نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

مقایسه تغییرات آسکوربیک اسید در فرایند خشک کردن گوجه‌فرنگی به روش‌های جریان هوای گرم، مایکروویو و ترکیبی

صدف محبی[1*]، پرویز احمدی مقدم[2] و فاروق شریفیان[2]
۱ و ۲ – به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه
ایمیل مکاتبه کننده: S.mohebi89@gmail.com

چکیده

خشک کردن در سیستم‌های صنعتی روندی رو به رشد را نشان می‌دهد که ریشه در انتظارات مصرف‌کنندگان دارد. امروزه تولید مواد غذایی با کیفیت یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های کارخانه‌های تولید محصولات فراوری شده می‌باشد. در این تحقیق با به کارگیری یک دستگاه خشک‌کن مایکروویو و جریان هوای گرم، مقادیر آسکوربیک اسید گوجه-فرنگی خشک شده به سه روش مایکروویو، جریان هوای گرم و ترکیبی میکروویو – جریان هوای گرم مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش دمای خشک کردن مقدار آسکوربیک اسید کاهش می‌یابد و بیشترین کاهش آسکوربیک اسید در تیمار با بیشترین دما ملاحظه شد(۷۳/۴٪). همچنین در روش مایکروویو کمترین مقدار آسکوربیک اسید نمونه‌های خشک شده در چگالی توان سه وات بر گرم با کاهش ۶۹/۷٪ درصدی نسبت به نمونه تازه بدست آمد. در روش ترکیبی تغییرات آسکوربیک اسید معنادار بوده و در طول خشک کردن در تیمار دمایی ثابت با افزایش چگالی توان، مقادیر آسکوربیک اسید بیشتر حفظ شده است.

واژه‌های کلیدی: گوجه فرنگی، مایکروویو، جریان هوای گرم، ترکیبی، آسکوربیک اسید

مقدمه

گوجه‌فرنگی از معمول‌ترین سبزیجات تولید شده در جهان است. ایران با تولید ۶۰۰۰۰۰۰ تن گوجه‌فرنگی به ارزش اقتصادی برابر با ۲۲۱۷۳۸۴۰۰۰ دلار آمریکا رتبه ششم تولید را بعد از کشورهای چین، هند، ایالات متحده، ترکیه و مصر به خود اختصاص داده است (fao,2012). گوجه‌فرنگی دارای موادی مانند کارتنوئید لیکوپن قرمز رنگ، فنولیک اسیدها (مخصوصا کلروژنیک اسید) و آسکوربیک اسید است که برای سلامتی مفید هستند (اسلیمستاد و ورهول، ۲۰۰۹).

خشک کردن در سیستم‌های صنعتی، بدون وابستگی به شرایط جوی انجام می‌پذیرد و پارامترهای مؤثر بر روی شاخص‌های کیفی محصول مانند درجه حرارت، سرعت جا به جایی هوا، رطوبت نسبی و غیره تحت کنترل است (زیرجانی و توکلی‌پور، ۱۳۸۹).

تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات فراوری شده‌ای که خواص اولیه خود را حفظ کرده باشند، روز به روز افزایش می‌یابد. در شرایط صنعتی این مسئله مستلزم بهبود شرایط فراوری است تا اینکه اثرات مضر فراوری کاهش یابد. در خشک کردن محصولات کشاورزی و مواد غذایی اتلاف مواد، تغییر عطر و طعم محصول، تغییرات در رنگ و بافت و همچنین کاهش در مقادیر مواد مغذی باعث کاهش کیفیت محصول می‌شود (floz,1988). در سال‌های اخیر توجه بیشتری به کیفیت محصولات خشک شده معطوف شده و تحقیقات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است (McMinn et al, 1997 ؛ mit et al, 1998، agilra,2013).

در طول خشک کردن، مواد غذایی رطوبت خود را از دست می‌دهند که به اشباع مواد مغذی در حجم باقیمانده از آنها منجر می‌شود. مواد دیگر همچون آسکوربیک اسید تا وقتی که رطوبت به کمترین حد خود برسد محلول بوده و با دیگر محلول‌ها در نرخ‌های بالا واکنش می‌دهد. در مواد غذایی با رطوبت زیاد آسکوربیک اسید به دماهای بالا حساس است. اتلاف قابل توجه آسکوربیک اسید در طول خشک کردن گوجه‌فرنگی و تفاله آن در دماهای بالا گزارش شده است (dovanto et al, 2002، jiovanli et al 2002 ؛ toor et al, 2006). تحقیقات دیگر بسیاری نیز نشان داده که بیشترین کاهش آسکوربیک اسید در سطوح رطوبتی خاصی اتفاق می‌افتد. از آنجایی که آسکوربیک اسید در بین مواد مغذی موجود در میوه‌ها و سبزیجات، بیشترین حساسیت را به دما دارد، باید در محصولات با رطوبت بالا از دماهای پایین در شروع فرایند خشک کردن استفاده شود، سپس با پایدار شدن اسید آسکوربیک به علت کاهش آهنگ تبخیر رطوبت، دما را افزایش داد (skin et al,).

الهرهشه و همکاران (۲۰۰۹)، از انرژی مایکروویو برای خشک‌کردن برگه‌های گوجه‌فرنگی استفاده کردند و مشاهده کردند که افزایش توان مایکروویو سبب کاهش زمان خشک‌شدن می‌شود.

ساریمسلی (۲۰۱۱)، از انرژی مایکروویو برای خشک‌کردن برگ‌های گشنیز استفاده کرد و به این نتیجه رسید که عمل خشک‌کردن با استفاده از انرژی مایکروویو نسبت به روش‌های دیگر در مدت زمان خیلی کوتاه انجام می‌گیرد. همچنین نتایج کیفی تحقیق حاکی از آن بود که برگ‌های گشنیز خشک‌شده با انرژی مایکروویو از لحاظ رنگ و بو تفاوت معنی‌دار با برگ‌های گشنیز تازه ندارند.

دمیرای و همکاران (۲۰۱۳)، کاهش لیکوپن و آسکوربیک اسید را در گوجه فرنگی در طی خشک کردن با هوای گرم مطالعه کردند. نتایج تحقیق نشان داد که کاهش لیکوپن، بتاکاروتن و آسکوربیک اسید تحت تأثیر دما و زمان خشک کردن می‌باشد و با افزایش دما و طولانی شدن زمان خشک کردن این پارامترها کاهش چشمگیری دارند. این محققین بهترین دما برای خشک کردن محصول را با در نظرگیری حفظ کیفیت محصول زیر ۷۰ درجه سیلسیوس پیشنهاد دادند.

تحقیقات فراوانی در زمینه مصارف انرژی و سینتیک خشک شدن محصولات کشاورزی به روش‌های مختلف انجام گرفته است. اما محققین توجه کمتری به مطالعه تغییرات پارامترهای کیفی محصولات مختلف کشاورزی بخصوص گوجه‌فرنگی داشته‌اند و همچنین نظر به اینکه تحقیقات بسیار محدودی در زمینه استفاده همزمان از انرژی مایکروویو و جریان هوای گرم صورت گرفته است، تعیین مقادیر آسکوربیک اسید در فرایند خشک کردن گوجه-

فرنگی به روش‌های مختلف جنبه نوآوری داشته و حائز اهمیت می‌باشد. در این تحقیق مقادیر آسکوربیک اسید محصول گوجه‌فرنگی قبل و بعد از خشک کردن به سه روش جریان هوای گرم، مایکروویو و ترکیبی مایکروویو – جریان هوای گرم اندازه‌گیری شده است، تا اینکه بهترین شرایط خشک‌کردن محصول گوجه‌فرنگی برای رسیدن به مطلوب‌ترین شرایط کیفی نهایی از نظر مقادیر آسکوربیک اسید معین شود.

مواد و روش‌ها

گوجه‌فرنگی تازه از یک گلخانه محلی در شهرستان نقده واقع در استان آذربایجان غربی خریداری شد. محصول خریداری شده تا قبل از شروع آزمایشات به منظور حفظ طراوت و تازگی به یخچال انتقال داده شده و در دمای C °۱± ۴ نگهداری می‌شد. برای تعیین رطوبت اولیه نمونه‌ها در طول آزمایشات از استاندارد AOAC استفاده شد. چهار نمونه به طور تصادفی انتخاب کرده و پس از برش طولی نمونه‌ها، هریک از آن‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم (EK4000 – Japan) توزین شدند. سپس نمونه‌ها به آون منتقل شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵°C قرار گرفتند. رطوبت اولیه نمونه‌ها با استفاده از معادله (۱) و (۲) بر پایه تر محاسبه شد و ۹۴/۵ ٪ بدست آمد [AOAC، ۲۰۰۰].

$$MC_{w.b} = \frac{M_w}{M_T} * 100 \qquad (۱)$$

$$M_w = M_T - M_d \qquad (۲)$$

که در این رابطه:

$MC_{w.b}$: محتوای رطوبتی بر پایه تر

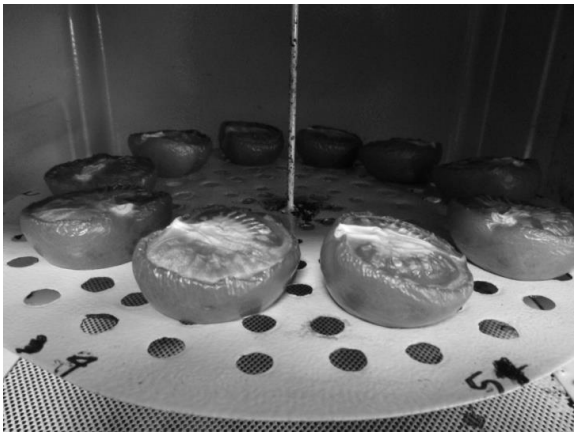
M_w: جرم آب موجود در نمونه (گرم)

M_T: جرم کل (گرم)

M_d: جرم نمونه خشک شده (گرم)

پس از آماده‌سازی محصول، نمونه‌ها به صورت تک لایه بر روی سینی محفظه خشک‌کن قرار داده شده به صورتی که هیچ تماسی بین نمونه‌ها وجود نداشته باشد. عملیات خشک کردن با استفاده از یک دستگاه خشک‌کن که در گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه طراحی و ساخته شده صورت گرفت (hazer vazifeh et al, 2011). خشک‌کن ساخته شده دارای سه کاربرد جداگانه است و می‌تواند به صورت خشک‌کن مایکروویو، خشک‌کن جریان هوای گرم و همچنین خشک‌کن ترکیبی مایکروویو و جریان هوای گرم مورد استفاده قرار گیرد. روش جریان هوای گرم خشک کردن با سه تیمار دمایی ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس، روش مایکروویو در سه تیمار با

چگالی توان‌های ۱، ۲ و ۳ وات بر گرم و روش ترکیبی مایکروویو – جریان هوای گرم با نه تیمار (چگالی توان – دما: ۱–۶۰، ۱–۷۰، ۱–۸۰، ۲–۶۰، ۲–۷۰، ۲–۸۰، ۳–۶۰، ۳–۷۰، ۳–۸۰) برای خشک کردن مورد استفاده قرار گرفتند.



شکل ۱- نمای کلی قرار گرفتن نمونه‌ها بر روی سینی محصول

در هر تکرار هشت نمونه گوجه‌فرنگی نصف شده با وزن ۵ ± ۵۰۰ گرم بر روی سینی محصول با یک ترتیب مشخصی قرار داده شدند. آزمایش‌ها تا زمانی ادامه داشت که رطوبت نهایی نمونه‌ها به ۱۵٪ بر پایه تر برسد. لازم به ذکر است قبل از خشک کردن به هر سه روش گفته شده، از هیچ نوع پیش‌تیماری در نمونه‌ها استفاده نشده است. پس از خشک کردن، نمونه‌ها به دقت و براساس نامگذاری انجام شده از سینی برداشته شده و بلافاصله پس از سرد شدن، ابتدا در کیسه‌های نایلونی و سپس در فویل آلومینیومی برای آزمایشات بعدی پیچیده و بسته‌بندی شدند تا از آسیب نور و اکسیژن در امان باشند. نمونه‌های خشک شده برای ادامه روند آزمایشات در دمای ۲۰° C- در فریزر نگه‌داری می‌شدند.

اندازه‌گیری آسکوربیک اسید در نمونه‌های تازه و خشک شده تیمارهای مختلف تحقیق به روش تیتراسیون یدومتری انجام گرفت. شناساگری که در این فرایند مورد استفاده قرار گرفت، چسب نشاسته می‌باشد. نمونه‌های بسته‌بندی شده گوجه‌فرنگی خشک شده از فریزر خارج شدند تا به دمای محیط برسند. سپس نمونه‌ها در یک مخلوط‌کن به هم زده شدند تا نمونه یکنواختی حاصل شود. پنج گرم از نمونه تازه یا خشک شده با استفاده از یک ترازوی دیجیتال (AND, model FA2104N, Japan) با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و به ۳۰ میلی‌لیتر اگزالیک اسید ۴٪ اضافه گردید. مخلوط را بر روی دستگاه اولتراسوند (Euronda 4D, Italy) قرار گرفته و به خوبی به هم زده شد. سپس مقدار ۲۰ میلی لیتر از مخلوط را در دو لوله فالکون ریخته و در دستگاه سانتریفیوژ (Hettich, D-78532 Tuttlingen, Germany) قرار داده تا به مدت پنج دقیقه سانتریفیوژ شود و برای ادامه آزمایش محلول شفافی از نمونه بدست آید. در ادامه پس از سانتریفیوژ، ۱۰ میلی‌لیتر از محلول شفاف بدست آمده را در یک ارلن ریخته و یک میلی‌گرم چسب نشاسته را به عنوان شناساگر به آن اضافه می‌شود و عمل تیتراسیون آغاز می‌گردد. در تیتراسیون با واکنش ید با آسکوربیک اسید محلول زرد رنگ ید به آرامی در محلول ایجاد شده محو می‌شود. نقطه پایانی

تیتراسیون زمانی است که به علت واکنش نشاسته با ید، کمپلکس آبی رنگی ایجاد می‌شود. سپس حجم استفاده شده از ید را یادداشت کرده و مقدار آسکوربیک اسید بر حسب mg/100g dry matter محاسبه می‌شود. محاسبه میزان آسکوربیک اسید با در دست داشتن مول ید تیتر شده انجام پذیرفت. بدین صورت که میزان حجم مصرفی ید (I_3^-) در مقدار مول آن یعنی ۰/۰۰۱ مولار ضرب می‌شود. از تعداد مول‌های ید، تعداد مول‌های اسید آسکوربیک تعیین و با توجه به حجم اولیه محلول که ۳۰ میلی‌لیتر است و حجم استفاده شده در تیتراسون، ۱۰ میلی‌لیتر، مولار آسکوربیک اسید در لیتر محاسبه شد. سپس با ضرب کردن عدد بدست آمده در جرم مولی آسکوربیک اسید، ۱۷۶/۱۲ گرم بر مول، مقدار آسکوربیک اسید به صورت گرم در لیتر محاسبه شد و سرانجام به صورت mg/100g dry matter گزارش شد.

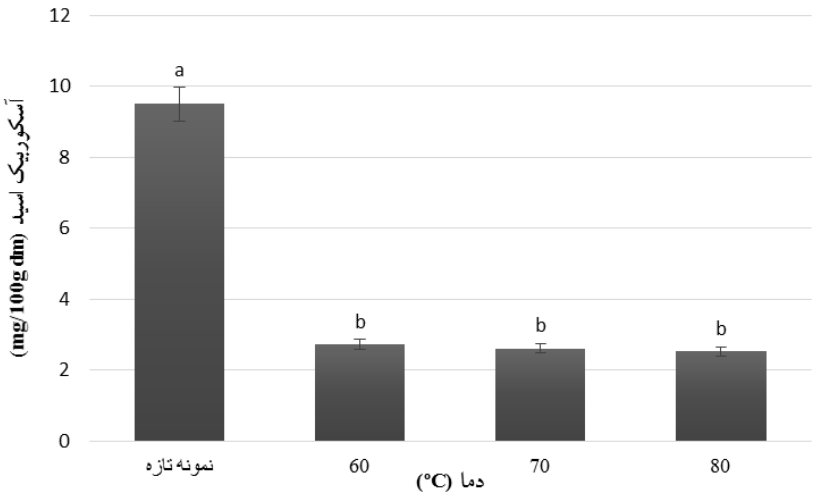
برای آنالیز آماری نتایج بدست آمده تحلیل واریانس یک طرفه مورد استفاده قرار گرفت. این کار با استفاده از نرم-افزار SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) ورژن ۹/۲ انجام گرفت. همچنین از آزمون توکی برای مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵٪ استفاده شده است.

نتایج و بحث

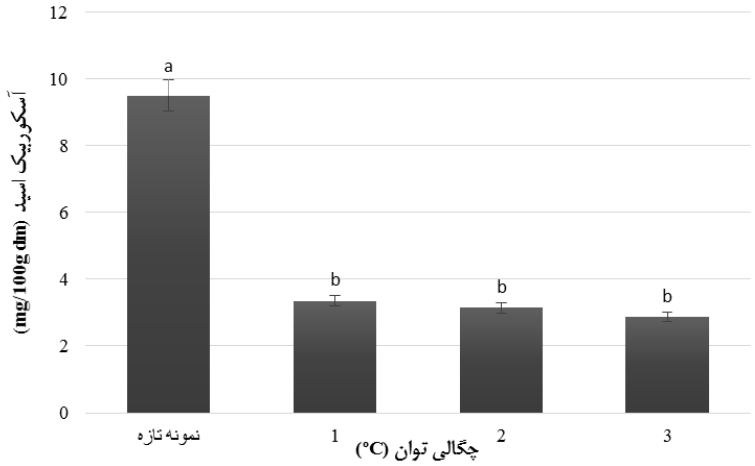
شرایط مختلفی در طی خشک کردن از جمله دما، نور، اکسیژن، زمان خشک کردن و موارد دیگر موجب کاهش آسکوربیک اسید در میوه‌ها و سبزیجات می‌شوند (moze et al,1991). به همین سبب در بسیاری از تحقیقات آسکوربیک اسید به عنوان شاخص کیفی در فرایند خشک کردن مورد آنالیز قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که شرایط خشک کردن به تنهایی در سینتیک کاهش آسکوربیک اسید در میوه‌ها و سبزیجات تاثیرگذار نیست و عوامل زیادی بر روی این کاهش تاثیر دارند که موجب پیچیده شدن تحلیل این مسئله در طی خشک کردن می‌شود.

مقدار آسکوربیک اسید در نمونه‌های تازه گوجه فرنگی ۹/۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم محصول بدست آمد. مقادیر آسکوربیک اسید در نمونه‌های خشک شده به روش جریان هوای گرم در شکل ۲ نشان داده شده است. با افزایش دمای خشک کردن مقدار آسکوربیک اسید کاهش می‌یابد که این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نیست. بیشترین کاهش آسکوربیک اسید در تیمار با بیشترین دما ملاحظه شد (۷۳/۴٪). نتایج مشابهی در تحقیقات (erntork et al 2005,) در میوه گیاه رز، (guala et al 2006) در گوجه فرنگی و (alzobidy et al, 2007) در آب لیمو مشاهده شد. در تحقیقات ، (marfill et al, 2008)، ، (toro et al , 2006۲)، (karkhofes et al, 2005)، (zanooni et al ,1999) در خشک کردن گوجه‌فرنگی مقدار آسکوربیک اسید بسیار کم بوده یا اینکه هیچ مقداری در محصول پس از خشک کردن باقی نمانده است. (guala et al 2006)و (zanooni et al 1999,)گزارش کردند که تلفات آسکوربیک اسید در نمونه‌های خشک شده گوجه فرنگی ۹۰٪ و بالاتر می‌باشد. آسیب‌های دمایی و واکنش‌های اکسایشی برگشت ناپذیر و همچنین مدت زمان طولانی سه علت عمده در کاهش آسکوربیک اسید در طی فرایند خشک کردن می‌باشند.

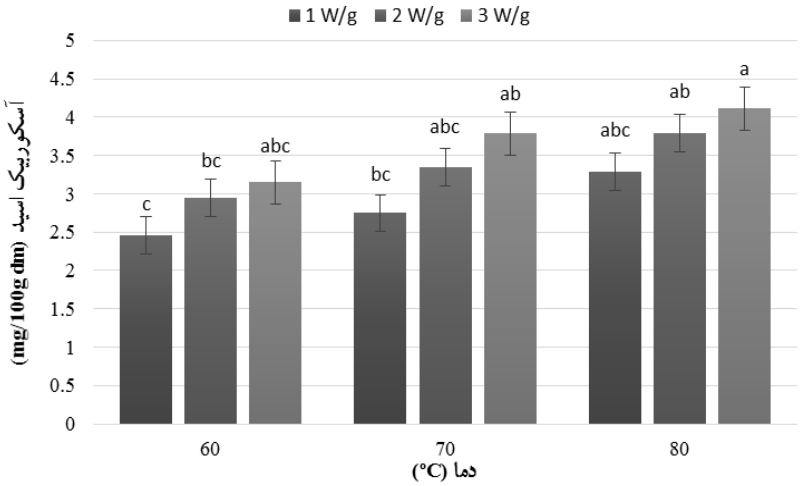
تاثیر خشک کردن به روش مایکروویو بر روی مقادیر آسکوربیک اسید نیز در شکل ۳ نشان داده شده است. مقادیر آسکوربیک اسید با افزایش چگالی توان تغییرات معنی‌دار نداشته و با افزایش چگالی توان در روش مایکروویو، این مقادیر رفته رفته کمتر می‌شوند. به طوری که کمترین مقدار در چگالی توان سه وات بر گرم با کاهش ۶۹/۷٪ درصدی بدست آمد. علت این امر را می‌توان این گونه بیان کرد که امواج الکترومغناطیسی مایکروویو موجب تخریب ساختار آسکوربیک اسید در طول فرایند خشک کردن می‌شود. نتایج مشابهی نیز در تحقیقات ، (kharaysheh, et al ,2004) در خشک کردن سیب زمینی مشاهده شد. آنها نتیجه‌گیری کردند که با افزایش زمان خشک کردن تلفات آسکوربیک اسید بیشتر می‌شود. (ozakan et al, 2007) بیان کردند که کاهش سطح آسکوربیک اسید در نمونه‌های اسفناج بستگی به زمان خشک کردن دارد و از آنجایی که زمان خشک کردن در روش مایکروویو بستگی به چگالی توان آن دارد، پس تلفات آسکوربیک اسید با زمان خشک کردن در ارتباط است. مقادیر آسکوربیک اسید در خشک کردن به روش ترکیبی مایکروویو – جریان هوای گرم در شکل ۴ ارائه شده است. تغییرات مقادیر آسکوربیک اسید در این روش معنادار بوده و در طول خشک کردن در تیمار دمایی ثابت با افزایش چگالی توان، مقادیر آسکوربیک اسید بیشتر حفظ شده است. حتی در تیمارهای چگالی توان ثابت با افزایش دما، مقدار آسکوربیک اسید بیشتر حفظ شده است. این مسئله را می‌توان اینگونه توجیه که در این تحقیق بر خلاف تحقیقات دیگر مایکروویو و جریان هوای گرم به صورت همزمان مورد استفاده قرار گرفته است و زمان خشک کردن محصول عامل اصلی در مقدار اتلاف آسکوربیک اسید می‌باشد. بدین معنی که با افزایش زمان خشک کردن در تیمارهای با دمای کمتر، مقادیر آسکوربیک اسید بیشتر مورد اتلاف قرار می‌گیرد. کینگ - گو و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقات خود در خشک کردن به روش ترکیبی مایکروویو - جریان هوای گرم بر خلاف نتایج این تحقیق، تفاوت قابل ملاحظه‌ای در تلفات آسکوربیک اسید مشاهده نکردند.



شکل ۲- مقادیر آسکوربیک اسید در خشک کردن به روش جریان هوای گرم



شکل ۳- مقادیر آسکوربیک اسید در خشک کردن به روش مایکروویو



شکل ۴- مقادیر آسکوربیک اسید در خشک کردن به روش ترکیبی مایکروویو - جریان هوای گرم

منابع و مآخذ

۱. زیرجانی، ل.، توکلی‌پور، حمید. ۱۳۸۹. مطالعه امکان تولید برگه موز توسط روش خشک کردن ترکیبی هوای داغ و مایکروویو. نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران. جلد ۶، شماره ۱، ص: ۶۷ – ۵۸.

2. Aguilera, J. M. (2003). Drying and dried products under the microscope. Food Sci Technol Int, 9(3), 137–143.
3. Al-Harahsheh, M; Al-Muhtaseb, A; H. & Magee, T.R.A. (2009). Microwave drying kinetics of tomato pomace: Effect of osmotic dehydration. Chemical Engineering Processing. 48: 524-531.
4. Al-Zubaidy, M.M.I. & Khalil, R.A. (2007). Kinetic and prediction studies of ascorbic acid degradation in normal and concentrate local lemon juice during storage. Food Chemistry, 101(1): 254 – 259.

5. AOAC. (2000). Official method of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. NO. 934.06, Arlington. Virginia: USA.
6. Dewanto, V., Wu, X. Z., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. Journal of Agricultural Food Chemistry, 50: 3010 – 3014.
7. Demiray, E., Tulek, Y., Yilmaz, Y. (2013). Degradation kinetics of lycopene, b-carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying. LWT - Food Science Technology, 50: 172 – 176.
8. Erenturk, S., Gulaboglu, M.S. and Gultekin, S. (2005). The effect of cutting and drying medium on vitamin C content of rosehip during drying. Journal of Food Engineering, 68: 513 – 518.
9. Eskin, N.A.M., Henderson, H.M., & Townsend, R.J. (1971). Biochemistry of Foods, Academic Press, New York.
10. FAO. Statistical database. (2012). Available from: Fellows, P. (1988). Food Processing Technology, Principles and Practice, VCH, 306 – 310.
11. Giovanelli, G., Zanoni, B., Lavelli, V., & Nani, R. (2002). Water sorption, drying and antioxidant properties of dried tomato products. Journal of Food Engineering, 52: 135 – 141.
12. Goula, A.M., Adamopoulos, K.G. (2006) Retention of ascorbic acid during drying of tomato halves and tomato pulp. Drying Technology, 24 (1): 57–64.
13. Hazevazife, A., Ahmadi Moghadam, P., Nikbakht, A.M., Sharifian, F. (2012). Designing, manufacturing and evaluating microwave - hot air combination drier. Life Science journal, 9(3), 630 – 637.
14. Kerkhofs, N.S., Lister, C.E., Savage, G.P. (2005). Change in colour and antioxidant content of tomato cultivars following forced-air drying. Plant Foods for Human Nutrition, 60: 117–121.
15. Khraisheh, M.A.M.; McMinn, W.A.M.; Magee, T.R.A. (2004). Quality and structural changes in starchy foods during microwave and convective drying. Food Res Int, 37: 497–503.
16. Ozkan, I.A., Akbudak, B., Akbudak, N. (2007). Microwave drying characteristics of spinach. Journal of Food Engineering, 78: 577–583.
17. Marfil, P.H.M., Santos, E.M., & Telis, V.R.N. (2008). Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. LWT - Food Science Technology.
18. Mate, J.I., Quartaert, C., Meerdink, G., & van Riet, K. (1998). Effect of blanching on structural quality of dried potato slices. Journal of Agricultural Food Chemistry, 46(2): 676 – 681.
19. McMinn, W.A.M., & Magee, T.R.A. (1997). Quality and physical structure of a dehydrated starch-based system. Drying Technology, 15(6/8): 1961 – 1971.
20. Moser, U. & Bendich, A. Vitamin C. In: Handbook of Vitamin, Machlin, L.J., Ed.; Marcel Dekker: New York, (1991); 195 – 224.
21. Qing-guo, H., Min, Z., Mujumdar, A.S., Wei-hua, D., Jin-cai, S. (2006). Effects of different drying methods on the quality changes of granular edamame. Drying Technology, 24 (8): 1025–1032.
22. Sarimeseli, A. (2011). Microwave drying characteristics of coriander (Coriandrum sativum L.) leaves. Energ Convers Manage, 52: 1449 – 1453.

23. Slimestad, R., & Verheul, M. (2009). Review of flavonoids and other phenolics from fruits of different tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) cultivars. J Sci Food Agr, 89: 1255 – 1270.
24. Toor, R.K., & Savage, G.P. (2006). Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. Food Chemistry, 94: 90 – 97.
25. Zanoni, B., Peri, C., Nani, R., & Lavelli, V. (1999). Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. Food Res I, 31(5): 395 – 401.

Ascorbic acid degradation analysis during drying of tomato using hot air drying, microwave drying and combined methods

Abstract

Drying methods in industrial systems are developed as requirements for quality by consumers. The food industry has paid numerous efforts to produce qualified products to affects the consumer acceptability. In this study ascorbic acid degradation of tomato halves were investigated through the hot air drying (60°C, 70°C, 80°C), microwave drying (1, 2 and 3 W/g) and combined microwave-hot air drying, using a microwave and hot air dryer. In Combined microwave-hot air drying, both microwave and hot air drying were used simultaneously. Results showed that ascorbic acid decreased by increasing temperature in hot air drying, and the least amount of ascorbic acid was seen in the highest temperature (73.4%). Although, the least amount of ascorbic acid in microwave drying was seen in the highest power density (69.37%). In combined microwave-hot air drying, it changed significantly. In this method ascorbic acid values retained more by fixating temperature and increasing power density.

Keywords: drying, tomato, microwave, hot air drying, color change analysis, ascorbic acid, rehydration ratio