



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



بررسی روند تغییرات رنگ و زمان خشک شدن ورقه‌های نازک چغندر قرمز در خشک کن جریان هوای گرم و انجماد

مجتبی فتح آبادی^۱ سید رضاطبابایی کلور^۲ علی متولی^۳

^۱ دانشجوی کارشناس ارشد مکانیک بیوسیستم-دانشگاه علوم کشاورزی ساری؛ mojtaba fath 1368@gmail.com

^۲ دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم-دانشگاه علوم کشاورزی ساری؛ r.tabataba@yahoo.com

^۳ استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم-دانشگاه علوم کشاورزی ساری؛ ali motevali62@gmail.com

چکیده

خشک کردن محصولات کشاورزی یکی از مهم‌ترین فرآیندهای پس از برداشت به منظور افزایش مدت نگهداری محصولات می‌باشد. در این پژوهش به بررسی و مقایسه فاکتور کیفی مهم تغییرات رنگ (تغییرات رنگ شاخص‌های L^* , a^* , b^*) در دو خشک کن جریان هوای گرم و انجمادی در طول فرآیند خشک شدن پرداخته شد. آزمایش‌ها در خشک کن جریان هوای گرم در سه سطح دمایی (۵۰، ۷۰ و ۹۰ °C) سرعت جریان هوای ثابت ۰/۴ متر بر ثانیه و در خشک کن انجمادی با دمای ۵۰°C- انجام گردید. نتایج نشان داد که گذشت با زمان پارامتر L^* در هر دو خشک کن جریان هوای گرم و انجمادی روند صعودی و با دو پارامتر دیگر a^* , b^* نیز در این دو خشک کن روند نزولی داشتند. مقایسه تغییرات کلی رنگ $E\Delta$ در دو خشک کن مورد نظر نشان داد که تغییرات رنگ در خشک کن انجمادی تقریباً نصف میزان تغییرات رنگ در خشک کن جریان هوای گرم بود. همچنین نتایج مربوط به زمان خشک شدن نشان داد که فرآیند خشک کردن ورقه‌های چغندر در خشک کن انجمادی تقریباً سه برابر زمان خشک کردن در خشک کن جریان هوای گرم (در بالاترین زمان خشک شدن) بود.

کلمات کلیدی: شاخص‌های رنگی، خشک کن انجمادی، چغندر، زمان خشک شدن

Investigation of the process of color changes and drying time of thin sheet of sugar beet in hot and freezing air dryers

Abstract

Drying of agricultural products is one of the most important post-harvest processes in order to increase the shelf life of products. In this research, the qualitative factor of the changes is reviewed and compared (Color changes indicators L^* , a^* , b^*) In dry and dry air the hot and cold air flow during drying process was studied. The experiments were carried out in dry air in the hot air at three temperature levels (50, 70 and 90 °C). The flow rate was fixed at 0.4 m / s and in the freezing dryer at 50 °C. The results showed that the passage with time parameter L^* in both drying air flow and warming up trend with two other parameters a^* , b^* They also had a downward trend in both dryers. Comparison of the general changes in the color of $E\Delta$ in the two drying compounds showed that the color changes in the dry matter were almost half that of the color variation in the dry air and the hot air flow. Also, the results of drying time showed that the drying process of beet leaves in dry matter was almost three times the drying time in the dry air stream (at the highest drying time)

Keywords: Color indexes, Freeze dried, Beet, Drying time



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



مقدمه

چغندر قرمز (*Beta vulgaris* L.var. *conditiva*) یک گیاه قدیمی و محبوب در بسیاری از نقاط جهان می‌باشد. چغندر قرمز سرشار از موادمعدنی، آنتی‌اکسیدان‌ها، قندها، فیبرهای غذایی، ویتامین‌ها، اسیدهای چرب و رنگدانه‌های طبیعی می‌باشد، که دارای فعالیت‌های بیولوژیکی از جمله آنتی‌اکسی دان، ضدسرطان، خواص ضد التهابی و آنتی‌دیابت می‌باشد. همچنین چغندر قرمز در سوپ، مخلوط ادویه‌کاری هندی، شیرینی، و آمپوه مورد استفاده قرار می‌گیرد. بتالائین‌ها رنگ دانه‌های محلول در آب و حاوی نیتروژن هستند و در کنار داشتن منافع سلامت بخشی به عنوان یک رنگ خوراکی و افزودنی مواد غذایی استفاده می‌شوند (Raupp et al., 2011). از خصوصیات طبیعی سرشار چغندر می‌توان به رنگ قرمز که برای تولید رنگ قرمز خوراکی استفاده می‌گردد، می‌توان به چغندر قرمز (*Beta vulgaris*) اشاره کرد. به طور کلی ریشه چغندر قرمز محبوب ترین رنگ غذایی مبتنی بر بتالائین است. میزان بتالائین چغندر قرمز در حدود ۱۰۰۰ میلی گرم در ۱۰۰ گرم ماده جامد و یا ۱۲۰ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه برآورد شده است. پایداری حرارتی به بتالائین شرایط فیزیکوشیمیایی متعددی بستگی دارد که شرایط حرارت دادن از مهم‌ترین عوامل است (مشرف بروجنی ۱۳۷۶).

در کنار خصوصیات مهم چغندر قرمز، این محصول به دلیل داشتن رطوبت بالا داری شدت فسادپذیری زیادی نیز می‌باشد. عملیات خشک کردن روشی است که بطور گسترده‌ای برای محافظت و نگهداری مواد غذایی بویژه میوه‌ها استفاده می‌شود. خشک کردن مواد غذایی علاوه بر اینکه سبب اصلاحات آنزیمی می‌گردد مزایای دیگری نیز دارد، که از جمله آن عدم نیاز به سیستم‌های خنک‌کننده گران برای نگهداری مواد، سهولت در حمل و نقل و ذخیره مواد بخاطر کاهش ابعاد آن‌ها، زمان نگهداری طولانی مواد غذایی و داشتن محصولات متنوع با ترکیب و مزه متفاوت است (Mujumdar and pass.2000). خشک کردن میوه و سبزیجات با هوای گرم یکی از مقرون به صرفه‌ترین تکنیک در صنعت غذایی است، اگرچه برخی از روش‌های خشک کردن نیاز به زمان خشک کردن طولانی دارد (Ahmed et al., 2011). یکی از تکنیک‌های مرسوم در فرآیند خشک کردن محصولات کشاورزی، بکارگیری جریان هوای گرم برای خروج رطوبت از محصولات کشاورزی می‌باشد. خشک کردن با هوای گرم معمولاً در دو مرحله انجام می‌گیرد، در مرحله اول آب آزاد به سطح حرکت می‌کند و به راحتی با تبخیر از سطح حذف می‌شود. مرحله دوم فاز مایع موجود در مواد چسبیده باعث کاهش سرعت خشک شدن می‌شود (Ratti et al., 2001). روش دیگر خشک کردن، استفاده از تکنیک خشک کردن انجماد می‌باشد که این روش توانایی نگهداری کیفیت محصول (رنگ، شکل، بو و ارزش تغذیه) را به صورت بسیار خوب دارا می‌باشد. در این روش محصول در دمای ۲- تا ۱۰- پیش انجماد خواهد شد و سپس با کاهش فشار آب منجمد درون محصول مورد نظر به طور مستقیم خارج می‌گردد (Litvin et al., 1998).

استفاده از روش‌های مختلف خشک کردن سبب تغییرات کیفی در محصول خشک شده می‌گردد که به شدت بر بازارپسندی و ارزش غذایی آن تاثیرگذار می‌باشد. یکی از مهمترین خصوصیات کیفی مورد بررسی در خشک کردن محصولات کشاورزی تغییرات رنگ می‌باشد. فراسنج‌های هانتر رنگ شامل L^* ، a^* ، b^* به طور وسیعی برای تشریح تغییرات رنگ طی فرآوری حرارتی میوه‌ها و سبزی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در پژوهش‌های مختلف طی خشک کردن موز، کیوی و انگور و همچنین تولید کنسانتره انگور گزارش شده است که مقادیر پارامترهای رنگ هانتر حین حرارت دادن تغییر می‌کنند (Maskan et al., 2002).



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



در پژوهشی به بررسی خصوصیات کیفی و میکروبی ماهی خشک‌شده با روشهای مختلف خشک‌کردن (خشک کردن معمولی با آفتاب، جریان هوای گرم، انجمادی، خشک‌کن خورشیدی هدایتی) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نمونه‌های خشک‌شده با استفاده از روش انجمادی و خشک‌کن خورشیدی هدایتی دارای کمترین تغییرات رنگ و کمترین خصوصیات میکروبی بودند (Nagwekar et al., 2016).

در پژوهش دیگری به بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تمشک خشک‌شده با استفاده از پیش‌تیمار اسمزی و خشک‌کردن تکمیلی با استفاده از روش انجمادی و جریان هوای گرم پرداخته شد. نتایج نشان داد که نمونه‌های پیش‌تیمار شده نسبت به نمونه شاهد دارای بافت نرمتری بود. همچنین نمونه‌های پیش‌تیمار شده و خشک‌شده در خشک‌کن انجمادی دارای بافت نرمتری نسبت به نمونه‌های پیش‌تیمار شده و خشک‌شده در خشک‌کن جریان هوای گرم بود (Sette et al., 2016).

بررسی و مقایسه سه روش خشک‌کردن (جریان هوای گرم، انجمادی و خلا) روی رفتار رئولوژی و بافت صمغ دانه ریحان نشان داد که بیش‌ترین مقدار سفیدی و قوام بافت صمغ به ترتیب به میزان ۷۵/۵ و ۸۰۳/۷ گرم در ثانیه مربوط به نمونه‌های خشک‌شده با استفاده از خشک‌کن انجمادی بود. همچنین بالاترین میزان گرانیوی مربوط به نمونه‌های خشک‌شده در خشک‌کن انجمادی بود (صالحی و کاشانی نژاد، ۱۳۹۵).

نتایج بررسی منابع مختلف نشان داد که استفاده از روش خشک‌کردن انجمادی به خصوص در مواد یا محصولات حساس به دما می‌تواند روش مناسب برای حفظ کیفیت باشد. در کنار این امر استفاده از روش جریان هوای گرم برای خشک‌کردن محصولات مختلف کشاورزی بسیار مرسوم و پرکاربرد می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی زمان خشک‌شدن و مقایسه شاخص‌های رنگی در دو خشک‌کن جریان هوای گرم و انجمادی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام آزمایش‌های چغندر قرمز تازه رقم بیبی‌بیت تهیه و نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری شد. نمونه‌ها نیم ساعت قبل از انجام آزمایشات از یخچال خارج می‌شدند تا با دمای محیط هم‌دما گردند. بعد از آن به ضخامت ۴ میلی‌متر و مساحت ۴*۴ برای انجام آزمایش برش داده شدند. به منظور تعیین رطوبت اولیه محصول چغندر قرمز قبل از فرآیند خشک‌کردن چند نمونه در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا وزن خشک و رطوبت اولیه آن بدست آید. آزمایش‌ها در خشک‌کن جریان هوای گرم در سه سطح دمایی (۴۰، ۵۰، و ۶۰ °C) سرعت جریان هوای ثابت ۰/۴ متر بر ثانیه و در خشک‌کن انجمادی با دمای ۵۰°C- انجام گردید. در این پژوهش از خشک‌کن آزمایشگاهی انجمادی مدل (ZIRBUS, VACO 5) استفاده گردید. همچنین به منظور اندازه‌گیری تغییرات شاخص‌های رنگ، از دستگاه کالرگرام (D600) متصل به کامپیوتر برای عکس‌برداری در طول فرآیند خشک‌کردن استفاده گردید.



شاخص‌های رنگ با استفاده از پارامترهای L^* (تاریکی یا روشنایی)، a^* (قرمزی، سبزی) و b^* (زردی، آبی) در هر مرحله بیان شدند. شاخص L^* ، a^* و b^* با فعال کردن گزینه Plugging در نرم افزار ImageJ محاسبه شد. مؤلفه L^* معدل روشنایی تصویر که بین صفر معدل مشکی و ۱۰۰ معدل انعکاس کامل نور است. مقادیر مؤلفه a^* بین ۱۲۰- تا ۱۲۰+ است مقادیر مثبت معدل رنگ قرمز و مقادیر منفی معدل رنگ سبز است. مقادیر b^* بین ۱۲۰- تا ۱۲۰+ است و مقادیر مثبت معدل رنگ زرد و مقادیر منفی معدل رنگ آبی است.

رنگ نمونه‌ها در طول فرآیند خشک کردن بوسیله دستگاه کالرگرام مدل (D600) اندازه گیری شد. به منظور توصیف تغییرات رنگ در طول خشک کردن از شاخص ΔE (اختلاف رنگ/کل نمونه های خشک شده از نمونه های تازه) استفاده شد. که این شاخص به صورت رابطه (۱) تعریف می شود. که L^* نماینده روشنایی، b^* رنگ زرد-آبی و a^* نشان دهنده رنگ قرمز سبز می باشد (سید لو ۲۰۱۰).

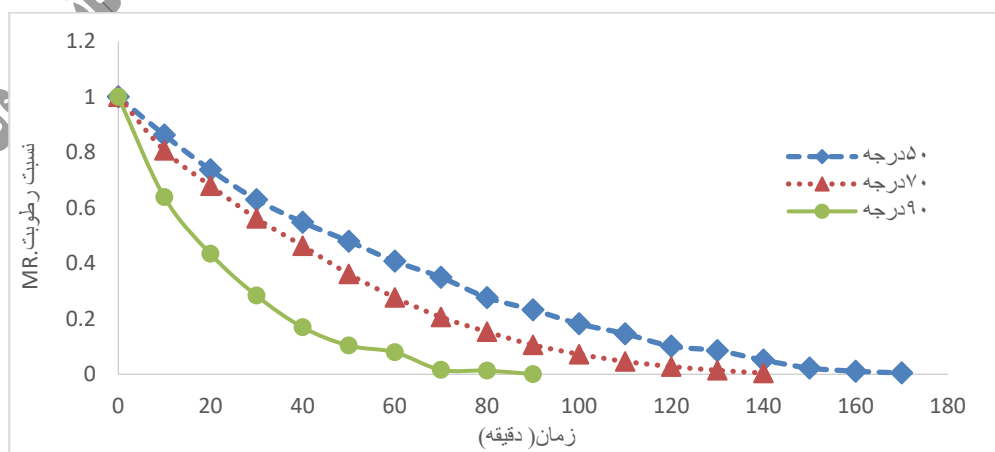
$$E\Delta = \sqrt{(L_0 - L_1)^2 + (a_0 - a_1)^2 + (b_0 - b_1)^2} \quad (1)$$

در این رابطه L_0 ، a_0 ، b_0 مقادیر اولیه پارامترهای رنگی و L_1 ، a_1 ، b_1 مقادیر پارامتر رنگی پس از برداشت ورقه‌های برش خورده چغندر قرمز.

نتایج و بحث

بررسی تغییرات نسبت رطوبت و زمان خشک کردن در خشک کن انجمادی

نتایج بدست آمده (شکل ۱) از تغییرات نسبت رطوبت نسبت به زمان در خشک کن جریان هوای گرم در دماهای مختلف نشان می‌دهد با افزایش دمای خشک کن، زمان خشک کردن ورقه‌های برش خورده چغندر قرمز به تدریج کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که زمان خشک نمونه‌ها در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد ۱۷۰ دقیقه، در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد ۱۴۰ دقیقه و دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد ۹۰ دقیقه به طول انجامد. دلیل این امر آن است که افزایش حرارت سبب افزایش گردایان حرارتی در نمونه‌های در حال خشک شدن می‌باشد و این سبب خروج سریع‌تر رطوبت از نمونه‌ها می‌گردد. نتایج مشابهی توسط وگا، فیتوس و آندرس در سال ۲۰۰۷، و آکپینار در سال ۲۰۰۶ و سیمال و همکاران در سال ۲۰۰۵ بدست آمده است. تحقیقات این پژوهشگران بر فلفل قرمز، سبزیجات مختلف کیوی انجام شده است (وگا، فیتوس و آندرس ۲۰۰۷، سیمال و همکاران ۲۰۰۵).

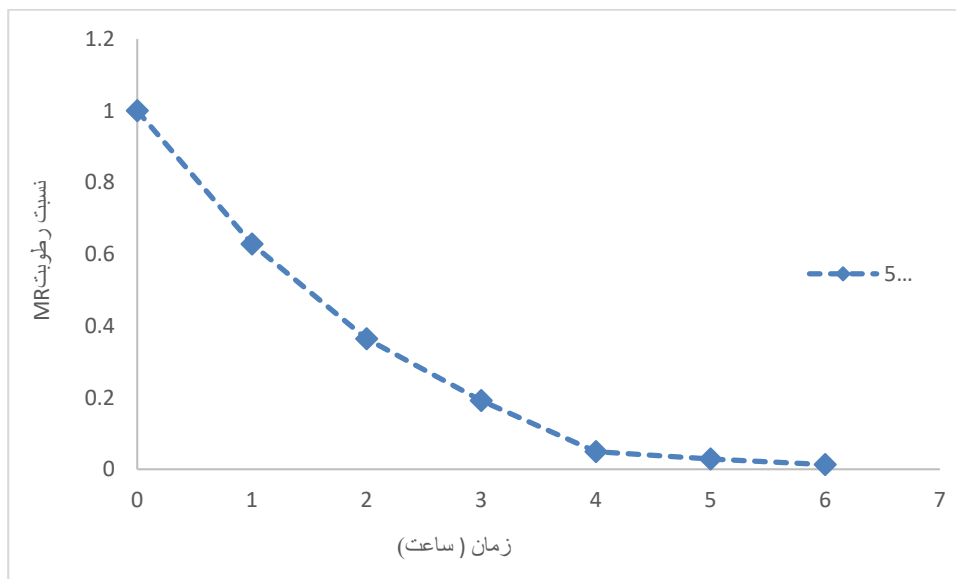


شکل ۱: تغییرات نسبت رطوبت به ازای زمان در خشک کن جریان هوای گرم



بررسی تغییرات نسبت رطوبت و زمان خشک کردن در خشک کن انجمادی

شکل ۲ تغییرات نسبت رطوبت لایه‌های چغندر قرمز را در طول فرآیند خشک شدن در یک خشک کن انجمادی نشان می‌دهد. همانطور که از شکل ۲ پیداست شیب نمودار تغییرات رطوبت نسبت به زمان در شروع فرآیند خشک کردن زیاد بوده و با ادامه زمان خشک کردن شیب نمودار کاهش می‌یابد. دلیل این امر آن است که میزان آب آزاد در محصول در ابتدای فرآیند خشک کردن بالاست و با گذشت زمان میزان این رطوبت آزاد کاهش یافته و سرعت خروج آن از محصول به کندی صورت می‌پذیرد.

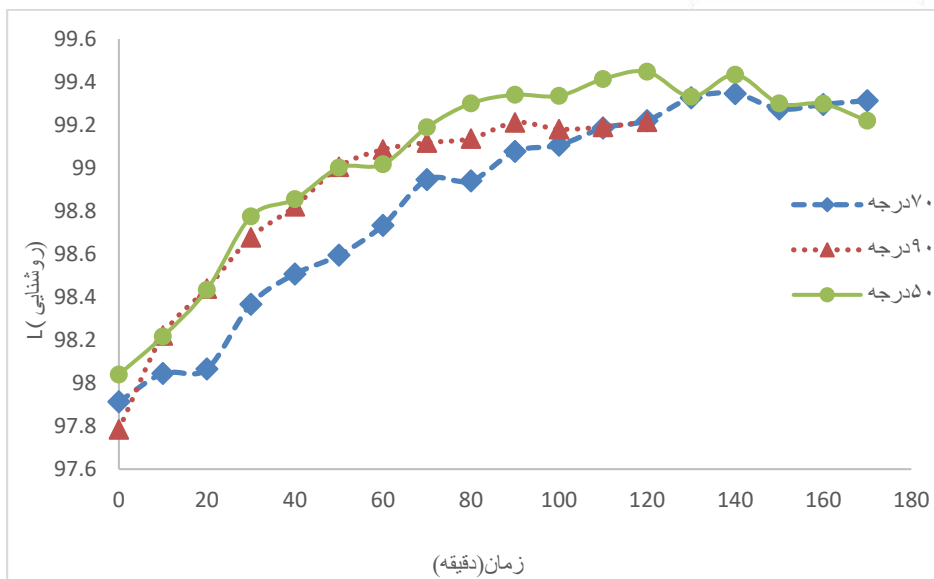


شکل ۲: تغییرات نسبت به رطوبت به ازای زمان در خشک کن انجماد

بررسی سینتیک تغییرات رنگ طی فرآیند خشک کردن در خشک کن جریان هوای گرم

تغییرات شاخص رنگ L^* :

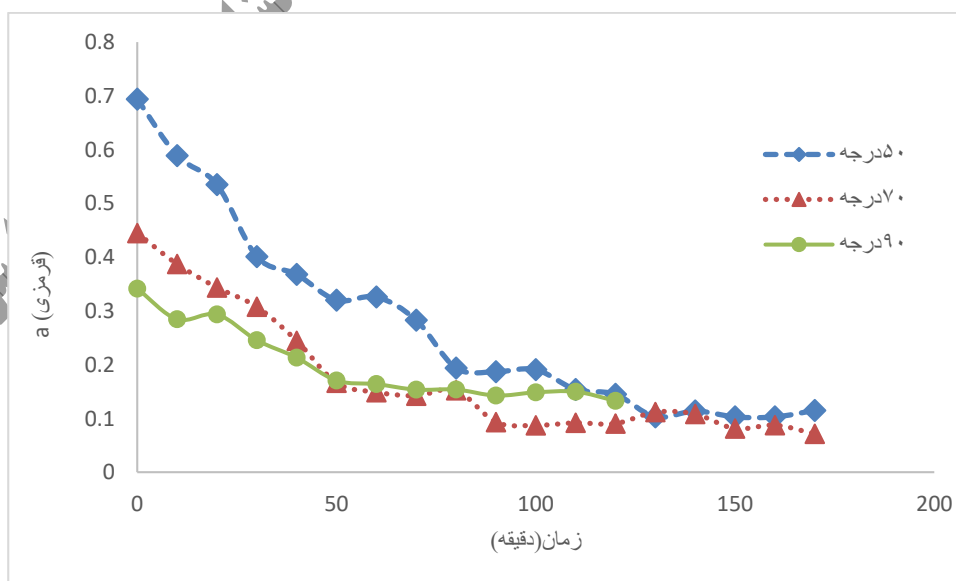
شکل ۳ تغییرات شاخص رنگی L^* را براساس زمان خشک شدن نشان می‌دهد. تغییرات این پارامتر در ورقه‌های برش خورده چغندر قرمز در سه درجه حرارت ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه مورد ارزیابی قرار داده شد، که با کاهش محتوای رطوبت و افزایش زمان خشک شدن در درجه حرارت ۵۰ و ۷۰ نسبت به ۹۰ درجه، میزان L^* در ورقه‌های برش خورده چغندر قرمز افزایش یافت. دلیل این امر این است که زمان خشک شدن رابطه مستقیم با شاخص رنگی L^* دارد، با افزایش زمان خشک شدن میزان روشنایی افزایش می‌یابد، ولی میزان افزایش دما رابطه عکس با میزان روشنایی دارد. با افزایش دما میزان روشنایی کاهش می‌یابد.



شکل ۳: تغییرات رنگ در طی زمان نسبت به L در خشک کن آون

تغییرات شاخص رنگ a:

شکل ۴ تغییر شاخص رنگی a^* (قرمزی) را براساس زمان خشک شدن لایه‌های چغندر قرمز در خشک کن جریان هوای گرم نشان می‌دهد. ورقه‌های برش خورده چغندر قرمز در سه درجه حرارت ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه مورد ارزیابی قرار داده شد، که با کاهش محتوا رطوبت و افزایش زمان روند تغییرات این پارامتر نزولی بود. دلیل این امر تجزیه و تخریب رنگدانه‌ها و واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیر آنزیمی است که در اثر تماس ماده غذایی با هوای داغ اتفاق می‌افتد. همچنین نتایج نشان می‌دهد، که با افزایش دما میزان تغییرات پارامتر a^* با گذشت زمان افزایش می‌یابد که دلیل این امر این است که در دماهای کمتر افزایش دمای سطحی بعد از اتمام تبخیر سطحی کمتر بوده و در نتیجه واکنش قهوه‌ای شدن در نتیجه افزایش حرارت، کمتر اتفاق می‌افتد.



شکل ۴: تغییرات رنگ در طی زمان نسبت به a در خشک کن آون

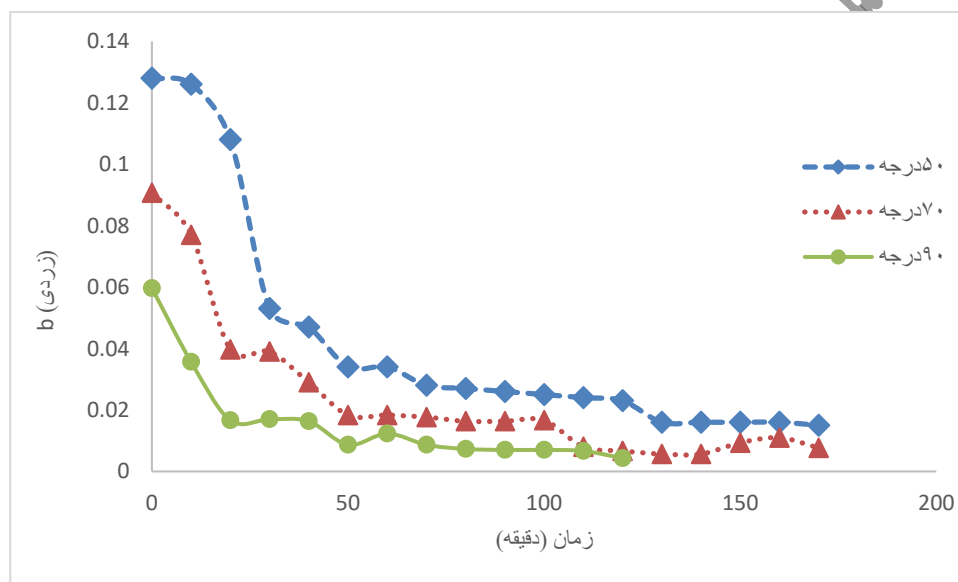


یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



تغییرات رنگ شاخص b:

شکل ۵ تغییرات شاخص رنگی b^* را براساس زمان خشک شدن ورقه‌های برش خورده چغندر قرمز در سه درجه حرارت ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده نشان داد که با گذشت زمان و کاهش محتوای رطوبتی روند تغییرات پارامتر b مانند پارامتر a نزولی می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که پایین‌ترین میزان این پارامتر در دمای ۹۰ درجه سلسیوس و بالاترین میزان این پارامتر در دمای ۵۰ درجه سلسیوس اتفاق می‌افتد. دلیل این امر آن است که با افزایش دمای خشک کردن، زمان خشک کردن کاهش یافته و این سبب کاهش میزان زردی در نمونه‌ها می‌شود. مقادیر a^* و b^* در حین فرایند با هرکدام از روش‌ها برحسب زمان کاهش می‌یابد. و رفتار مشابهی برای این پارامترها به وسیله پژوهشگران دیگر در خشک کردن آب پرتقال خونی (Arena et al., 2000)، و هویج سیاه (Uyan et al., 2004). گزارش شده است.



شکل ۵: تغییرات رنگ در طی زمان نسبت به b در خشک کن آون

بررسی تغییرات شاخص‌های رنگی در خشک کن انجماد

تغییرات شاخص‌های رنگ Lab:

شکل‌های ۶، ۷ و ۸ تغییرات شاخص‌های رنگی Lab را برای خشک کردن ورقه‌های چغندر قرمز در یک خشک کن انجمادی نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات L^* به گونه‌ای می‌باشد که با کاهش محتوای رطوبت و افزایش زمان خشک شدن افزایش می‌یابد. این روند تغییرات تا یک مرحله از زمان خشک شدن بالا رفته و بعد به تدریج روند تغییرات ثابت گردید. همچنین دو پارامتر دیگر a و b با گذشت زمان خشک شدن و کاهش میزان رطوبت محصول روند نزولی را طی کردند.



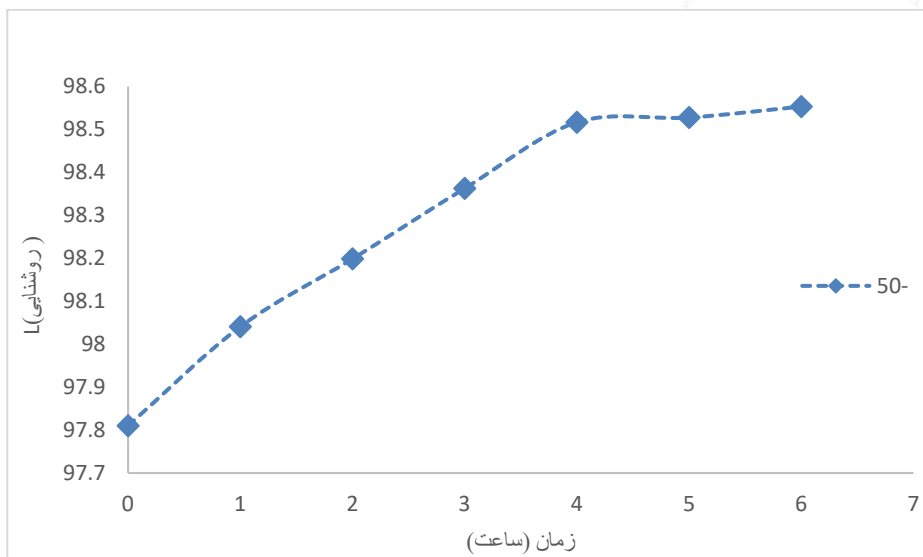
یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



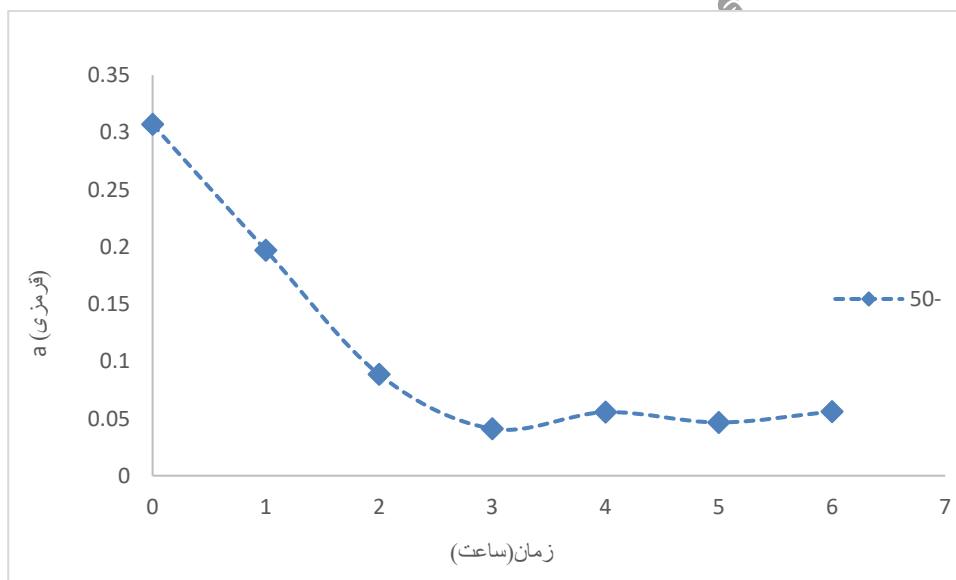
انجمن مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران



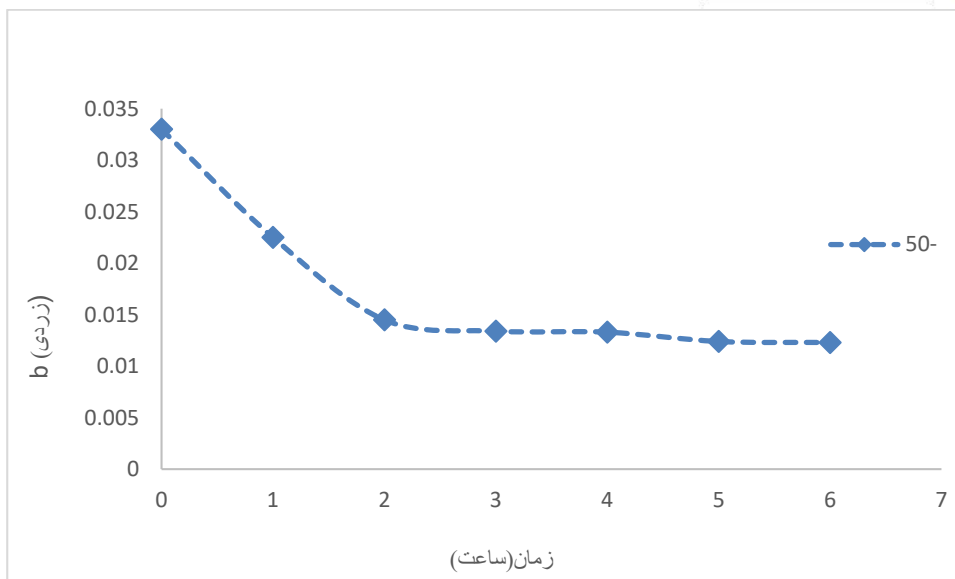
Buali Sina University



شکل ۶: تغییرات رنگ طی زمان نسبت به L در خشک کن انجماد



شکل ۷: تغییرات رنگ طی زمان نسبت به a در خشک کن انجماد



شکل ۸: تغییرات رنگ طی زمان نسبت به b در خشک کن انجماد

مقایسه تغییرات کلی رنگ در دو خشک کن جریان هوای گرم و انجمادی

مقایسه نتایج بدست آمده (جدول ۱) از تغییرات رنگ در دو خشک کن جریان هوای گرم و انجمادی نشان می دهد که میزان تغییرات رنگ در خشک کن انجمادی نصف تغییرات رنگ در خشک کن جریان هوای گرم بود. دلیل این امر می تواند تجزیه رنگدانه ها و واکنش های قهوه ای شدن آنزیمی و غیر آنزیمی باشد که این واکنش ها با استفاده از روش خشک کردن انجمادی بشدت کاهش می یابد و تغییرات رنگ کلی نمونه ها بسیار کم است. در حالت استفاده از جران هوای گرم، تجربه رنگدانه ها با شدت بالایی صورت می گیرد. همچنین با افزایش دمای خشک کردن، زمان خشک شدن کاهش یافته و محصول در حال خشک شدن مدت زمان کمتری در تماس با هوای داغ می باشد و به دنبال آن تخریب رنگدانه ها در اثر تماس با هوای داغ در طول فرآیند خشک کردن کاهش یافته و میزان تغییرات رنگ نمونه های چغندر کاهش می یابد.

جدول ۱: تغییرات کلی رنگ در دو خشک کن جریان هوای گرم و انجمادی

انجماد	$E\Delta$	جریان هوای گرم (°C)	$E\Delta$
-۵۰	۰/۷۶	۵۰	۱/۵۱
.....	۷۰	۱/۴۵
.....	۹۰	۱/۴۴

نتیجه گیری:

در پژوهش حاضر به بررسی زمان خشک شدن و شاخص های رنگی پرداخته شد و نتایج زیر بدست آمد.

۱- مقایسه زمان خشک کردن ورقه های چغندر در دو خشک کن هوای گرم و انجمادی نشان داد که استفاده از خشک کن انجمادی حداقل سه برابر زمان برتر از خشک کن انجمادی می باشد.

۲- تغییرات شاخص های رنگی Lab در هر دو خشک کن جریان هوای گرم و انجمادی دارای روند مشابه بودند به طوری که تغییرات L روند صعودی و تغییرات ab روند نزولی داشت.



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



۳- مقایسه شاخص‌های کلی تغییرات رنگ نشان داد که استفاده از خشک‌کن انجمادی سبب بهبود شاخص‌های رنگ نسبت به خشک‌کن جریان هوای گرم می‌گردد.

تقدیر و تشکر

تقدیر تشکر از اساتید دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مراجع

- N. Nagwekar, V. Tidke & B. N. Thorat (2016) Microbial and biochemical analysis of dried fish and comparative study using different drying methods, *Drying Technology*, 35:12, 1481-1491.
- Sette P, Salvatori D, Schebor C. 2016. Physical and mechanical properties of raspberries subjected to osmotic dehydration and further dehydration by air- and freeze-drying, *food and bioproducts processing* 100: 156-171.
- Salehi F, Kashani Nejad 1395. Effect of drying method and conditions on rhizosphere and gum tissue of basil, *Journal of Science and Technology*, 2011 (Issue 2): 39-48.
- Ahmed, J., 2011. Drying of vegetables: principles and dryer design. In: Sinha, N.K Hui, Y.H., Ozgul Evranuz, E., Siddiq, M., J.Ahmed (Eds.), *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*. Wiley-Blackwell publishing, pp. 279e298.
- Maskan, A., Kaya, S. & Maskan, M, (2002). Effect of concentration and drying processes on color change of grape juice and leather (pestil). *Journal of Food Engineering*.54,75-80.
- Litvin, S., Mannheim, C.H., Miltz, J.,1998. Dehydration of carrots by a combination of freeze drying, microwave heating and air or vacuum drying. *J. Food Eng.* 36 (1) 103e111.
- Mujumdar, A., Passos, M.L., 2000. *Developments in Drying*. Bangkok Kasetsart University Press.
- Seiiedlou, S., Ghasemzadeh H.R Hamdami, N., Talati, F. and Moghaddam, M 2010. Convective drying of apple, *Mathematical modeling and determination of some quality parameters*, *International Journal, of Agriculture and Biology*, 12(2), 171-178.
- Raupp, D. D. S., Rodrigues, E., Rockenbach, I. L., Carbonar, A., Campos, P. F. D. & Borsato, A. I. V. (2011). Effect of processing on antioxidant potential and total phenolics content in beet (*Beta vulgaris L.*). *Food Science and Technology (Campinas)*, 31,688-693.
- Musharraf Boroujeni, L. (1376). Red food coloring red beet review of its stability during food processing. Master's thesis. Proper task of promoting the College of Agriculture, Isfahan.
- Ahmed, J., Shivhare, U. S. & Raghavan, G. S. V. (2004). Thermal degradation kinetics of anthocyanin and visual colour of plum puree. *European Food Research and Technology*, 218,525-528.
- Arena, E., Fallico, B. & Maccarone, E(2000) Influence of carotenoids and pulps on the color modification of blood orange juice. *Journal of Food Science*, 65, 458-460.
- Uyan, S. E., Baysal, T., Yurdagel, U. & El, S. N. (2004). Effects of drying on antioxidant activity of purple carrots. *Nahrung*, 48, 57-60.
- Vega, A. Fito, P. Andre s, A. Lemus, R. (2007). Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo). *Journal of Food Engineering*, 79(4): 1460-1466.
- Simal, S. Femen, A. Garau, M. C. Rosello, C. (2005). Use of exponential, Page's and diffusional models to simulate the drying kinetics of kiwi fruit. *Journal of Food Engineering* 366 : 328-323.