

تعیین چروکیدگی، ظرفیت باز جذب آب و تغییرات رنگ اسلایس‌های گوجه‌فرنگی در طول فرایند خشک کردن

محمدحسین محبتی^۱، پرویز احمدی مقدم^۲

^۱ فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی
^۲ استاد گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه ارومیه

چکیده

چروکیدگی، تغییرات رنگ و ظرفیت باز جذب آب از مهم‌ترین معیارهای شاخص کیفی محصول فراوری شده می‌باشد. در این تحقیق اسلایس‌های گوجه‌فرنگی با ضخامت ۶ میلی‌متر برش داده شد و در سه دمای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد مورد خشک کردن قرار گرفتند. در طول خشک کردن شاخص‌های چروکیدگی، رنگ و ظرفیت باز جذب آب اندازه‌گیری و تعیین گردید. به منظور ارزیابی تغییرات رنگ محصول خشک شده از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. نتایج نشان داد که چروکیدگی با کاهش رطوبت درون محصول افزایش می‌یابد و بیشترین مقدار چروکیدگی مربوط به دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. همچنین مشخص شد تغییرات دما بر ظرفیت باز جذب آب اثر معنی‌داری ندارد.

کلمات کلیدی: خشک کردن، چروکیدگی، تغییرات رنگ، باز جذب، شبیه‌سازی.

۱- مقدمه

گوجه‌فرنگی از مهم‌ترین سبزیجات تجاری تولید شده در جهان است (Ensminger 1994). میزان تولید جهانی گوجه‌فرنگی در سال ۲۰۱۲ به بیش از ۱۶۱ میلیون تن رسید (Fao 2012). بیشترین مصرف این محصول به صورت تازه خوری می‌باشد، همچنین در برخی فرآورده‌ها نظیر عصاره، پوره، سس و کنسروهای گوناگون نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Akanbi 2006). علاوه بر این گوجه‌فرنگی فراوری شده به عنوان یک جزء ترکیبی در پیتزا و سبزیجات متنوع و ادویه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Doymaz 2007). گوجه‌فرنگی تازه بسیار فاسد پذیر بوده و بیشترین اتلاف در طول دوره‌ی برداشت محصول می‌باشد. به دلیل عدم تعادل بین عرضه و تقاضا در شرایط فصلی، جلوگیری از اتلاف محصول بسیار حائز اهمیت می‌باشد. خشک کردن یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای افزایش طول مدت نگهداری گوجه‌فرنگی می‌باشد (Taiwo 2006). از بین موارد مذکور، محصولات خشک شده عمدتاً توسط سه معیار درصد چروکیدگی، رنگ و ظرفیت بازجذب آب ارزیابی می‌شوند (Fellows 1990). تغییر شکل و کاهش حجم زیاد محصول خشک شده یک معیار منفی در دیدگاه مصرف‌کننده ایجاد می‌کند (Mayor 2004)، سرعت و میزان جذب آب شاخص دیگری از کیفیت می‌باشد زیرا که مواد غذایی خشک شده اغلب قبل از مصرف در معرض جذب آب قرار می‌گیرند. (Lee 2006). دما و اکسیداسیون در طول خشک کردن باعث ایجاد تغییرات شیمیایی در رنگدانه‌های کلروفیل و کارتنوئیدها می‌شود. زمان‌های طولانی‌تر و درجه حرارت‌های بالاتر در خشک کردن، اتلاف بیشتر رنگدانه‌ها را به همراه دارد (Fellows 1990). چروکیدگی در طول خشک کردن زمانی اتفاق می‌افتد که مؤلفه‌های ماتریس ویسکوالاستیک در یک فضای از قبل اشغال شده، توسط آب از سلول‌ها خارج می‌شوند (Aguilera 2003). در سال‌های اخیر مطالعات بیشتری برای تعریف چروکیدگی میوه‌ها و سبزیجات با استفاده از مدل‌سازی وجود داشته است. لوزانو (۱۹۸۳) یک همبستگی عمومی برای پیش‌بینی چروکیدگی میوه‌ها و سبزیجات با تغییرات درصد رطوبت بدست آورد. نتیجه‌ای که حاصل شد این بود که با کاهش رطوبت محصول، چروکیدگی افزایش می‌یابد. همچنین هراندز (۲۰۰۰) به این نتیجه رسید که چروکیدگی با درصد رطوبت تقریباً به طور خطی نسبت دارد.

رنگ یک معیار مهم کیفیت بوده که نتیجه برهم کنش بین نور، محصول و ناظر می‌باشد.

امروزه تمایل به استفاده از نوآوری‌ها، اندازه‌گیری غیرمستقیم و غیرمخرب برای نشان دادن کیفیت مواد غذایی افزایش یافته است. تکنیک پردازش تصویر یکی از روش‌هایی است که برای ارزیابی کیفیت مواد غذایی استفاده می‌شود. فرناندز و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از پردازش تصویر اسلایس‌های خشک شده سیب را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مساحت، محیط و گردی در طول خشک کردن کاهش می‌یابند؛ همچنین مقادیر L^* باگذشت زمان به صورت جزئی کاهش یافته در مقابل مقادیر a^* و b^* افزایش می‌یابند. در شرایط مختلف تعداد بسیار محدودی از مطالعات در زمینه استفاده از روش‌های بصری مانند پردازش تصویر برای ارزیابی تغییرات رنگ در طول خشک کردن، موفق بوده‌اند.

هدف این تحقیق استفاده از روش‌های جدید و ساده و سریع برای تعیین برخی از پارامترهای کیفی محصول خشک شده مانند چروکیدگی حجمی و همچنین تغییرات رنگ و ظرفیت باز جذب آب می‌باشد. به این منظور روش‌های مدل‌سازی و پردازش تصویر در تعیین چروکیدگی و تغییرات رنگ مورد استفاده قرار گرفتند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها

گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای از یک سوپرمارکت در استان آذربایجان غربی تهیه شد. بعد از شستن و جداسازی گوجه‌فرنگی‌های معیوب، مابقی محصول برای حفظ طراوت و تازگی در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. گوجه‌فرنگی‌ها سه ساعت قبل از شروع آزمایش‌ها از یخچال بیرون آورده شده تا با دمای محیط به تعادل برسند. سپس با استفاده از یک اسلایسر گوجه‌فرنگی‌های یک شکل به اسلایس‌هایی با ضخامت ۶ میلی‌متر و قطر تقریبی ۵ تا ۶ سانتی‌متر بریده شدند.

برای اندازه‌گیری رطوبت اولیه نمونه‌ها از آن خلأ استفاده شد. (AOAC, 1984)، که به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ سانتی‌گراد کاملاً خشک شدند و رطوبت اولیه ۹۵٪ تعیین شد. آزمایش‌های خشک کردن برای هر تکرار تا رطوبت ۱۵٪ بر پایه تر انجام شد.

۲-۲- فرآیند خشک کردن

برای خشک کردن از خشک‌کن جریان هوای گرم موجود در گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه استفاده شد نیم ساعت قبل از شروع آزمایش‌ها خشک‌کن برای گرم شدن و رسیدن به دمای موردنظر در تحقیق روشن شد. آزمایش‌ها بصورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل خشک کردن بوسیله جریان هوای گرم در سه سطح دمایی ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتیگراد با سرعت هوای ۱ متر بر ثانیه با سه تکرار می‌باشد.

۲-۳- اندازه‌گیری چروکیدگی

حجم اولیه نمونه‌ها قبل از خشک کردن با فرض دایره بودن مقطع وبا استفاده از کولیس اندازه‌گیری شدند. سپس با استفاده از معادله (۱) محاسبه شدند. در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه حجم هر نمونه با استفاده از روش پیکنومتر (معادله ۲) تعیین شد.

$$v = \pi r^2 t \quad (1)$$

$$S = \left(1 - \frac{v_t}{v_0}\right) \times 100 \quad (2)$$

v = حجم اسلایس

r = شعاع مقطع

t = ضخامت اسلایس

S = درصد چروکیدگی

V_T = حجم نمونه در هر لحظه،

V_0 = حجم اولیه نمونه

=

۲-۴- ارزیابی تغییرات رنگ

نمونه‌ها قبل از خشک شدن با استفاده از یک دوربین دیجیتال (sony cyber shot) عکس برداری شد. در طول فرآیند خشک شدن نیز در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه از نمونه‌ها عکس برداری صورت گرفت و این کار تا پایان فرآیند خشک شدن کامل ادامه یافت. عکس برداری در یک محفظه عکس برداری انجام می‌گرفت که مجهز به لامپ‌های LED بود. برای عکس‌برداری از یک پس زمینه سفید استفاده شد. برای ارزیابی تغییرات رنگ از نرم افزار Matlab ورژن ۲۰۱۳ استفاده شد.

۲-۵- بازجذبی آب

در هر تکرار سه نمونه خشک (با رطوبت ۱۵ درصد) به تصادف انتخاب شدند و پس از توزین به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شدند. بعد از بیرون آوردن نمونه‌ها از آب مقطر رطوبت سطحی نمونه‌ها گرفته شد و دوباره مورد توزین قرار گرفتند و با استفاده از معادله ظرفیت بازجذب نمونه‌ها محاسبه شد. (Kalbasi et al, 2001).

$$RR = \frac{w_r}{w_d} \quad (7)$$

RR: ظرفیت بازجذب آب

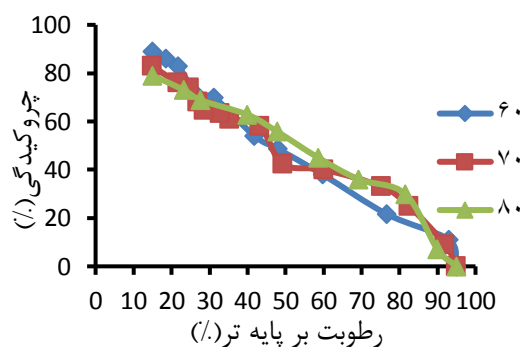
w_r : وزن نمونه‌ها پس از جذب آب

w_d : وزن نمونه‌ها قبل از جذب آب

۳- نتایج و بحث

۳-۱- چروکیدگی

شکل ۱ تغییرات چروکیدگی اسلایس‌های گوجه‌فرنگی را به عنوان تابعی از رطوبت در سه دمای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی-گراد نشان می‌دهد. در شکل به وضوح قابل مشاهده است که با کاهش رطوبت، چروکیدگی افزایش می‌یابد. دلیل این امر را چنین می‌توان توصیف کرد که با خارج شدن آب از محصول، حجم آن کاهش یافته و منجر به افزایش چروکیدگی می‌شود. همچنین روند تغییرات چروکیدگی در هر سه دما تقریباً می‌توان یکسان فرض کرد؛ به عبارتی دیگر تغییرات دما اثر معنی‌داری روی چروکیدگی ندارد. یداللهی‌نیا و همکاران (۲۰۰۹) در فرایند خشک کردن سیب زمینی به نتایج مشابهی دست یافتند.



شکل ۱. نمودار چروکیدگی بر حسب رطوبت

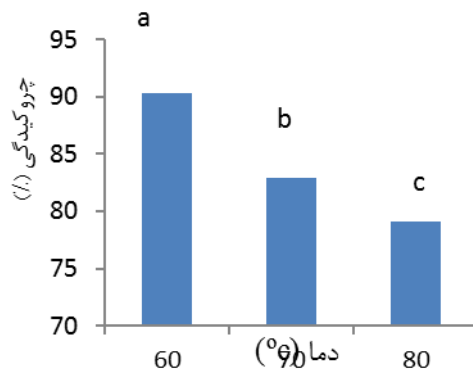
با توجه به معنی دار بودن اثر دما بر مقدار چروکیدگی که در جدول ۱ آورده شده است، مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف صورت گرفته که در شکل ۲ نشان داده شده است. در این شکل مقدار چروکیدگی در سه دمای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد در پایان فرایند خشک شدن نشان داده شده است. با افزایش دما از ۶۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد، چروکیدگی کاهش می‌یابد. افزایش سرعت خشک شدن به هنگام افزایش دما، یکی از علل کاهش چروکیدگی محصول می‌باشد. زمانی که سطح میوه بسیار سریع‌تر از مرکز آن خشک می‌شود تنش‌های درونی افزایش یافته و داخل میوه ترک می‌خورد و محصول متخلخل می‌شود. در

این شرایط ترکیبات غیرفرار با انتشار آب، به سطح میوه رسیده، در آنجا رسوب کرده و یک پوسته در سطح محصول تشکیل می‌دهند. این پوسته به حفظ ابعاد محصول کمک می‌کند. این پدیده اغلب در سرعت‌های بالای خشک کردن رخ می‌دهد و منجر به کاهش چروکیدگی در محصول می‌شود. نتایج مشابهی توسط ونگ و برنان (۱۹۹۵) در خشک کردن سیب‌زمینی و ایوبی (۱۳۹۲) در خشک کردن کشمش گزارش شده است.

جدول ۱ اثر تغییرات دما را بر روی چروکیدگی حجمی در اسلایس‌های گوجه‌فرنگی نشان می‌دهد. با توجه به این جدول اثر تغییرات دما روی چروکیدگی معنی‌دار شده است.

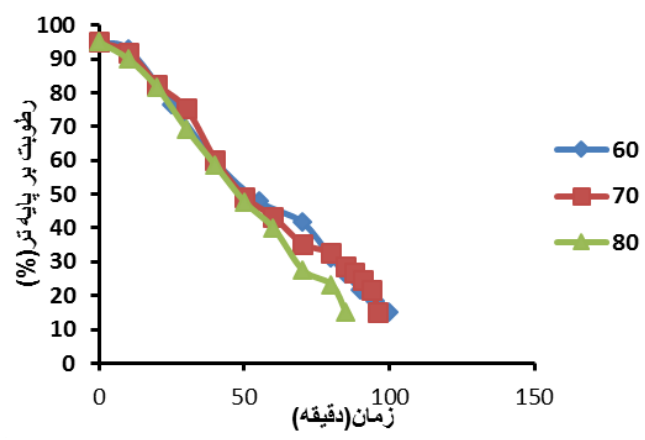
جدول ۱ اثر تغییرات دما بر چروکیدگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	معنی‌داری بودن
دما	۲	۹۷,۲۰۱	*۰,۰۰
خطا	۶	۲,۰۲۴	
کل	۸		



شکل ۲. تغییرات دما با چروکیدگی

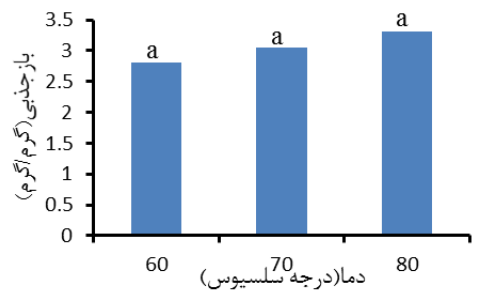
شکل ۳ افت رطوبت در اسلایس‌های گوجه‌فرنگی را در سه دما نشان می‌دهد. در ابتدای فرایند کاهش رطوبت به کندی صورت می‌گیرد. دلیل این امر را چنین می‌توان توصیف کرد که در ابتدا سطح محصول با انتقال رطوبت به صورت همرفتی گرم شده و این گرما به تدریج به درون محصول نفوذ می‌کند. رفته رفته با کاهش محتوای رطوبتی این شیب کندتر می‌شود. بخش بزرگی از فرایند خشک کردن در این مرحله صورت می‌گیرد. همچنین با افزایش دما مطابق شکل ۳ زمان انجام فرآیند خشک کردن نیز کاهش می‌یابد، دلیل این امر خروج سریع رطوبت با افزایش دما می‌باشد. حاضر وظیفه (۱۳۹۱) در خشک کردن سیب و دویماز (۲۰۰۷) در خشک کردن گوجه‌فرنگی به نتایج مشابهی دست یافتند.



شکل ۳. نمودار رطوبت بر حسب زمان

۲-۳- ظرفیت باز جذب آب

شکل ۴ تغییرات ظرفیت باز جذب آب را برای اسلایس‌های گوجه‌فرنگی در رطوبت ۱۵٪ برای سه دمای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. با افزایش دمای خشک کردن، ظرفیت باز جذب آب افزایش جزئی می‌یابد که معنی‌دار نیست؛ دلیل این امر را می‌توان چنین توضیح داد که با افزایش دما چروکیدگی طبق آنچه در مطالب قبلی ذکر شد کاهش می‌یابد، چروکیدگی کمتر، تخلخل را افزایش داده و به دنبال آن ظرفیت باز جذب افزایش می‌یابد. نتایج مشابهی توسط ماسکان (۲۰۰۱) در خشک کردن کیوی و کروکید (۲۰۰۳) در خشک کردن موز، سیب‌زمینی بدست آمده است.



شکل ۴. تغییرات باز جذب آب

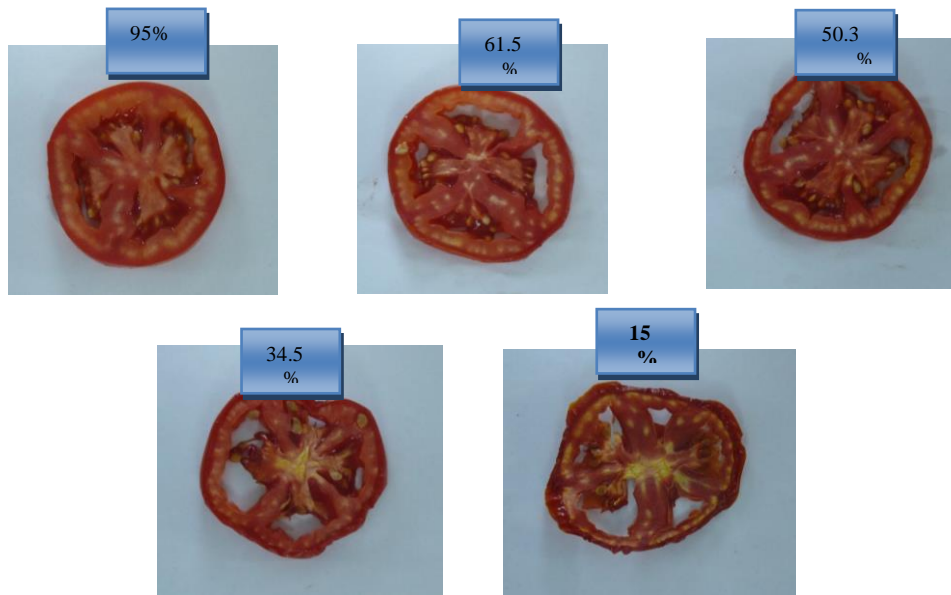
۳-۳- تغییرات رنگ

جدول ۳ اثر تغییرات دما را روی مقادیر (L^* , a^* , b^*) نشان می‌دهد. با توجه به جدول، تغییرات دما روی مقادیر L^* و b^* معنی‌دار نبوده و لیکن تغییرات دما روی مقدار a^* معنی‌دار است. دلیل این امر را چنین می‌توان توضیح داد که با بالاتر رفتن دما گستره تغییرات a^* تغییر می‌کند.

جدول ۳ اثر تغییرات دما بر مقادیر رنگ

منابع تغییرات	میانگین مربعات	درجه آزادی	مقادیر	منابع تغییرات
ns, ۰,۳۸۳	۱,۲۲۵	۲	L	
** ۰,۰۰۵	۹,۴۳۸	۲	a	دما
ns, ۰,۳۱۱	۴,۴۳۸	۲	b	
	۱,۰۸۲	۶	L	
	۰,۶۶۸	۶	a	خطا
	۳,۳۲۱	۶	b	
		۸	L	
		۸	a	کل
		۸	b	

شکل ۶ تصویری از تغییرات رطوبت، چروکیدگی حجمی ظاهری و رنگ را در اسلایس‌های گوجه‌فرنگی در زمان‌های متفاوت نشان می‌دهد. رومانو و همکاران (۲۰۱۲) در خشک کردن فلفل دلمه‌ای و یدالهی‌نیا (۲۰۰۹) در خشک کردن سیب‌زمینی نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند.



شکل ۶ روند تغییرات رطوبت در اسلایس‌های گوجه‌فرنگی در زمان‌های مختلف

۴- نتیجه‌گیری

- ۱- فرآیند خشک کردن در این روش شامل گرم شدن محصول ، مرحله خشک شدن با آهنگ ثابت و مرحله نزولی
- ۲- افزایش دمای هوا به طور محسوسی زمان انجام فرآیند را کاهش می‌دهد، به طوری‌که زمان رسیدن به رطوبت ۱۵٪ در ۶۰ درجه سلسیوس برابر ۱۰۰ دقیقه و در ۸۰ درجه سلسیوس ۸۵ دقیقه می‌باشد.
- ۳- با گذشت زمان چون از رطوبت محصول کاسته می‌شود، بنابراین حجم کاهش می‌یابد، در نتیجه مقدار چروکیدگی افزایش می‌یابد.
- ۴- اثر تغییرات دما روی مقدار چروکیدگی معنی‌دار است، به طوری‌که مقدار چروکیدگی در اسلایس‌های خشک شده در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد بیش‌تر از دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و این به دلیل پدیده سخت شدگی در دماهای بالا می‌باشد.
- ۵- با خشک شدن اسلایس‌های گوجه مقادیر L^*, a^*, b^* کاهش می‌یابند.
- ۶- تغییرات دما اثر معنی‌داری روی L^*, b^* ندارد، درحالی‌که تغییرات دما روی مقدار a^* اثر معنی‌داری دارد.
- ۷- اثر تغییرات دما روی قابلیت جذب آب معنی‌دار نمی‌باشد.
- ۸- انجام آزمایش خشک کردن در روش مایکروویو و همچنین روش ترکیبی مایکروویو-جریان هوای گرم برای سایر محصولات کشاورزی پیشنهاد می‌شود.

۵- مراجع

- [1] Ensminger, H. A., Ensminger, E. M., Kolande, E. J., & Robson, K. R. (1994). Food and nutrition encyclopedia, Vol. 2 (pp. 2111–2114) (2nd Ed.). Florida, USA: CRC Press.
- [2] <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- [3] Akanbi, C.T., Adeyemi, R.S. & Ojo, A. 2006. Drying characteristics and sorption isotherm of tomato slices. Journal of Food Engineering, 73: 141-146.
- [4] Doymaz, I. 2007. Air-drying characteristics of tomatoes. Journal of Food Engineering, 78:1291-1297
- [5] Taiwo, A.C., Sikiru, A.R. & Ojo, A. 2006. Drying characteristics and sorption isotherm of tomato slices. Journal of Food Engineering, 73: 157-163.
- [6] Mayor, L. and A. M. Sereno. 2004. Modeling shrinkage during convective drying of food materials: a review. J. Food Eng. 61: 373–386.
- [7] Fellows, P. 1990. Food Processing Technology. Principles and Practice, Ellis Horwood, New York.
- [8] Lee, K. T., M. Farid and S. K. Nguang. 2006. The mathematical modeling of the rehydration characteristics of fruit. J. Food Eng. 72(1): 16-23.



[9] Aguilera, J.M., 2003. Drying and dried products under the microscope. Food Science and Technology International 9 (3), 137–143.

[10] Lozano, J.E., Rotstein, E., Urbician, M.J., 1983. Shrinkage, porosity and bulk density of food stuffs at changing moisture contents. Journal of Food Science 48, 1497–1502.



Title:

Determination of shrinkage and color changes of tomato slices during drying

Mohammadhosein Mohabbati¹, Parviz Ahmadi Moghadam²

Email: mohabati69@yahoo.com

Email: parvizhmd@yahoo.com

Abstract

shrinkage, color changes, and water reabsorption capacity are the most important criteria for quality of processed tomato slices. In this study, tomato slices were cut with 6 mm thickness and dried at three temperatures of 60, 70 and 80 ° C. During drying, Indicators shrinkage, color and water reabsorption capacity were measured and determined. Image processing technique was used to evaluate the color changes of the dried product. The results showed that shrinkage increased with decreasing moisture content in the product and the highest amount of shrinkage was obtained at 60 ° C. It was also found that temperature changes had no significant effect on water reabsorption capacity

Keywords: shrinkage, color changes, and water reabsorption capacity, drying