شماره:ت ف/۲۰۷۹
تاریخ: ۱۳۹۵/۱۱/۱۹

گواهی پذیرش مقاله

بدینوسیله گواهی می شود مقاله

"بررسی زمان خشک‌کردن گیاه خرفه به دو روش مادون قرمز-جابجایی"

نویسنده اول: حمیدرضا خلیفه
نویسنده دوم: مجید رهنما
نویسنده سوم: رسول معمار دستجردی

در بخش **" ارایه پوستر"**

پس از داوری در دومین همایش روش‌های افزایش ماندگاری فرآورده‌های غذایی پذیرفته شده است.

دکتر محمد حجتی
دبیرعلمی همایش

Investigation of Portulaca Olracea Drying Time with Infrared and Convection Methods

Hamid reza khalifeh[1], Majid Rahnama[2], Rasoul Memar dastjerdi[3]
rahnamam2002@yahoo.com

Abstract

Purslane or portulaca olracea is a thermophilic plant and its photosynthesis path is four carbons and tastes like spinach. Portulaca olracea is planted and consumed as a medicinal plant and a major vegetable in south of Iran. Recently, a lot of attentions are paid into its processing and pharmaceutical industries. This plant has high nutritional value and its leaf, stem and powder can be used in food industry and feed. The objective of this study was the investigation of Portulaca Olracea stem and leaf drying time in order to use its powder as feed which evaluated in infrared-convection methods. Experiments were conducted at three levels of temperature (50, 60, 70 ˚C), three levels of air flow rate (0.5, 1 and 1.5 m/s) with a thin layer. Results showed that the impact of temperature and air flow rate on drying time is significant and maximum drying time is related to hot air flow method and the minimum one is related to the infrared-hot air flow combined method.

Keywords: Drying, Time, Infrared, Portulaca Olracea

1- Master student Department of Agricultural Machinery, Khuzestan Ramin Agriculture and Natural resources University
2 - Assistant Professor Department of Agricultural Machinery, Khuzestan Ramin Agriculture and Natural resources University
3 - Assistant Professor Department of Agricultural Machinery, Khuzestan Ramin Agriculture and Natural resources University

بررسی زمان خشک‌کردن گیاه خرفه به دو روش مادون قرمز-جابجایی

حمیدرضا خلیفه[۴]، مجید رهنما[۵]، رسول معمار دستجردی[۶]

۱-۲ و ۳ دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

ایمیل نویسنده مسئول:

hamid_r_khalifeh@ymail.com

چکیده

خرفه با اسم علمی (portulaca olracea) و با نام انگلیسی (purslane) گیاهی گرما دوست که مسیر فتوسنتزی آن از نوع (C_4) و مزه شبیه به اسفناج دارد. خرفه به عنوان یک گیاه دارویی در مناطق جنوبی کشور به عنوان یک سبزی مهم مورد کشت و کار و مصرف قرار می‌گیرد و اخیراً توجه زیادی به صنایع تبدیلی و دارویی آن شده است. این گیاه ارزش غذایی بالایی دارد و از برگ و ساقه و پودر آن می‌توان در صنایع غذایی و خوراک دام استفاده کرد. هدف از این تحقیق بررسی زمان خشک شدن ساقه و برگ خرفه به منظور استفاده از پودر آن در خوراک دام در روش‌های خشک کردن مادون قرمز – جابجایی مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش‌ها در سه سطح دمایی ۵۰، ۶۰ و ۷۰ ° C، سه سطح سرعت هوا ۰/۵، ۱ و ۱/۵ (m/s) و با ضخامت لایه نازک انجام شد. نتایج بدست آمده حاکی از آن است اثر دما و سرعت جریان هوا بر مدت زمان خشک شدن معنی‌دار است و بیشترین مدت زمان خشک شدن مربوط به روش جریان هوای گرم و کمترین آن روش ترکیبی مادون قرمز و جریان هوای گرم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی : خشک کردن، مدت زمان، مادون قرمز، خرفه

۴. دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم، گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۵. استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۶. استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

مقدمه

خشک کردن به خارج کردن رطوبت از مواد جامد یا از مواد تقریبا جامد، به وسیله تبخیر گفته می‌شود. هدف‌های زیادی در ارتباط با رطوبت‌گیری از محصولات کشاورزی وجود دارد. که عمده‌ترین آنها عبارتند است از این که بتوان محصول را برای مدت زیادی ذخیره نمود. این هدف با کم کردن درصد رطوبت محصول تا حد قابل قبول برای محدود کردن رشد میکروب‌ها یا انجام دیگر واکنش‌ها انجام می‌شود. علاوه بر آن، کاهش درصد رطوبت باعث حفظ کیفیت محصول از قبیل طعم و ارزش غذایی می‌گردد. یک هدف دیگر از رطوبت گیری این است که حجم قابل ملاحظه‌ای از محصول کاسته شود این کار راندمان حمل‌ونقل و ذخیره سازی محصول را بالا می‌برد. یک هدف دیگر که تا حد کمتر آشکار می‌باشد این است که بتوان محصولی مناسب برای مصرف تولید نمود.

امروزه یکی از مشکلات اساسی در صنایع وابسته به کشاورزی ایران، افزایش تلفات محصول در مرحله خشک شدن به دلیل طولانی بودن زمان انجام این مرحله و استفاده از دماهای بالا برای خشک کردن محصول می‌باشد، درنتیجه مشکلاتی در بخش ذخیره کردن محصولات و عملیات پس از برداشت به وجود می‌آید، که سالانه خسارت زیادی را در این بخش متوجه کشاورزان و اقتصاد ملی می‌کند (مهاجران، ۱۳۸۳). اجرای فرآیند خشک کردن در مقیاس صنعتی با راندمان حرارتی بالا به همراه حفظ کیفیت ماده خشک شونده از اهمیت بالایی برخوردار است. با به کارگیری فناوری‌های جدید از قبیل خشک‌کن‌های با مکانیسم همرفتی یا تابشی، سرعت خشک شدن افزایش می‌یابد که نتیجه آن کاهش ضایعات و کاهش تلفات انرژی است (Sharma at., 2005).

یکی از روش‌های جدید در خشک کردن محصولات، استفاده از انرژی تشعشعی مادون قرمز می‌باشد. وقتی اشعه مادون قرمز به سوی 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 at.,2004). پهلوان‌زاده (۱۳۷۷) در تحقیقاتی نشان داد با استفاده از خشک‌کن‌های مادون قرمز سریع‌تر ازخشک‌کن‌های همرفتی می‌توان گرما را به طرف جسم متمرکز کرد. ولی در

خشک‌کن‌های همرفتی (جابه‌جایی) مقداری گرما توسط محیط اطراف جذب شده و تلف می‌شود، درحقیقت این روش بدون سوختن ماده، سرعت خشک شدن افزایش می‌یابد. 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).

یکی دیگر از روش‌های خشک کردن، استفاده از انرژی خورشیدی می‌باشد. انرژی خورشیدی یکی از مهم‌ترین منابع انرژی در نظر گرفته می‌شود، زیرا استفاده از انرژِی خورشیدی آزاد بوده هیچ کشوری نیاز به هزینه کردن برای استفاده از انرژی خورشیدی را ندارد (جلالی و همکاران، ۱۳۹۲). خشک‌کن‌های خورشیدی را می‌توان اولا بر اساس نوع و حالتی که انرژِی حرارتی خورشید را دریافت می‌کنند و ثانیا بر اساس بازده و هدف استفاده از خشک‌کن به سه دسته بزرگ خشک‌کن‌های خورشیدی مستقیم (سنتی)، خشک‌کن‌های متداول یا امروزی و خشک‌کن‌های متداول با تکنولوژی جدید تقسیم بندی کرد (Ramana., 2008). کشور ایران به دلیل شرایط مناسب اقلیمی در اغلب نقاط امکان دریافت بیش از ۱۰۰۰ تا ۸۰۰ ساعت آفتاب در فصول تابستان و پاییز برای بسیاری از شهرهای آن مکان بهره برداری از این نعمت خدادادی برای ما فراهم می‌باشد (سقطی، ۱۳۸۰).

خرفه گیاهی با اسم علمی *portulaca olracea* و با نام انگلیسی *purslane* از تیره پرتولاکاسه (*portulacaceae*) گیاهی گرما دوست که مسیر فتوسنتزی آن از نوع C_4 و مزه شبیه به اسفناج دارد. این گیاه سرعت رشد بالا و دوره رشد کوتاه، با ساقه‌ای بدون کرک، گوشتی و اغلب قرمز رنگ، دارای دانه‌های سیاه رنگ بسیار ریز، طول شاخه فرعی (اولیه و ثانویه) ممکن است به اندازه ساقه اصلی یا حتی بیشتر از آن باشد و به همین دلیل رشد بوته در تراکم کم دایره‌وار بوده و ساقه‌ها چندین بار منشعب می‌شوند. برگ‌ها به صورت متناوب یا شبیه متقابل آرایش یافته و اغلب در راس شاخه‌ها به صورت مجتمع دیده می‌شوند علاوه بر این برگ‌ها بدون کرک، ضخیم و گوشتی قایقی شکل با حواشی صاف و بدون دمبرگ می‌باشند. گل‌ها بدون دمبرگ و منفرد بوده و به صورت خوشه‌های انتهایی آرایش یافته‌اند و فقط صبح روزهای آفتابی باز می‌شوند (Waterhouse., 1994). این گیاه سالهاست که به صورت سالاد و به عنوان گیاه دارویی در تغذیه انسان استفاده می‌شود. شیرابه ساقه و برگ آن در برخی مناطق برای مداوای گزش نیش عقرب استفاده می‌شود. در جامئیکا به عنوان گیاه خنک کننده در زمان بروز تب استفاده می‌شود. در چین و هند شیرابه برگ‌های تازه به عنوان دارو و سرمه برای چشم و

جهت مداوای آبسه کاربرد داشته و در نیجیریه به صورت موضعی جهت مداوای تورم استفاده می‌شود. قسمت‌های مختلف آن برای درمان انگل‌های داخلی کاربرد داشته و به عنوان تصفیه کننده خون و شاداب سازی دستگاه گوارش پذیرفته شده است. ترکیبات متعددی نظیر استروئیدها، ویتامینها، مینرالها، اسیدهای چرب، آلکالوها و ساپونین از گیاه استخراج شده است (مباشیر و همکاران،۲۰۱۱). خرفه به عنوان یک گیاه دارویی در مناطق جنوبی کشور به عنوان یک سبزی مهم مورد کشت و کار و مصرف قرار می‌گیرد و اخیراً توجه زیادی به صنایع تبدیلی و دارویی آن شده است. خرفه دارای سطوح بالای پروتئین است (بر اساس گزارش های مختلف بین ۱۷ تا ۲۷ درصد) که در مقام مقایسه با سایر منابع تجاری با ارزش پروتئین گیاهی نظیر یونجه قرار داده می‌شود (Iravana at., 2003). قربانی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقاتی نشان دادن که استفاده از پودر ساقه و برگ خرفه در تغذیه جوجه‌های گوشتی تاثیر معنی‌داری بر افزایش وزن آنها داشت.

از آنجای که برای بدست آوردن پودر ساقه خرفه ابتدا نیاز به خشک کردن ساقه گیاه می‌باشد و با توجه به تحقیقات به عمل آمده و مقالات منتشر شده‌ی در دسترس، به نظر می‌رسد تا کنون هیچ مطالعات در مورد خشک کردن ساقه گیاه خرفه صورت نگرفته است لذا در این تحقیق زمان خشک کردن محصول مورد نظر به دو روش مادون قرمز و خورشیدی مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آماده سازی نمونه‌ی گیاهی

قسمت‌های هوای (ساقه و برگ) گیاه خرفه مورد استفاده از مزرعه کشت شده در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان به صورت روزانه جمع‌آوری می‌شد.

اندازه‌گیری رطوبت (mc): نمونه‌های ۱۰۰ گرمی گیاه خرفه پس از توزین به وسیله ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم، جهت تعیین مقدار رطوبت توسط آون اتوماتیک در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. و سپس مقدار رطوبت اولیه بر حسب وزن تر به دست آمد (سوسیال و همکاران، ۲۰۰۶) (Soysal). مقدار رطوبت بر مبنای وزن تر با استفاده از معادله (۱) ۱۰٪ بدست آمد.

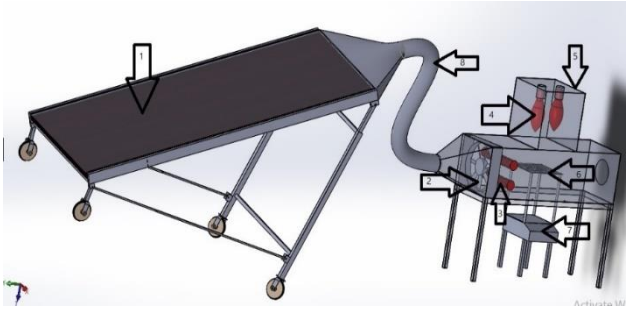
$$MC_{wb} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

که در این رابطه MC_{wb} درصد رطوبت بر مبنای تر، m_1 وزن نمونه قبل از خشک کردن (گرم)، m_2 وزن نمونه بعد از خشک کردن (گرم) می‌باشد.

آزمایشات خشک کردن

خشک کردن با مادون قرمز: برای این منظور نمونه‌های ۱۰۰ گرمی برگ و ساقه خرفه روی سینی فلزی مربعی به ابعاد ۲۵×۲۵ سانتی‌متر مربع به گونه‌ای چیده شد که روی سینی لایه‌ای از محصول قرار گرفته بود. داخل محفظه خشک‌کن به دو لامپ مادون‌قرمز ۲۵۰ وات مجهز شده بود در طول دوره خشک شدن، وزن نمونه‌ها به وسیله ترازوی دیجیتالی که زیر سینی محصول قرار داشت در هر ۳۰ دقیقه اندازه‌گیری و ثبت می‌شد و خشک‌کردن تا زمان ثابت شدن وزن نمونه‌ها (تقریبا رطوبت ۱۰ درصد بر پایه تر) که رطوبت مطلوب برای گیاهان دارویی است ادامه داشت.

خشک کردن با هوای گرم: برای این منظور مراحل خشک کردن با مادون‌قرمز تکرار می‌شد با این تفاوت که لامپ مادون‌قرمز خاموش بوده و هوای گرم مورد نیاز با استفاده از یک کلکتور خورشیدی توسط یک فن که در محظه خشک‌کن قرار داشت مکیده شده و با عبور از المنت‌های که به صورت اتوماتیک (دمای محفظه خشک کن کمتر از دمای مورد نیاز باشد) روشن می‌شد و سپس به طرف محصول هدایت می‌شود (شکل ۱).



شکل (۱) شماتیک خشک‌کن ترکیبی مادون قرمز- خورشیدی ۱- کلکتور خورشیدی ۲- فن ۳- گرمکن (المنت) ۴-لامپ مادون قرمز ۵- محفظه مادون قرمز ۶- سینی محصول ۷- ترازو ۸- کانال رابط

این آزمایشات به وسیله آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده نرم‌افزار(SPSS)و کلیه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد و پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند. برای خشک کردن، روش‌های خشک‌کردن به طور مجزا بررسی گردیدند. به این صورت که هر کدام از روش‌های خشک‌کردن در سه سطح دمای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس در سه سطح سرعت جریان هوای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه و در سه تکرار انجام شد.

نتایج و بحث

در این تحقیق برای بررسی زمان خشک شدن محصول در شرایط مختلف با تغییرات دما و سرعت جریان هوا، تغییرات نسبت رطوبت در دو روش مادون قرمز، جریان هوای گرم و روش ترکیبی جریان هوای گرم – مادون قرمز مورد بحث و بررسی قرار گرفت. سپس مدت زمان خشک شدن محصول به ازای سه دمای مختلف و سه سرعت جریان هوا ورودی متفاوت در هر دو روش خشک کردن در قالب طرح آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت.

جدول۱-۱ تجزیه واریانس زمان خشک شدن گیاه خرفه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات روش‌های خشک کردن		
		جریان هوای گرم	مادون قرمز	ترکیبی
سرعت جریان هوا	۲	۵۹۵۸۲/۶۸**	۳۲۱/۲۰**	۲۱۵/۴۸**
دما	۲	۶۷۲۵۱/۴۲**	۴۳۸۱/۲۷**	۳۴۸/۵۶**
دما + سرعت جریان هوا	۴	۵۲۶۱/۷۸*	۲۱۱/۸۸**	۱۰۵۱/۴**
خطا	۱۶			

*معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ** معنی‌دار در ۱ درصد

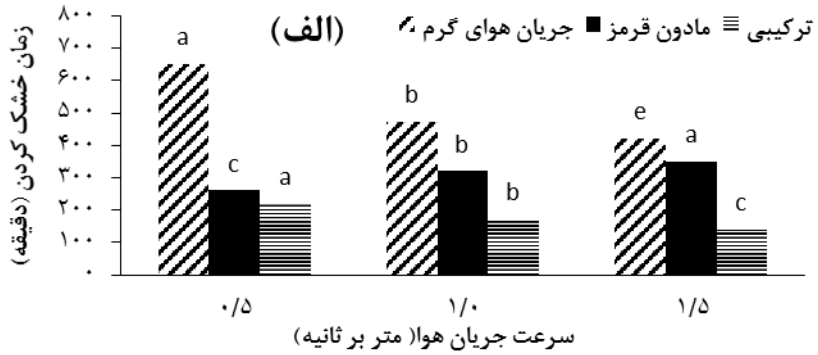
بر اساس نتایج تجزیه واریانس جدول (۱-۱) اثر فاکتورهای دما و سرعت جریان هوای ورودی در هر دو روش جریان هوای گرم و مادون قرمز بر زمان خشک شدن گیاه خرفه در سطح یک درصد معنی دار است. از طرفی اثرات متقابل دوگانه دما و سرعت جریان هوا، در سطح احتمال یک درصد در روش مادون قرمز و در سطح احتمال ۵ درصد در روش جریان هوای گرم

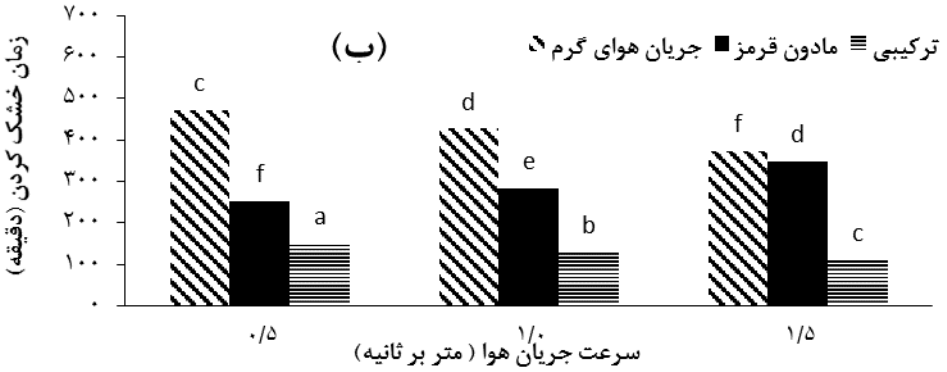
معنی‌دار است. معنی دار شدن اثرات دو گانه نشان می دهد که هر کدام از عوامل دما، سرعت جریان هوا علاوه بر تاثیر مستقل به صورت مجزا عمل نکردند و برای بررسی باید اثرات متقابل را در نظر داشت.

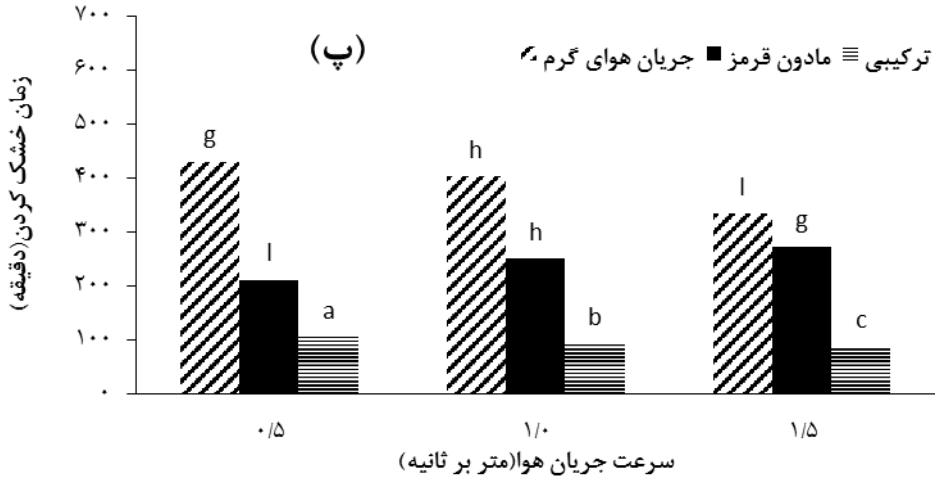
بررسی اثر دما و سرعت جریان هوا در روش مادون قرمز

با توجه به شکل ۲ دما بر شدت خشک کردن ساقه گیاه خرفه تاثیر معنی‌داری داشت به این صورت که با افزایش دما، میزان از دست رفتن رطوبت در ماده خشک شونده افزایش یافته و سبب کاهش زمان خشک شدن می‌گردد.

در روش خشک کردن با مادون قرمز با افزایش سرعت جریان هوا از ۰/۵ به ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه موجب افزایش زمان خشک شدن محصول شد. دلیل این موضوع را می‌توان به خنک شدن سطح محصول توسط جریان هوا دانست، به طوری که با افزایش سرعت جریان هوا سطح محصول خنک‌تر شده و گرادیان حرارتی در داخل محصول کاهش می‌یابد و در نتیجه زمان خشک شدن محصول افزایش می‌یابد. در این روش در سرعت جریان های هوای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه و دمای ۵۰ در جه سانتی گراد اختلاف زمان خشک شدن ۱۲۰، ۱۶۳ و ۱۷۱ دقیقه، دمای ۶۰ درجه سانتی گراد اختلاف زمان خشک شدن به ترتیب ۱۰۰، ۱۴۷ و ۱۶۱ دقیقه و دمای ۷۰ درجه سانتی گراد اختلاف زمان خشک شدن به ترتیب ۷۰، ۱۰۳ و ۱۱۵ دقیقه معنی دار بودند این نتایج مطابق پژوهش امیر نجات و همکاران (۱۳۹۰) در ارتباط با خشک کردن قارچ دکمه‌ای به روش مادون قرمز و موسوی و همکاران (۱۳۹۴) در ارتباط با خشک کردن خرمالو با روش مادون قرمز مطابقت داشت.


(الف)
ترکیبی مادون قرمز جریان هوای گرم
زمان خشک کردن (دقیقه)
سرعت جریان هوا(متر بر ثانیه)
۰/۵
۱/۰
۱/۵


(ب)
ترکیبی مادون قرمز جریان هوای گرم
زمان خشک کردن (دقیقه)
سرعت جریان هوا (متر بر ثانیه)
۰/۵
۱/۰
۱/۵


(پ)
ترکیبی مادون قرمز جریان هوای گرم
زمان خشک کردن(دقیقه)
سرعت جریان هوا(متر بر ثانیه)
۰/۵
۱/۰
۱/۵

شکل (۲) مقایسه میانگین زمان خشک کردن به روش تابش مادون قرمز، جریان هوای گرم در سرعت‌های مختلف و دمای الف-۵۰°C ، ب- ۶۰°C و پ- ۷۰°C

بررسی اثر دما و سرعت جریان هوا در روش جریان هوای گرم

در بررسی عوامل سرعت جریان هوا و دما مشخص شد که در روش جریان هوای گرم با افزایش سرعت جریان هوا زمان خشک شدن محصول کاهش می یابد (شکل۲). علت این پدیده این است که با افزایش سرعت جریان هوا فشار بخار محیط کاهش یافته و در نتیجه رطوبت محصول برای خروج با مقاومت کمتری روبرو خواهد شد. و با سرعت بیشتری از آن خارج می گردد . که در روش جریان هوای گرم، زمان مورد نیاز برای گرم کردن کل جرم محصول تا دمای تبخیر از طریق رسانای گرما به درون آن، به دلیل هدایت گرمایی آن، طولانی می‌باشد و از طرف دیگر، چون خشک شدن محصول ابتدا در لایه خارجی آن صورت می‌گیرد. سطح ماده خشک شده و نفوذپذیری آن کاهش پیدا می‌کند (پدیده سخت شدگی). این لایه سخت شده، مانعی در مقابل پخش رطوبت در سطح محصول ایجاد می‌کند و خروج رطوبت را از محصول طولانی می‌نماید. در روش جریان هوای گرم و در سرعت های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر برثانیه در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد اختلاف زمان خشک شدن به ترتیب ۲۵۵، ۱۴۰ و ۱۰۵ دقیقه، و در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد، ۱۴۸، ۱۲۵ و ۷۸ دقیقه و در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد، ۱۱۵، ۱۰۸ و ۵۸ دقیقه معنی دار هستند اما در روش تابش مادون قرمز، به دلیل اینکه امواج مادون قرمز در محدوده طول موج‌های قابل جذب توسط آب هستند، با جذب این امواج توسط رطوبت موجود در محصول و ارتعاش مولکول‌های آب، گرما در درون محصول تولید می‌شود و مشکلات مربوط به هدایت گرمایی و خشک شدن لایه سطحی تا حدود زیادی کاهش می‌یابد و در نتیجه زمان خشک شدن کاهش می‌یابد (مهاجران، ۱۳۸۳).

بررسی اثر دما و سرعت جریان هوا در روش جریان هوای گرم

در بررسی اثرات متقابل روش خشک کردن، دما و سرعت جریان هوا مشخص گردید که زمان خشک شدن در خشک کردن به روش ترکیبی مادون قرمز- جریان هوای گرم در سه دمای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی گراد و سه سرعت ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه از زمان خشک شدن به دو روش جریان هوای گرم وتابش مادون قرمز کوتاه‌تر بود. این موضوع به این علت است

که در روش ترکیبی جریان هوای گرم- مادون قرمز انتقال حرارت همزمان به صورت تابشی و جابجایی صورت می گیرد، در حالی که در روش مادون قرمز انتقال حرارت به صورت تابشی و در روش جریان هوای گرم انتقال حرارت به صورت جابجایی انجام می شود.

نتیجه‌گیری

۱- در دو روش تابش مادون قرمز و جریان هوای گرم عامل سرعت جریان هوا بر زمان خشک شدن معنی‌دار می‌باشد به طوری که در روش جریان هوای گرم با افزایش سرعت جریان هوا زمان خشک کردن کاهش یافته و اما در روش تابش مادون قرمز با افزایش سرعت جریان هوا زمان خشک شدن افزایش یافته است.

۲- خشک کردن به روش ترکیبی زمان خشک کردن را نسبت به روش مادون قرمز و روش جریان هوای گرم کاهش می‌دهد.

۳- اثرات دو گانه متغییرهای روش خشک کردن، دما و سرعت جریان هوا تاثیر معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر روی مدت زمان خشک کردن دارند به این صورت که با افزایش دما و سرعت جریان هوا و استفاده از روش ترکیبی زمان لازم برای انجام فرایند خشک شدن کاهش یافته است.

منابع

۱. استرامیلو، س . کودرا (۱۳۷۷) خشک‌کردن، اصول، کاربرد و طراحی، (توکلی پهلوان زاده، حمید). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. (۱۹۸۷).

۲. جلالی، مجید.، ساری، بنامین. ۱۳۹۲. دومین همایش ملی انرژهای نو و پاک. صفحات ۲۰-۱.

۳. سقطی، اصغر. ۱۳۸۰. اصول و کاربرد انرژی خورشیدی. انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران. ص ۱۲۰.

۴. قربانی، محمد رضا.، بوجارپور، محمد.، میاحی، منصور.، فیاضی، جمال.، طباطبایی، فاطمی. و طباطبایی، صالح، ص. ۱۳۹۲. تاثیر گیاه خرفه بر عملکرد و خصوصیات لاشه جوجه‌های گوشتی. مجله دامپزشکی ایران، ۹ (۴). صص۱۲۲-۸۸

۵. مهاجران، حسین. ۱۳۸۳. ساخت خشک‌کن تابش مادون قرمز آزمایشگاهی برای خشک‌کردن شلتوک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس. ص ۸۷.

۶. امیرنجات، حامد.، خوش تقاضا، محمد، هادی. ه. و پهلوان‌زاده، حمید. ۱۳۹۰. تعیین سنتیک خشک شدن لایه نازک قارچ خوراکی به روش تابش مادون قرمز. مجله مهندسی بیوسیستم ایران (۴۲)۱. صص ۶۱-۳۵.

۷. موسوی، سعید.، فرهمند، علی و تقی زاده، محمد. ۱۳۹۴. مدل سازی خشک کردن لایه نازک خرمالو به دو روش هوای داغ و مادون قرمز. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره۵۳. صص ۱۷۰-۱۶۱.

8. Datta, A.K. 2002. Infrared and hot air assisted microwave heating of foods for control of surface moisture, Journal of food Engineering. 355 -364.
9. Iravana, D., Hariyadi, P. and Wijaya, H. (2003). The Potency of Krokot (Portulaca oleracea) as functional food ingredients. Inddonesian food and Nutrition Progress, 10(1):1-12.
10. Mubashir, H., Bahar, A., Showkat, R. M., Bilal, A. Z. and Nahida, T. 2011. Portulaca oleracea L. A reviw. Journal of Pharmacy Research. 4(9): 3044.3048.
11. Nowak, D., and Lewiciki, P. 2004. Infrared drying of apple slices. Innovation food Science and Emerging Technologies. V: 65. 353- 360.
12. Ramana, M.V. 2008. A review of new Technologies, model and experimental investigation of solar driers. RSER- 548: 10.
13. Sharma, G.P., Verma, R.C., and Pathare, P.B. 2005. Matematical modeling of infrared radiation Thin layer drying of onion slices. Journal of food Engineering. V: 71. 282- 286.
14. Soysal, Y., Oztekin, S., and Eren, O. 2066. Microwave Drying of Parsley: Modelling Kinetics, and Energy Aspects. Bio systems Engineering, 4: 403-413.
15. Waterhouse, D. E. 1994. Biological Control of Weeds:Southeast Asian Prospects. Australian Centre for Intemational Agricultural Research.