



اولین همایش ملی علوم کشاورزی و زیست محیطی ایران



گواهی پذیرش مقاله

شماره: 1132.411.1

کد مقاله: 1163-R

محقق گرامی جناب آقای رسول معارف بجزوی

و همکاران فرخنده آرد شیراصفهای منی و محمد رحبا

سازمان همزمان برتری تشریفات رنگ و بو که یکی از اهدافی بنیاد شریعت است که در روش مازون تفرزاد اولین همایش ملی علوم کشاورزی و زیست محیطی ایران که توسط دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در تاریخ دوم بهمن ماه ۱۳۹۷ برگزار گردید با نظرسنجی علمی همایش به صورت «موسسه» مورد پذیرش قرار گرفت است. امید است، همکاری و در دسترس بودن اطلاعاتی در مورد همایش و مزایای آن.

به عطاء الیه ساریت
رئیس همایش



علیرضا ابوالولی شمسی
دبیر علمی همایش





اولین همایش ملی علوم کشاورزی وزیرست محیط ایران زمان برگزاری همایش ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۷

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع
طبیعی خوزستان



بررسی تغییرات رنگ و چروکیدگی لایه‌های پیاز در شرایط خشک کردن به روش مادون قرمز

اردشیر اسفندیاری مهنی^۱، رسول معمار دستجردی^{۲*}، مجید رهنما^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲ و ۳- استادیار، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

* نویسنده مسئول: rasoul.memar@gmail.com , Rasoul.Meamar@ramin.ac.ir

چکیده

پیاز یکی از قدیم‌ترین سبزیجات ایران است که از دیرباز مصرف خوراکی و دارویی داشته است. پیاز خشک از اهمیت قابل توجهی در تجارت جهانی برخوردار است و به صورت چرخ شده و پودر شده استفاده می‌شود و به‌عنوان افزودنی عطر و طعم در طیف گسترده‌ای از فرمولاسیون‌های غذایی مانند گوشت خرد شده، سس، سوپ، سس سالاد و ترشی تند استفاده می‌گردد. هدف کلی از این پژوهش بررسی تغییرات رنگ و چروکیدگی لایه‌های پیاز در شرایط خشک کردن به روش مادون قرمز می‌باشد. بدین منظور خشک کن ترکیبی مادون قرمز-هوای گرم با قابلیت کنترل دما و سرعت جریان هوای گرم طراحی و ساخته شد. سپس تأثیر تغییرات عامل‌های سرعت جریان هوا، و دما روی پارامترهای چروکیدگی و رنگ در دماهای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس و سه جریان هوای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش‌ها به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که اثر دما و سرعت بر مقدار میانگین شاخص تغییرات رنگ پیاز خشک شده در سطح یک درصد معنی‌دار است. اثر متقابل دوگانه دما و سرعت جریان هوا بر تغییرات رنگ و بر چروکیدگی در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. به گونه‌ای که در یک دمای معین با افزایش سرعت جریان هوا تغییرات رنگ افزایش یافت. همچنین در تمامی در تمامی سرعت‌ها، با افزایش دما چروکیدگی افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: خشک کن، مادون قرمز، پیاز، تغییرات رنگ، چروکیدگی

مقدمه

پیاز یکی از قدیم‌ترین سبزیجات ایران است که از دیرباز مصرف خوراکی و دارویی داشته است. بر اساس آمار سازمان خوار و بار جهانی در سال ۲۰۱۲، ایران به طور میانگین با داشتن ۷۱ هزار سطح زیر کشت و متوسط عملکرد ۳۲ تن در هکتار، سالانه بیش از ۲/۲۶ میلیون تن این محصول را تولید می‌کند (FAO, 2012). سطح زیر کشت پیاز در جنوب استان کرمان ۴۳۰۰ هکتار است که کاشت آن از اول شهریور شروع و تا اواخر اسفند، برداشت آن نیمه دوم آذرماه شروع و تا اواخر اردیبهشت ادامه دارد (بی‌نام، ۱۳۹۳). پیاز به‌طور گسترده در هر دو شکل تازه و خشک استفاده می‌شود. پیاز خشک از اهمیت قابل توجهی در تجارت جهانی برخوردار است و در چند شکل چرخ شده، پودر شده استفاده می‌شود و به‌عنوان افزودنی عطر و طعم در طیف گسترده‌ای از فرمولاسیون‌های غذایی مانند گوشت خرد شده، سس، سوپ، سس سالاد و ترشی تند استفاده می‌گردد (Hebbbar et al., 2006). پیاز در میان هفت سبزیجات عمده یعنی پیاز، سیر، کلم، گوجه‌فرنگی و لوبیا در رتبه سوم بالاترین تولید در جهان را دارد. چهار کشور عمده تولید پیاز در جهان،



اولین همایش ملی علوم کشاورزی وزیرستان محیط ایران زمان برگزاری همایش ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۷

چین بزرگترین تولیدکننده ۳/۹۳ میلیون تن، به دنبال آن هند با ۳/۳۵ میلیون تن، ایالات متحده آمریکا ۲/۴۵ میلیون تن و ترکیه ۱/۵۵ میلیون تن می‌باشند (Sarsavadia, 2007 & Kumar and Tiwari., 2007). خشک کردن با سرعت بالا و با تلفات کمتر و کیفیت مناسب‌تر، روش‌هایی را طلب می‌کند که مکانیزم انتقال حرارت آن جریان هوای گرم نباشد. از این بین می‌توان خشک کردن با استفاده از انرژی فراصوت، خشک کردن به روش دی‌الکتریک و استفاده از انرژی مادون قرمز را نام برد. یکی از روش‌های جدید در خشک کردن محصولات، استفاده از انرژی تشعشعی مادون قرمز می‌باشد. وقتی اشعه مادون قرمز به‌سوی محصول تابانده شود، بسته به محصول و طول موج اشعه تابیده شده، قسمتی از اشعه از محصول عبور کرده، درصدی از آن منعکس شده و بالاخره بخشی هم جذب شده و به داخل محصول نفوذ کرده و به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود. از آنجا که هوا انرژی تشعشعی مادون قرمز را از خود عبور می‌دهد، بدون اینکه هوای محیط گرم شود، انرژی اشعه مادون قرمز ماده مورد نظر را گرم می‌کند (Nowak et al., 2004). پهلوانزاده (۱۳۷۷) و توکلی‌پور (۱۳۸۰) در تحقیقاتی نشان دادند با استفاده از خشک‌کن‌های مادون قرمز سریع‌تر از خشک‌کن‌های همرفتی می‌توان گرما را به‌طرف جسم متمرکز کرد. ولی در خشک‌کن‌های همرفتی (جابه‌جایی) مقداری گرما توسط محیط اطراف جذب شده و تلف می‌شود، در حقیقت در این روش بدون سوختن ماده، سرعت خشک شدن افزایش می‌باشد. افزایش میزان توان اعمال شده مادون قرمز، سبب افزایش سریع دما در سطح ماده و لذا افزایش بخار درون ماده و در نتیجه شدت بالای خشک شدن می‌شود (Datta, 2002). استفاده از انرژی مادون قرمز برای مواد غذایی دارای مزایایی از جمله: کاهش زمان خشک شدن، بازدهی بالای انرژی، کیفیت بالای محصولات غذایی، دمای یکنواخت در محصولات خشک‌شده و نیاز کم به عبور جریان هوا از میان محصول می‌باشد (Mujumdar, 1995). در خشک کردن به روش مادون قرمز، هوای محیط اطراف ماده مرطوب توسط مکنده یا دمنده‌ای جریان می‌یابد، تا ضمن جلوگیری از اشباع شدن سطح ماده از رطوبت، رطوبت از محیط اطراف ماده خارج گردد و ماده با مقاومت کمتری برای خارج شدن رطوبت، مواجه شود (Nonhebel, 1973). Afazal و Abe (۱۹۹۹) خصوصیات بنیادی خشک کردن سیب‌زمینی به روش مادون قرمز را در چهار شدت تابش ۰/۱۲۵، ۰/۲۵۰، ۰/۳۷۵ و ۰/۵۰۰ وات بر سانتی‌متر مربع و سه سرعت جریان هوای ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ متر بر ثانیه، در دو سطح از رطوبت نسبی هوای ۳۶ و ۶۲ درصد بررسی کردند. آن‌ها مشاهده کردند که نرخ خشک شدن (درصد رطوبت وزنی محصول نسبت به زمان، طی عملیات خشک کردن سیب‌زمینی) به شدت تابش بستگی دارد. یعنی با افزایش شدت تابش، خشک کردن سیب‌زمینی در مدت زمان کم‌تری انجام می‌شود. افزایش سرعت جریان هوا با نرخ خشک شدن رابطه معکوس دارد و نرخ پایین خشک کردن سیب‌زمینی در سرعت‌های بالای جریان هوا به علت سرد شدن سیب‌زمینی در سرعت‌های جریان هوا می‌باشد. Celma, et al., (۲۰۰۷) آزمایش‌هایی را جهت بررسی خشک کردن زیتون به روش مادون قرمز در محدوده‌ی دمایی ۸۰ تا ۱۴۰ درجه سلسیوس انجام دادند. در این آزمایش‌ها نرخ خشک کردن با افزایش دما، افزایش یافته و در نتیجه آن زمان خشک کردن کاهش یافت. با افزایش دما از ۸۰ به ۱۴۰ درجه سلسیوس، برای کاهش میزان رطوبت محصول از ۹۱/۹۷ (w.b%) به ۸/۶۹ (w.b%)، زمان خشک شدن از ۱۰۵ دقیقه به ۳۵ دقیقه کاهش یافت. هدف کلی از این پژوهش بررسی تغییرات رنگ و چروکیدگی لایه‌های پیاز در شرایط خشک کردن به روش مادون قرمز می‌باشد

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان واقع ۲۵ کیلومتری شمال اهواز به طول جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۵ دقیقه انجام گرفت.



اولین همایش ملی علوم کشاورزی

وزیرست محیطی ایران

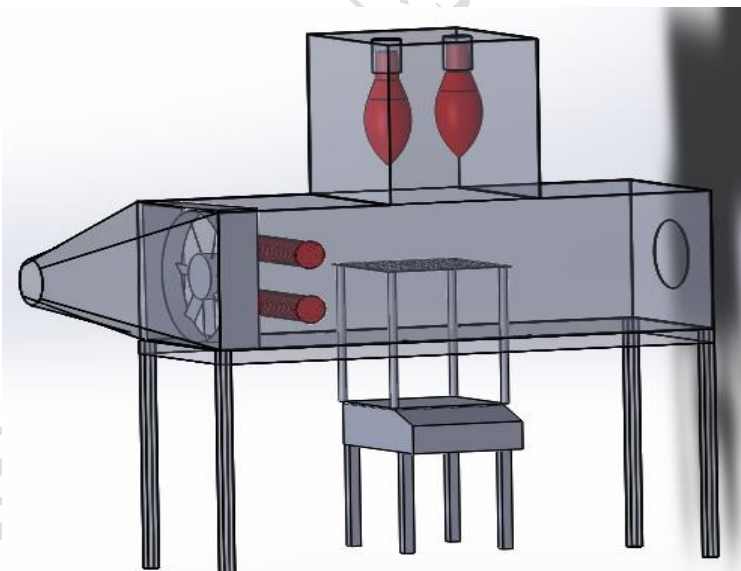
زمان برگزاری همایش ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۷

خشک کن ترکیبی مادون قرمز-هوای گرم

خشک کن ترکیبی مادون قرمز-هوای گرم در شکل ۱ نشان داده شده است. خشک کن قابلیت کنترل دما و سرعت جریان هوای گرم به اتاقک مادون قرمز را دارد. برای گرم کردن هوای مورد استفاده در داخل خشک کن از دو عدد گرم کن ۵۰۰ واتی استفاده شده است که در ابتدای محفظه نصب گردیده است. درون اتاقک خشک کن امکان تغییر توان لامپ مادون قرمز مورد استفاده و بررسی اثر این پارامتر بر خشک کردن نمونه ها وجود دارد. لامپهای به کاررفته در این خشک کن از نوع تار الکتریکی است که ساخت کشور ایران با نام تجاری نور می باشد. این لامپها ۲۵۰ وات و ۲۲۰ ولت می باشند.

محفظه خشک کن

این محفظه، از دو جداره به ابعاد $۱۰۰ \times ۳۰ \times ۳۵$ سانتی متر و ضخامت جداره ۵ سانتی متر و از ورق گالوانیزه به ضخامت $۰/۷$ میلی متر ساخته شده است. برای عایق بندی در بین جداره ها، از پشم شیشه استفاده شد. در سطوح فوقانی این محفظه برش لازم برای استقرار محفظه مادون قرمز داده شده است. سینی قرارگیری نمونه با ابعاد $۳۵ \times ۱۵ \times ۳$ سانتی متر از ورق فولادی زنگ نزن مشبک با سوراخ های مربعی به ضلع ۱ سانتی متر ساخته شد. در بالای سینی نمونه یک دریچه فوقانی به ابعاد ۳۵×۳۰ سانتی متر قرار دارد تا امکان عبور پرتوهای تابش مادون و جذب آن توسط محصول فراهم شود. همچنین از این دریچه برای وارد کردن و خارج کردن نمونه از محفظه خشک کن نیز استفاده گردید (شکل ۱). این محفظه روی چهارپایه ای ساخته شده از پروفیل ۲ سانتی متر به ابعاد $۱۰ \times ۳۵ \times ۶۲$ سانتی متر قرار می گیرد.



شکل ۱- شماتیک محفظه خشک کن

واحد کنترل دما

خشک کن مجهز به یک واحد کنترل کننده اتوماتیک دمای هوای عبوری می باشد. ترموکوپل مورد استفاده برای حس کردن دمای هوا در وسط کانال خشک کن نصب گردید. برای کنترل دمای خشک کن از یک میکرو کنترلر استفاده شد. در ابتدای کار این



اولین همایش ملی علوم کشاورزی وزیرست محیط ایران زمان برگزاری همایش ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۷



سیستم دارای یک مرحله گرم شدن می باشد به گونه ای که با روشن شدن دستگاه و تنظیم سیستم برای دمای مشخص، واحد کنترل هر دو گرم کن را روشن می کند تا دمای هوای عبوری به دمای مورد نظر برسد. بعد از این سیستم از مرحله گرم شدن خارج شده و وارد مرحله آزمایش می گردد. در این مرحله (رسیدن دمای هوای عبوری به دمای مورد نظر) واحد کنترل دما با قطع و وصل کردن جریان الکتریکی به دو گرم کن، در صورت نیاز از آن ها استفاده می کند.

سرعت سنج هوا

سرعت هوایی که از روی نمونه عبور می کند باید اندازه گیری شود. برای قرائت سرعت هوای عبوری از روی نمونه از سرعت سنج پره ای استفاده شد. سرعت سنج پره ای مورد استفاده در این خشک کن از نوع Loutron A-M-۴۲۰۲ ساخت کشور آلمان استفاده شد. این دستگاه دارای یک حسگر پره ای است که قطر محافظ پره آن حدود ۰/۰۷۲ متر است و محدوده کاری ۰/۴ تا ۳۰ متر بر ثانیه کار می کند.

روش انجام آزمایش

در این تحقیق خشک کردن لایه نازک پیاز به روش تابش مادون قرمز انجام گرفت و تأثیر تغییرات عامل های سرعت جریان هوا، و دما روی پارامترهای چروکیدگی و رنگ در دماهای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس و سه جریان هوای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه مورد ارزیابی قرار می گیرد. آزمایش ها به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام شد و کلیه میانگین ها در سطح یک درصد و پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند. برای خشک کردن از پیاز که در منطقه جنوب کرمان کشت می شود، استفاده گردید. نمونه های مورد آزمایش به صورت تازه تهیه شدند. پیازها توسط چاقویی به ضخامت ۳ میلی متر بریده شده و یک لایه از آن پس از آماده شدن خشک کن و تنظیم پارامترهای مورد نظر روی بستر توری خشک کن قرار داده می شد، به طوری که روی سینی تنها یک لایه از نمونه های برش داده شده، قرار گرفت. برای هر آزمایش حدود ۱۰۰ گرم پیاز استفاده شد. در طی فرآیند خشک شدن کاهش وزن نمونه ها توسط ترازو در فواصل زمانی ۱۵ دقیقه، اندازه گیری و ثبت می گردید. خشک شدن تا زمان ثابت شدن تقریبی وزن نمونه های پیاز ادامه داشت (تقریباً تا رطوبت ۸ تا ۹ درصد بر پایه تر).

اندازه گیری تغییرات رنگ

برای بررسی رنگ نمونه ها از نرم افزار Matlab استفاده گردید. به طوری که ابتدا از سطح نمونه های خشک شده عکس هایی با کیفیت بالا و شرایط یکسان تهیه خواهد شد. سپس به کمک نرم افزار پارامترهای رنگی L^* ، a^* و b^* به دست خواهد آمد، که مؤلفه L میزان روشنی و تیرگی نمونه را مشخص می کند و دارای محدوده مقدار ۰-۱۰۰ است و مقدار ۱۰۰ بیانگر رنگ سفید و مقدار صفر معرف رنگ سیاه می باشد. مقادیر مثبت مؤلفه a بیانگر رنگ قرمز، مقدار صفر بیانگر رنگ خاکستری و مقادیر منفی به معنای رنگ سبز است. برای مؤلفه b اگر مثبت باشد به معنی رنگ زرد و اگر مقدار منفی باشد معرف رنگ آبی می باشد (نوری و همکاران، ۱۳۹۲). تغییرات رنگ از رابطه زیر محاسبه می گردد (شرایعی، ۱۳۷۶).

$$\Delta E = \left[(L-97)^2 + (A-(-2))^2 + B^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

ΔE ، تغییرات رنگ

در این رابطه هرچه مقدار ΔE به صفر نزدیک تر باشد، رنگ مطلوب تر است.



اولین همایش ملی علوم کشاورزی

وزیرستان محیط ایران

زمان برگزاری همایش ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۷

ارزیابی چروکیدگی با پردازش تصویر

پردازش تصویر دیجیتالی کاربردهای بسیار گسترده و متنوعی را در بر می‌گیرد. تصویر دیجیتالی ترکیبی است از تعداد عنصر محدود است که هر کدام مکان و مقدار خاصی دارند. این المان‌ها نقاط تصویر یا پیکسل نامیده می‌شوند. در تصاویر محصولات کشاورزی و غذایی معمولاً دو نقطه وجود دارد. پیش‌زمینه که تصویر خود شی است و پس‌زمینه‌ای که شی در آن قرار دارد. بنابراین تصویر مورد بررسی، تصویری دودویی (Binary) یا دوسطحی است که در آن پیکسل‌ها تنها ارزش صفر یا یک دارند. این مقادیر به ترتیب به پیکسل‌های متعلق به پیش‌زمینه و پس‌زمینه اختصاص دارند. در مرحله اول، ابتدا یک نمونه از ورقه‌های پیاز مرطوب برش زده شد سپس تصاویر سطوح خاکستری از روی تصویر اصلی و بر اساس اجزای قرمز- سبز - آبی آن تهیه گردید. در مرحله بعد یک مقدار آستانه عمومی (Global Threshold) به‌عنوان ملاک تشخیص تعداد پیکسل‌ها شی از پیکسل‌های پس‌زمینه تخمین زده شد. مقدار آستانه را می‌توان از روی هیستوگرام (بافت‌نگار) رنگ‌های اصلی (RGB) به دست آورد. در این حالت تک تک پیکسل‌ها با مقدار آستانه مقایسه شده و اگر مقدار پیکسل‌ها از مقدار آستانه بزرگ‌تر بود به‌جای آن رنگ سفید و اگر کوچک‌تر بود رنگ سیاه قرار داده می‌شد. در مرحله بعد از عملگرهای مورفولوژیکی (Morphological) برای کاهش نویز و پر کردن حفره‌های احتمالی ایجاد شده در درون تصویر باینری استفاده گردید. پس از آنکه تصویر شی مورد نظر از زمینه جدا شد، تعداد پیکسل‌های روشن (با ارزش یک) که نماینده شی هستند شمارش شدند. سپس مساحت سطح شی بر اساس مجموع تعداد پیکسل‌ها و تفکیک‌پذیری تصویر برحسب میلی‌متر مربع محاسبه گردید (منصوری و همکاران، ۱۳۸۵). در نهایت مساحت ورقه‌های پیاز قبل و بعد از پروسه خشک شدن نسبت به تعداد پیکسل‌های نمونه کالیبره شده، تخمین زده شد (شکل ۱۲-۳). از رابطه (۲) برای محاسبه تغییرات مساحت نمونه خشک شده نسبت به نمونه اولیه و برآورد میزان چروکیدگی محصول محاسبه شد (Wang et al., 2014).

$$\% \text{Shrinkage} = \left(1 - \frac{A}{A_0}\right) \times 100 \quad (2)$$

A، مساحت نمونه خشک شده (mm²)؛ A₀، مساحت اولیه نمونه قبل از خشک شدن؛ Shrinkage، درصد چروکیدگی

نتایج و بحث

بررسی تغییرات رنگ لایه‌های پیاز در شرایط خشک کردن به روش مادون قرمز

در جدول (۱) اثر فاکتورهای سرعت جریان هوا و دما روی شاخص تغییر رنگ نشان داده شده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس تغییرات رنگ پیاز خشک شده به روش مادون قرمز

F	میانگین مربعات (MS)	درجات آزادی (Df)	منابع تغییرات
۱۴/۳۴**	۱۱/۱۸۲	۲	دما
۱۲/۳۱**	۱۰/۱۳۷	۲	سرعت
۴/۱۳*	۳/۴۰۱	۴	دما×سرعت
		۱۸	خطا
		۲۶	کل

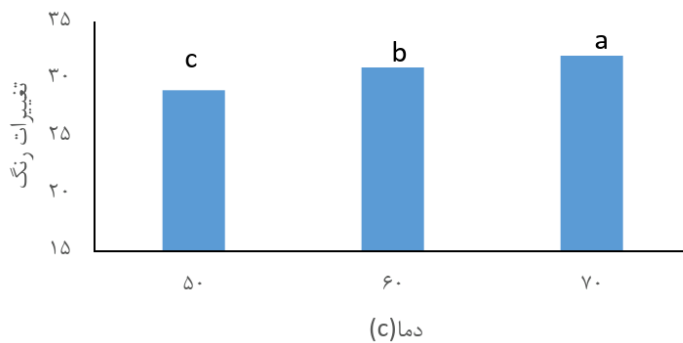


اولین همایش ملی علوم کشاورزی وزیرت محیط ایران زمان برگزاری همایش ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۷



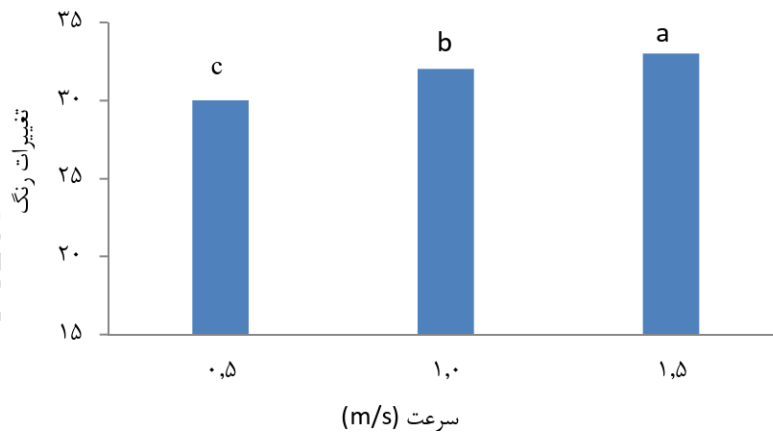
** و * به ترتیب معنی داری در سطح ۱٪ و ۵٪

مطابق جدول (۱) اثر دما بر مقدار میانگین شاخص تغییرات رنگ پیاز خشک شده در سطح یک درصد معنی دار می باشد. همان گونه که در شکل (۲) نشان داده شده است با افزایش دما از ۵۰ به ۶۰ و از ۶۰ به ۷۰ درجه سانتی گراد تغییرات رنگ افزایش یافته است. با افزایش دما از ۵۰ به ۶۰ و از ۶۰ به ۷۰ درجه سلسیوس تغییرات رنگ به ترتیب ۳/۵ و ۶/۶ درصد افزایش یافته است. همچنین با تغییر دما از ۵۰ به ۷۰ درجه سلسیوس تغییرات رنگ ۱۰/۳ درصد بیشتر شده است.



شکل ۲- اثر دما بر میانگین تغییرات رنگ (ΔE) پیاز خشک شده

اثر فاکتور سرعت جریان هوا بر تغییرات رنگ نیز در سطح یک درصد معنی دار گشت (شکل ۳). مقدار تغییرات رنگ در سه سرعت هوای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه ۲۹، ۳۱ و ۳۳ به دست آمد. کاروتن ها رنگ دانه های موجود در مواد غذایی هستند که به آنها رنگ می دهند که در فرآیند خشک کردن محصولات این رنگ دانه ها در اثر حرارت دیدن به تدریج از بین رفته و تغییر رنگ مواد غذایی را شامل می شود (توکلی پور، ۱۳۸۵). تغییرات رنگ اندازه گیری شده نشان داد که در روش مادون قرمز، افزایش دما و سرعت جریان هوا رنگ دانه های پیاز را بیشتر تخریب کرده و باعث تغییر رنگ بیشتر می گردد.



شکل ۳- اثر سرعت جریان هوا بر تغییرات رنگ پیاز خشک شده

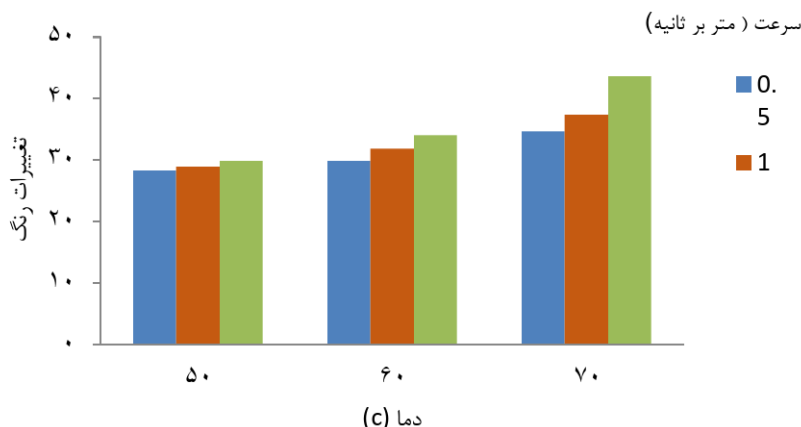


اولین همایش ملی علوم کشاورزی

وزیرست محیط ایران

زمان برگزاری همایش ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۷

همچنین اثر متقابل دوگانه دما و سرعت جریان هوا بر تغییرات رنگ در سطح پنج درصد معنی دار می باشد. مطابق شکل (۴) در یک دمای معین با افزایش سرعت جریان هوا تغییرات رنگ افزایش می یابد، که دلیل آن تأثیر مستقیم افزایش سرعت جریان هوا در زمان خشک شدن محصول است. در حقیقت با افزایش سرعت جریان هوا زمان خشک شدن افزایش می یابد که در نتیجه آن تخریب رنگ دانه ها بیشتر صورت می گیرد. این نتیجه با نتایج فعله اکبری و همکاران (۱۳۹۱) مطابقت داشت.



شکل ۴- مقایسه میانگین تغییرات رنگ در دماها و سرعت های مختلف

بررسی تغییرات چروکیدگی در خشک کن مادون قرمز

همان طور که در جدول (۲) آمده است اثر دما بر میزان چروکیدگی و در سطح یک درصد معنی دار می باشد. با افزایش زمان خشک شدن در تمام شرایط دمایی، سطح محصول به دلیل خروج محتوای رطوبتی و ایجاد تنش های ویسکوالاستیکی در منافذ کاهش یافت و به تبع آن چروکیدگی افزایش پیدا کرد. بیشترین تغییر در چروکیدگی در زمان های اولیه خشک کردن اتفاق افتاده است و با گذشت زمان میزان تغییرات کاهش می یابد. در حقیقت در ابتدای آزمایش رطوبتی که تبخیر می شود سطحی است، ولی با گذشت زمان تبخیر سطحی کاهش یافته و رطوبت درونی محصول به سطح، منتقل شده و تبخیر می گردد که این پدیده نسبت به حالت اول با سرعت کمتری انجام می گیرد (شکل ۵). این نتایج با پژوهش های ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۲) و یداللهی نیا و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت داشت. در دماهای بالاتر به دلیل افزایش میزان تبخیر، چروک شدگی روند افزایشی داشت (Kingsly et al., 2007 & Batista et al., 2007)

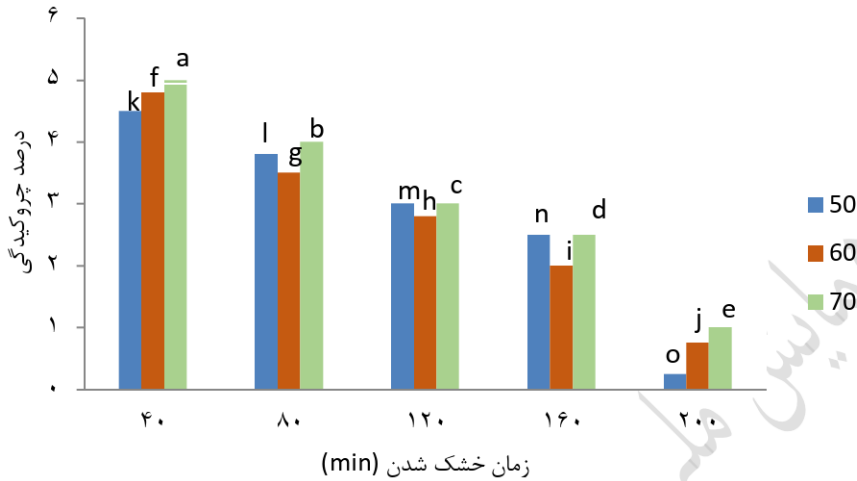
جدول ۲- تجزیه واریانس تغییرات چروکیدگی محصول خشک شده

F	میانگین مربعات (Ms)	درجات آزادی (Df)	منابع تغییر
۸۵/۵**	۰/۱۶۵	۲	دما
۳/۸۹*	۰/۰۱۷	۲	سرعت جریان هوا
۳/۵۲*	۰/۰۰۷	۴	دما×سرعت جریان هوا
		۱۸	خطا
		۲۶	کل

** و * به ترتیب معنی داری در سطح ۱٪ و ۵٪

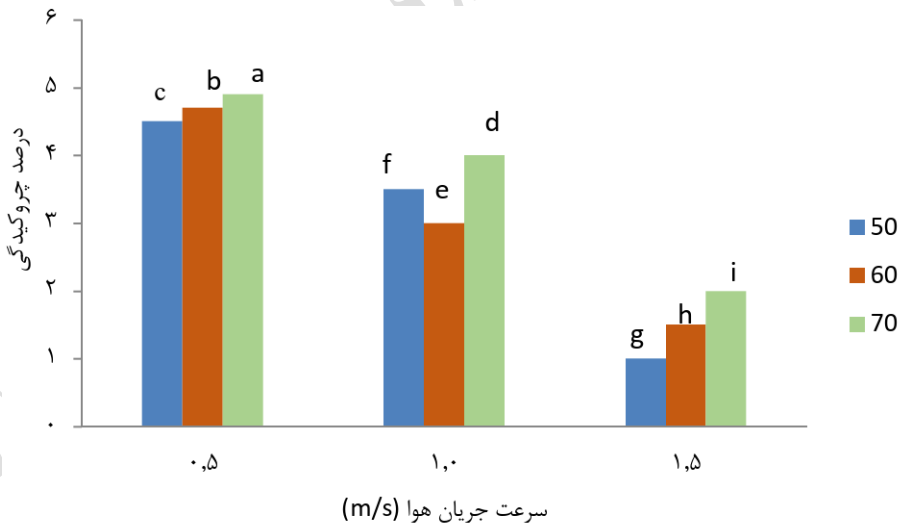


اولین همایش ملی علوم کشاورزی وزیرست محیط ایران زمان برگزاری همایش ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۷



شکل ۵- تغییرات چروکیدگی در دماهای مختلف

اثر متقابل دما و سرعت جریان هوا نیز بر چروکیدگی در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد (جدول ۲). مطابق شکل ۵ مشخص شد در تمامی سرعت ها، با افزایش دما چروکیدگی افزایش می یابد. در تیمارهای مورد آزمایش در سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه میزان چروکیدگی بیشتر است و با افزایش سرعت هوا به ۱/۵ متر بر ثانیه میزان چروکیدگی کاهش می یابد. زمانی که سطح، بسیار سریعتر از مرکز خشک می گردد، تنشهای درونی افزایش یافته و محصول متخلخل می شود (Aguilera et al., 1999). در این شرایط ترکیبات غیرفرار به سطح مهاجرت کرده و در آنجا رسوب می کنند و تشکیل یک پوسته در سطح می دهند. این پوسته به حفظ ابعاد محصول کمک می کند. این پدیده در سرعت های بالاتر رخ می دهد و منجر به کاهش چروکیدگی در محصول می شود (Wang, and Brennan, 1995).



شکل ۶- مقایسه میانگین تغییرات چروکیدگی در دماها و سرعت های مختلف



اولین همایش ملی علوم کشاورزی وزیرست محیط ایران زمان برگزاری همایش ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۷

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع
طبیعی خوزستان



نتیجه گیری کلی

در این پژوهش تأثیر عامل‌های سرعت جریان هوا، و دما روی پارامترهای چروکیدگی و تغییرات رنگ در دماهای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس و سه جریان هوای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش‌ها به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد نتایج نشان داد که اثر دما و سرعت بر مقدار میانگین شاخص تغییرات رنگ پیاز خشک شده در سطح یک درصد معنی‌دار است. اثر متقابل دوگانه دما و سرعت جریان هوا نیز بر تغییرات رنگ و چروکیدگی در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. به گونه ای که در یک دمای معین با افزایش سرعت جریان هوا تغییرات رنگ افزایش یافت. همچنین در تمامی سرعت‌ها، با افزایش دما چروکیدگی افزایش پیدا کرد.

منابع

- پهلوان‌زاده، حسن. ۱۳۷۷. خشک‌کردن، اصول، کاربرد و طراحی. (تألیف استرامیلو، س. کودرا، ت)، ترجمه. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۴۵۵ ص.
- توکلی پور، حمید. ۱۳۸۵. اصول و روش‌های خشک‌کردن مواد غذایی. نشر آبیژ. ۲۹۱ ص.
- فعله اکبری، مصیب، امیری، جعفر. و امیری، رضا. ۱۳۹۱. بررسی خصوصیات فیزیکی (چروکیدگی و رنگ) در خشک کردن موسیر. ص ۱-۶.
- نوری، مجتبی، کاشانی نژاد، مهدی، دارایی گرمه خانی، امیر. و بلندی، مرضیه. ۱۳۹۲. بهینه‌سازی فرآیند خشک‌کردن جعفری با استفاده از روش ترکیبی هوای داغ - مایکروویو. نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی، جلد ۴، شماره ۲. ص ۱۲۲-۱۰۳.
- Afzal, T. M., and Abe, T. 1999. Some fundamental attributes of far infrared radiation drying. *Drying technology*. 17(1-2):138-155
- Aguilera, J.M., and Stanley, D.W. 1999. *Micro structural principles of food processing and engineering* (2nd ed.). Gaithersburg: Aspen Publishers.
- Batista, M.L., Rosa, C. A. Pinto, L.A.A. 2007. Diffusive model with variable effective diffusivity considering shrinkage in thin layer drying of chitosan. *Journal of Food Engineering*. 81: 127-132 .
- Celma, A. R., Rojas, S., Lopez, F., Montero, I., & Miranda, T. 2007. Thin- layer drying behavior of sludge of olive oil extraction. *Journal of food Engineering*. V: 80. 1261- 1271.
- Datta, A.K. 2002. Infrared and hot air assisted microwave heating of foods for control of surface moisture, *Food and for control of surface moisture*. *Journal of Food Engineering*, 51(4), 355-364.
- Agricultural Organization of the United Nations. 2012. FAOSTAT (Statistics Database). On-line Information Service, <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.
- Hatamipour, M.S., and Mowla, D. 2002. Shrinkage of carrots during drying in an inert medium fluidized bed. *Journal of Food Engineering*, 55: 247-252.
- Hebbar. H. U., Kumar, A., and Ramesh, M. N. 2006. Suitability of thin layer models infrared-hot air-drying of onion slices. *Lebensmittel Wissenschaft Und Technologies*. 39. 700- 705.
- Kingsly, A.R.P, Meena, H.R., Jain, R.K., and Singh, D.B. 2007. Shrinkage of ber (*Zizyphus mauritian* L.) fruits during sun drying. *Journal of Food Engineering* 79: 6-10.



اولین همایش ملی علوم کشاورزی وزیرست محیطی ایران زمان برگزاری همایش ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۷

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع
طبیعی خوزستان



Kumar, A., and Tiwari, G.N. 2007. Effect of mass on convective mass transfer during open sun and greenhouse drying of onion flakes. Journal of food Engineering. V: 79. 1337- 1350.
Mujumda, A.S. 1995. Hand book of industrial drying, Marcell Dekker, INC. 597.

Nonhebel, G. 1973. Drying of solids in the chemical industry. Butterworth and co.LTD. England.

Sarsavadia, P.N. 2007. Development of a solar- assisted dryer and evaluation of energy requirement for the drying of onion. Renewable Energy. 32. 2529- 2947.

Nowak, D., and Lewiciki, P. 2004. Infrared drying of apple slices. Innovation food Science and Emerging Technologies. V: 65. 353- 360.

Yadollahinia, A., and Jahangiri, M. 2009. Shrinkage of potato slices during drying. Journal of Food Engineering, 94: 52-58.

Wang, Z., Sun, J., Liao, X., Chen, F., Zhao, G., Wu, J., & Hu, X. 2007. Mathemation modeling on hot air drying of Thin layer apple pomace. Food Research International. V: 40. 39- 46.