرهای فرآیند بر شاخص های تغییر رنگ در فضای رنگ $L^*a^*b^*$

میانگین مربعات				درجه آزادی	منبع تغییرات
ΔE	$b^*_2 - b^*_1$	$a^*_2 - a^*_1$	$L^*_2 - L^*_1$		
۵/۱ ^{NS}	۱/۴۲ ^{NS}	۱/۱۹ ^{NS}	۲۵/۱۳ ^{NS}	۲	زمان فراصوت (دقیقه)
۵۴/۸ ^{NS}	۱۲/۱۵ ^{NS}	۲/۷۵ ^{NS}	۱۳۶/۰۷ ^{NS}	۲	زمان اسمز (دقیقه)
۴۷/۶ ^{NS}	۶۱۷ ^{**}	۲۱۹/۸ ^{**}	۱۳۵/۷ ^{NS}	۱	نوع قند
۲۰۰/۸۸ ^{**}	۴۷۲۰/۷ ^{**}	۱۷/۹ ^{NS}	۶۴۶۴/۱ ^{**}	۱	غلظت محلول اسمزی (درصد)
۳۰۸۷/۵۲ ^{**}	۸۱۱۶/۳ ^{**}	۴۵۱۲/۵ ^{**}	۱۰۳/۱ ^{NS}	۱	دمای خشک کن هوای داغ (درجه سانتیگراد)
۱۱۲/۳۷ ^{**}	۲۶۷/۵ ^{**}	۵۰۹/۶ ^{**}	۶۹۶/۵ ^{**}	۲	زمان خشک کن هوای داغ (ساعت)

NS غیر معنی دار، * معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ** معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

جدول ۷- میانگین شاخص های تغییر رنگ برای متغیرهای فرآیند

میانگین				سطح	متغیر فرآیند
ΔE	$b^*_2 - b^*_1$	$a^*_2 - a^*_1$	$L^*_2 - L^*_1$		
۲۶/۲۴	۱۸/۱۹	۸/۷۹	۲۷/۲۷	گلوکز	نوع قند
۲۵/۶۷	۲۰/۲۶	۷/۵۵	۲۶/۳۰	ساکارز	
۳۵/۳۶	۲۲/۱۲	۸/۳۵	۲۳/۴۳	۳۰ درصد	غلظت محلول اسمزی
۳۶/۵۴	۱۶/۳۳	۷/۹۹	۳۰/۱۳	۵۰ درصد	
۳۳/۶۴	۱۵/۴۷	۵/۳۷	۲۷/۲۱	۶۰ درجه سانتیگراد	دمای خشک کن هوای داغ
۳۸/۲۷	۲۲/۹۸	۱۰/۹۷	۲۶/۳۶	۸۰ درجه سانتیگراد	
۳۵/۰۸	۲۰/۵۷	۶/۳۸	۲۴/۶۰	۴ ساعت	زمان خشک کن هوای داغ
۳۶/۳۰	۱۸/۷۳	۸/۵۹	۲۷/۶۶	۵ ساعت	
۳۶/۴۹	۱۸/۳۷	۹/۵۵	۲۸/۰۹	۶ ساعت	

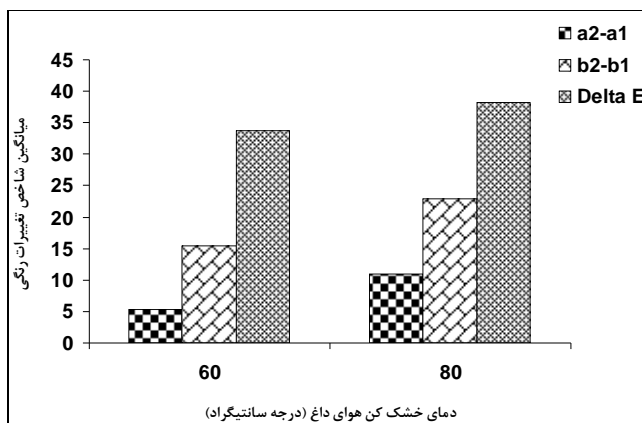
انجام تغییرات شیمیایی منجر به تغییر رنگ است به طوری که با افزایش زمان خشک کردن، واکنش‌های تغییر رنگ شدت یافته و باعث افزایش اختلاف در مقادیر مولفه‌های رنگ شده است.

تأثیر پیش تیمار اسمز-فراصوت بر میزان آب‌گیری مجدد توسط نمونه‌ها

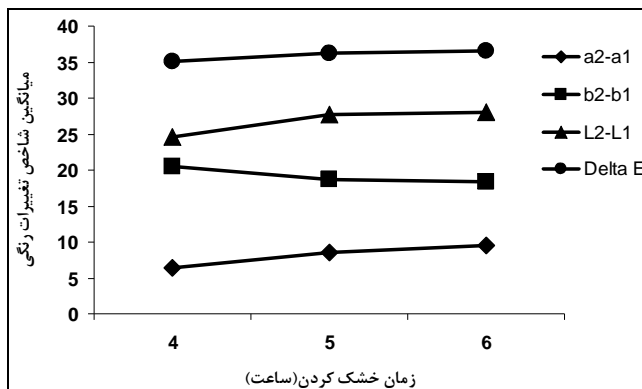
با توجه به نتایج تجزیه واریانس فاکتور آب‌گیری مجدد (جدول ۸)، مدت زمان اعمال امواج فراصوت در پیش تیمار اسمز-فراصوت و مدت زمان در پیش تیمار اسمز و همچنین نوع محلول اسمزی در هر دو پیش تیمار بر میزان آب‌گیری مجدد توسط نمونه‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت. غلظت محلول اسمزی بر میزان آب‌گیری مجدد توسط نمونه‌ها مؤثر بود، به طوری که با افزایش غلظت محلول اسمزی توانایی آب‌گیری مجدد نمونه‌ها کاهش یافت.

همچنین غلظت محلول اسمزی غیر از تغییرات مولفه a^* بر سایر شاخص‌های تغییر رنگ موثر بود (جدول ۶) به طوری که با افزایش غلظت قند محلول شاخص‌های مولفه L^* ، b^* و شاخص تغییرات کلی رنگ افزایش پیدا کرد. دمای خشک کردن در مرحله هوای داغ بر اکثر شاخص‌های تغییر رنگ با اطمینان ۹۹ تأثیر معنی‌دار داشت. با توجه به شکل ۴، افزایش دمای خشک‌کن، افزایش میزان تغییرات رنگی را به همراه دارد.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶) نشان می‌دهد که در بین متغیرهای فرایند، متغیر زمان خشک کردن هوای داغ بیشترین تأثیر را بر تغییر رنگ موز دارد، به طوری که با اطمینان ۹۹ درصد بر تمام شاخص‌های تغییر رنگ مولفه‌های L^* ، a^* و b^* و شاخص کل تغییرات رنگ موثر بوده است. با افزایش زمان خشک کردن، شاخص تغییرات روشنایی (مولفه L^*) و شاخص تغییرات رنگ قرمز (مولفه a^*) افزایش پیدا می‌کند، با وجودی که شاخص تغییرات رنگ زرد (مولفه b^*) کاهش پیدا کرد ولی در مجموع شاخص کل تغییرات افزایش یافت (شکل ۵). این رفتار ناشی از اثر گذاری بالای زمان در



شکل ۴- تأثیر دمای خشک‌کن بر تغییرات شاخص‌های رنگ



شکل ۵- تأثیر زمان خشک کردن بر تغییرات شاخص های رنگ
جدول ۸- نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) برای توانایی آب گیری مجدد توسط نمونه ها

اسمز			فراصوت		
میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع	میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع
۰/۰۰۵۳۵ ^{ns}	۲	زمان	۰/۰۰۱۶ ^{ns}	۲	زمان
۰/۰۲۲ ^{ns}	۱	نوع محلول	۰/۰۰۳۳۹ ^{ns}	۱	نوع محلول
۰/۰۴۴۱*	۱	غلظت محلول	۰/۰۴۹*	۱	غلظت محلول
۲/۵۳۳**	۱	دما	۰/۸۴۱۲**	۱	دما
۰/۰۰۹۷۵	۲۸۲	خطا	۰/۰۰۸۲۳	۲۸۲	خطا
	۲۸۷	کل		۲۸۷	کل

در این پژوهش تأثیر غلظت و نوع محلول اسمزی بر برخی فاکتورهای کیفی موز طی خشک کردن مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش غلظت محلول اسمزی میزان آب گیری و جذب مواد جامد افزایش می یابد. از طرف دیگر مقایسه بین محلول های گلوکز و ساکارز نشان می دهد که محلول گلوکز بعلت دارا بودن اندازه و وزن مولکولی کم تر نسبت به ساکارز باعث افزایش بیشتری در میزان آب گیری و جذب مواد جامد می شود. افزایش میزان جذب مواد جامد سبب کاهش چروکیدگی نمونه ها گردید. استفاده از امواج فراصوت بعلت ایجاد میکروکانال ها سبب سهولت انتقال جرم و تسریع فرایند خشک کردن شد. بنابراین کاربرد این فناوری نوین غیر حرارتی می تواند برخی از موانع موجود در رابطه با خشک کردن مواد غذایی حساس به حرارت را مرتفع سازد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که دو عامل تأثیر گذار اصلی در تغییر رنگ موز، دمای خشک کن و به ویژه زمان خشک کردن در مرحله هوای داغ است. کنترل این دو عامل در حین فرایند، عوامل اصلی در تولید فرآورده با کیفیت مناسب است. همچنین استفاده از پردازش تصویر رقمی به همراه تصویر گیری برخط در خشک کردن موز می تواند به عنوان ابزار دقیق و غیر مخرب برای کنترل تغییرات رنگ بکار رود.

این امر احتمالاً به دلیل جذب مواد جامد در فرایند اسمز می باشد که همین امر بر روی نفوذپذیری سلول ها تأثیر می گذارد و در نتیجه میزان آب گیری مجدد توسط نمونه ها کاهش می یابد (Singh *et al.*, 2006). نتایج به دست آمده توسط Bakalis و Karathanos (۲۰۰۵)، Rastogi و همکاران (۲۰۰۴)، Lewicki (۱۹۹۸)، نشان می دهد که فرایند آب گیری اسمزی تأثیر منفی بر آب گیری مجدد دارد و دلیل آن را اشباع شدن سریع لایه زیرین سطح بافت ماده غذایی با ماده قندی و آب گیری کمتر لایه قندی در مقایسه با بافت طبیعی ماده غذایی می دانند.

همچنین متغیر زمان خشک کردن هوای داغ بیشترین تأثیر را بر میزان آب گیری مجدد موز داشت. به طوری که با اطمینان ۹۹ درصد بر میزان آب گیری مجدد موثر بوده و با افزایش دما خشک کن، میزان آب گیری مجدد توسط نمونه ها افزایش یافت. این امر به دلیل این پدیده می باشد که استفاده از دمای بالا در خشک کردن سبب افزایش سرعت خارج شدن رطوبت از نمونه ها و در نتیجه کاهش میزان چروکیدگی در نمونه ها می شود. این رفتار سبب افزایش میزان آب گیری مجدد توسط نمونه ها می شود (Jokicet *al.*, 2009).

نتیجه گیری

منابع

- رضوی، س، م، ع. و اکبری، ر، ۱۳۸۵، خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، صفحات ۴۷-۴۴.
- صوتی خیابانی، م، سحری، م، ع. و امام جمعه، ز، ۱۳۸۲، بررسی تأثیر شرایط فرایند اسمز بر میزان آب گیری در برگه هلو، مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۴، ۲۸۱-۲۳۷.
- محمدی، ع، رفیعی، ش، کیهانی، ع. و امام جمعه، ز، ۱۳۸۷، ضریب پخش موثر وانرژی فعال سازی کیوی در خشک کردن با هوای داغ، مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- مسکوکی، ع، م. و مرتضوی، س، ع، ۱۳۸۶، بررسی تأثیر توأم امواج فراصوت و قلیا در کاهش زمان خشک کردن انگور و تولید کشمش، مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۲، ۱۰-۱.

- Bakalis, S., & Karathanos, V.T., 2005, Study of rehydration of osmotically pretreated dried fruit samples. *Drying Technology*. 23, 533-49.
- Briones, V., & Aguilera, J., 2005, Image analysis of changes in surface color of chocolate. *Food research international*. 38(1), 87-94.
- Coupland, J. & Saggin N.R., 2003, Ultrasonic sensors for the food industry. *Advances in Food and Nutrition Research*, 45, 102-166.
- Crank, J., 1975, *The mathematics of diffusion*. 2nd ed. Oxford University Press, Oxford, 104-106.
- Fabiano A. N., Fernandes, Gall., M. I. & Rodrigues, S., 2009, Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. *Journal of Food Engineering*. 90, 186-190.
- Fathi, M., Mohebbi, M., & Razavi, S. M. A., 2011, Application of image analysis and artificial neural network to predict mass transfer kinetics and color changes of osmotically dehydrated kiwifruit. *Food and Bioprocess Technology*. 4, 1357-1366.
- Fernandes, F.A.N., Gallo, M.I. & Rodrigues, S., 2008, Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. *LWT-Food Science and Technology*. 41, 604-610.
- Fernandes, F.A.N., Rodrigues, S., Gaspareto, O.C. & Oliveira, P., 2006, Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air drying. *Journal of Food Engineering*. 77, 188-193.
- Hammami, C., Rene, F. & Marin, M., 1999, Process quality optimization of the vacuum freeze-drying of apple slices by the response surface method. *International Journal of Food Science and Technology*. 34:145-160.
- Isadora. M., Oliveira, Fabiano A. N., Fernandes, soeli, R., Sousa, H. M., Geraldo, A. & imundo. W. F., 2006, Modeling and optimization of osmotic dehydration of banana Followed by air drying. *Journal of Food Process Engineering*. 29, 400-413.
- Jokic, S., Mujic, I., Martinov, M., Velic, D., Bilic, M. & Lukinac, J., 2009, Influence of drying procedure on colour and rehydration characteristic of wild Asparagus. *Czech Journal of Food Sciences*. 27, 171-177.
- Krokida, M.K., Karathanos, V.T. & Maroulis, Z.B., 2000, Effect of osmotic dehydration on color and sorption characteristics of apple and banana. *Drying Technology*. 18, 937-950.
- Kuldiloke, J., 2002, Effects of ultrasound temperature and pressure treatment on enzyme activity and quality indicators of fruit and vegetable juices. M. Sc Thesis. Technischen University Berlin.
- Lewicki, P.P., 1998, Some remarks on rehydration of dried foods. *Journal of Food Engineering*. 36, 81-87.
- Lopez, A., Iguaz, A., Esnoz, A. & Virseda, P., 2000, Thin-layer drying behaviour of vegetable waste from wholesale market. *Drying Technology*. 18, 995-1006.
- Lozano, J. E., Rostein, E. & Urbician M.J., 1983, Shrinkage, porosity and bulk density of food stuffs and at changing moisture contents. *Journal of Food Science and Technology*. 48, 1497-1553.
- Panagiotou, N. M., Karathanos, V. T. & Maroulis, Z. B., 1999, Effect of osmotic agent on osmotic dehydration of fruits. *Drying Technology*. 17(1 and 2), 175-189.
- Patrícia, M. A., Maria, A. M. B., Mariana, R. A. & Sofia, S. B. O., 2010, Effect of ultrasound on banana cv *Pacovan* drying kinetics. *Journal of Food Engineering*. 97, 194-198.
- Rafiee, S., Keyhani, A. & jafari. A., 2008, Modeling effective moisture diffusivity of wheat (*Tajan*) during air drying. *International Journal of Food Properties*. v (11), 1-10.
- Rastogi, N.K., Nayak, C.A., & Raghavarao, K., 2004, Influence of osmotic pre-treatments on rehydration characteristics of carrots. *Journal of Food Engineering*. 65(2), 287-92.
- Singh, B., Panesar, S., Gupta, A.K. & Kennedy, F., 2006, Optimization of osmotic dehydration of carrot cubes in sucrose-salt solutions using response methodology. *European Food Research and Technology*. 225, 157-165.
- Tkalcic, M., & Tasic, J., 2006, Colour spaces: perceptual, historical and applicational background. *The IEEE Region 8 Eurocon . Computer as a Tool*, 1.
- Torregiani, D., & Bertolo, G., 2001, Osmotic pre-treatment in fruit processing: Chemical, physical and structural effect. *Journal of Food Engineering*. 49, 247-253.
- Vahideh, R. R., N, Narendra, J. & Gabriel, F., 2008, Effect of osmotic predehydration on drying characteristics of banana Fruits. *Journal of Food Technology*. 28(2), 269-273.