Research in Ethnobiology and Conservation
Volume 1, Issue 2, pp. 15-27, 2024
homepage: http://ethnobiocons.qom.ac.ir/

Comparative evaluation of the effect of traditional and new drying methods on drying speed, antioxidant capacity, vitamin C content and total phenol of kiwifruit

Sina Aghaei[1]| Mansour Afshar Mohammadian[2]✉

1. MSc, Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. Email: mansjil@yahoo.com
2. Corresponding Author, Associate Professor, Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. Email: afshar@guilan.ac.ir

Article Info

Article type
Research Article

Article history
Received: 3 March 2024
Revised: 26 March 2024
Accepted: 28 March 2024
Published: 12 March 2024

Keywords:
Drying
Kiwifruit
Physiology
Quality

Abstract

Objective: Kiwifruit has high amounts of vitamin C, antioxidant capacity and total phenol (TP). During the process of drying of fruits, energy loss and reduction of some important variables have been observed; therefore, new methods for drying fruits have been invented and suggested to avoid the negative effects of drying of fruits. The purpose of this research was to compare the effect of traditional drying methods, oven and microwave on drying speed, vitamin C levels, antioxidant capacity and total phenol content of kiwifruit.

Methods: For this purpose, the slices of kiwifruit were dried through all three mentioned methods until reaching the final moisture content of 15% ± 0.2, which took 9 hours and 20 minutes for the traditional method, 3 hours and 15 minutes for the oven, and 9 minutes using microwave.

Results: The results showed that the average amount of vitamin C for the traditional method was 22.60 (mg/100g), oven 20.27 (mg/100g) and 26.33 (mg/100g) using microwave. Also, the antioxidant capacity was 18.7%, 24.76%, 28.16%, respectively, and total phenol (TP) was 34.9 (gallhic acid mg/100g), 41.55 (gallic acid mg/100g) and 56/86, (gallic acid mg/100g), respectively.

Conclusion: According to the obtained results, it can be said that drying of kiwifruit using microwave, in addition to increasing the drying speed, preserves the important nutritional factors of kiwifruit better than the other two examined methods.

Cite this article: Aghaei, S., & Afshar Mohammadian, M. (2024). Comparative evaluation of the effect of traditional and new drying methods on drying speed, antioxidant capacity, vitamin C content and total phenol of kiwi fruit. *Research in Ethnobiology and Conservation*, 1(2), 15-27. https//doi.org/10.22091/ethc.2024.10481.1014

©The Author(s).
Publisher: University of Qom
DOI: https//doi.org/10.22091/ETHC.2024.10481.1014

پژوهش‌های زیست قوم‌شناختی و حفاظت

دوره ۱، شماره ۲، زمستان ۱۴۰۲، صفحه ۲۷-۱۵

homepage: http://ethnobiocons.qom.ac.ir/

ارزیابی مقایسه‌ای تأثیر روش سنتی و روش‌های جدید خشک‌کردن روی سرعت خشک‌کردن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان ویتامین C و فنل کل میوه کیوی

سینا آقائی[۱] | منصور افشار محمدیان[۲] ✉

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. mansjil@yahoo.com

[۲] نویسنده مسئول، دانشیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: afshar@guilan.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله

پژوهشی

تاریخچه

دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۳

بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۰۷

پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۰۹

انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۲۲

کلیدواژه‌ها

خشک‌کردن

فیزیولوژی

کیفیت

کیوی

چکیده

هدف: میوه کیوی دارای مقادیر بالای ویتامین C، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل است. در طی فرآیند خشک‌کردن میوه‌ها، اتلاف انرژی و کاهش برخی متغیرهای مهم مشاهده‌شده است؛ ازاین‌رو روش‌های جدیدی جهت خشک‌کردن میوه‌ها ابداع و پیشنهاد شده است تا از اثرات منفی خشک‌کردن میوه‌ها جلوگیری شود. هدف از این پژوهش، مقایسه تأثیر روش‌های خشک‌کردن سنتی، آون (هوای داغ) و مایکروویو روی سرعت خشک‌کردن، مقادیر ویتامین C، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل بود.

مواد و روش‌ها: برای این منظور، قطعات برش داده‌شده کیوی در هر سه روش تا رسیدن به رطوبت نهایی ۱۵±۰/۲ درصد خشک شدند که مدت‌زمان خشک‌کردن تا رسیدن به این رطوبت برای روش سنتی ۹ ساعت و ۲۰ دقیقه، آون ۳ ساعت و ۱۵ دقیقه و مایکروویو ۹ دقیقه بود.

نتایج: نتایج بررسی‌ها نشان داد که میانگین مقادیر ویتامین C برای روش سنتی ۲۲/۶۰ (mg/100g)، آون ۲۷/۲۰ (mg/100g) و مایکروویو ۳۳/۲۶ (mg/100g) بود. همچنین ظرفیت آنتی اکسیدانی به ترتیب ۱۸/۷٪، ۲۴/۷۶٪، ۲۸/۱۶٪ و فنل کل (TP) به ترتیب ۳۴/۹ (اسیدگالیک mg/100g)، ۴۱/۵۵ (گالیک اسید mg/100g)، ۵۶/۸۶ (گالیک اسید mg/100g) بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که خشک‌کردن کیوی با مایکروویو، علاوه بر افزایش سرعت خشک کردن، موجب حفظ بهتر متغیرهای مهم ارزش غذایی کیوی نسبت به دو روش دیگر می‌شود.

استناد: آقائی، سینا و افشار محمدیان، منصور (۱۴۰۲). ارزیابی مقایسه‌ای تأثیر روش سنتی و روش‌های جدید خشک‌کردن روی سرعت خشک‌کردن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان ویتامین C و فنل کل میوه کیوی. *پژوهش‌های زیست قوم شناختی و حفاظت*، ۱(۲)، ۲۷-۱۵. https//doi.org/10.22091/ETHC.2024.10481.1014

ناشر: دانشگاه قم

© نویسندگان.

مقدمه

نام علمی کیوی.*Actinidia deliciosa* L از خانواده Actinidiaceae می‌باشد. کیوی درختی دوپایه، دارای ریشه‌های نسبتاً ضخیم، گوشتی آبدار و سطحی، برگ‌های خزان کننده، قلبی شکل و متناوب بوده و گل‌های آن نیز اواخر بهار شکوفا می‌شوند (Abedini, 2018). مبدأ اصلی گیاه کیوی جنگل‌های مناطق معتدل اطراف رودخانه یانگ تسه در جنوب چین است. اولین بار در سال ۱۳۴۷ دو اصله نهال کیوی وارد ایران شد و در شهرستان رامسر کاشته شد که به‌منظور بررسی‌های مقدماتی و اقلیم‌پذیری تحت نظر ایستگاه تحقیقات کشاورزی قرار داشت. همچنین با مشاهده وضعیت نامطلوب بخشی از باغات مرکبات در شمال کشور که در بعضی سال‌ها در اثر سرمای زمستانه از بین می‌روند و دارای عملکرد پایینی هستند، اقدام به انجام مطالعاتی برای یافتن جایگزینی مناسب برای این باغات شد که درنهایت درخت کیوی برای این منظور انتخاب شد. این میوه نسبت به مرکبات مقاومت بیشتری به سرما داشته و عملکرد آن بالاتر بوده و شرایط اکولوژیکی شمال کشور بسیار مناسب کشت این گیاه است (Abedini, 2018). بر اساس تحقیقات به‌عمل‌آمده در سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO)، کیوی پس از موز، مرکبات و سیب، چهارمین میوه مورد علاقه مردم دنیا است و با توجه به غنی بودن این میوه از املاح و ویتامین‌ها، احتمالاً در آینده نزدیک، بیشتر مورد علاقه مصرف‌کنندگان قرار خواهد گرفت (Zakipour Malekabadi et al., 2009). همچنین بر اساس گزارش سالانه این سازمان در سال ۲۰۲۰–۲۰۲۱ بیش از چهار میلیون و ۳۴۸ هزار تن کیوی در جهان تولیدشده است که از این میزان سهم ایران ۲۸۹ هزار تن بوده و به‌عنوان پنجمین تولیدکننده کیوی در جهان شناخته‌شده است. کشور چین با تولید بیش از نیمی از کیوی در جهان در رتبه نخست و پس از آن نیوزلند، ایتالیا و یونان قرار داشته‌اند (FAOSTAT, 2022).

اغلب ویتامین‌های شناخته‌شده در کیوی یافت می‌شود که از آن جمله می‌توان به ویتامین C، A و E اشاره کرد. ویتامین C در کیوی به میزان بالایی وجود دارد. این ویتامین که یکی از حیاتی‌ترین اسیدهای خوراکی و لازم بدن است، بین ۹۸ تا ۳۰۰ (mg/100g) میوه کیوی در نوسان است که این مقدار حدود ۲ برابر ویتامین C موجود در مرکبات و ۱۰ برابر این ویتامین در موز می‌باشد (Afshar-Mohammadian and Fallah, 2015). به دلیل محتوای بالای ویتامین C و پلی فنل‌های کیوی که از ۹۲ میلی‌گرم تا ۱۳۲ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم وزن تازه متغیر است، مصرف کیوی اهمیت زیادی دارد. ترکیبات زیست فعال حساس به حرارت مانند محتوای فنل کل (TP) و محتوای ویتامین C در میوه‌ها پس از خشک شدن تجزیه می‌شوند؛ بنابراین، حفظ کیفیت میوه‌های خشک با حداکثر حفظ مواد فعال زیستی در فرآیند خشک‌کردن، حیاتی است (Chin et al., 2015). کیوی به علت بالا بودن ویتامین C، ترکیبات فلاونوئیدی و فنلی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ...، موجب کاهش بیماری‌هایی مانند سرطان و ناراحتی‌های قلبی و عروقی می‌شود (Du et al., 2009; Giuseppe and Camilla, 2020).

علی‌رغم تولید مازاد بر مصرف این میوه و همچنین داشتن رتبه پنجم تولید آن در جهان، ایران از نظر حجم صادرات بعد از کشورهای ایتالیا، نیوزیلند، شیلی، بلژیک، یونان، هلند و فرانسه، در رده هشتم جهان قرار دارد که علت پایین بودن میزان صادرات کیوی را می‌توان به کمبود صنایع فرآوری و بسته‌بندی مناسب نسبت داد. خشک‌کردن از معمول‌ترین روش‌های فرآوری جهت افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی می‌باشد (Salehi and Kashaninejad, 2014). تاریخچه تولید فرآورده‌های خشک در ایران به دوران بسیار قدیم بازمی‌گردد، با گذشت سالیان طولانی در بخش فرآوری این محصولات، تغییرات عمده‌ای پدیدار نشده و هنوز هم به‌طور غالب در ایران از روش‌های سنتی (آفتابی) استفاده می‌شود. خشک‌کردن آفتابی دارای نارسایی‌های متعددی است که عمده مشکلات آن مواردی مانند قرارگرفتن محصولات در محیطی که بر روی پارامترهای آن کنترلی وجود ندارد، آلودگی محصول و کند بودن فرآیند خشک‌کردن را شامل می‌شود. در مقابل روش صنعتی خشک‌کردن با هزینه کمتری صورت می‌پذیرد، فرآورده‌های تولیدی در این روش بعضاً از لحاظ بهداشتی و اقتصادی مطلوب نبوده و غالبا قادر به برآورده کردن شاخص‌های کیفی مورد انتظار نمی‌باشد (Zirjani et al., 2017).

در خشک‌کن‌های با هوای گرم به خاطر اینکه هدایت حرارتی پایین است و انتقال حرارت به قسمت‌های داخلی ماده غذایی محدود است، راندمان انرژی پایین می‌آید و مدت‌زمان طولانی‌تری برای خشک‌کردن لازم است. برای رفع این مشکل و جلوگیری از کاهش کیفیت و دست‌یابی به یک فرآیند حرارتی مؤثر، در برخی موارد از مایکروویو برای خشک‌کردن مواد غذایی استفاده‌شده است. مثال‌های متعددی از کاربردهای خشک‌کردن مایکروویو وجود دارد که مایکروویو مزیت‌های قابل توجهی را

فراهم کرده است. گرمایش حجمی ناشی از نفوذ مایکروویو و کاهش هزینه‌های فرآیند، مایکروویو را به منبع جذاب انرژی حرارتی تبدیل کرده است. زمان‌های کوتاه‌تر فرآوری، به میزان قابل توجهی هزینه‌های تولید برخی محصولات را کاهش می‌دهد (Zirjani et al., 2017). امواج مایکروویو، امواج رادیویی با فرکانس بسیار بالا (۲۴۵۰ مگاهرتز) هستند. در هنگام عبور این امواج از بافت ماده غذایی، مولکول‌های قطبی نظیر آب و نمک‌ها به ارتعاش درآمده و همین ارتعاش موجب تبدیل انرژی مایکروویو به حرارت می‌شود. قابل توجه اینکه خلاف روش‌های دیگر خشک‌کردن که در آن‌ها گرما باید از سطح به عمق نفوذ کند، در این روش گرما در خود بافت ماده غذایی تولیدشده و از آسیب دیدن و سوختن قسمت‌های سطحی ماده غذایی جلوگیری می‌شود. در خشک‌کردن با مایکروویو، خروج رطوبت سریع‌تر است و همچنین به خاطر تمرکز انرژی، سیستم مایکروویو فقط ۲۰ تا ۳۵ درصد نسبت به سایر روش‌های خشک‌کردن نیاز به فضا دارد (Maskan, 2000).

مواد و روش‌ها

ابتدا کیوی‌های یکنواخت و با درجه رسیدگی یکسان از یکی از باغ‌های شهرستان رودسر به‌طور تصادفی انتخاب شد. سپس کیوی‌ها پوست‌گیری شده و به قطعات با ضخامت mm ۴ با تیغ مخصوص برش داده شدند (شکل ۱). در ابتدای آزمایش، رطوبت اولیه نمونه‌ها مطابق روش استاندارد اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها برای هر سه روش سنتی، آون و مایکروویو به‌طور یکسان توزین و توزیع‌شده و آزمایش‌ها با سه تکرار در غالب طرح کامل تصادفی انجام شد. نمونه‌ها بلافاصله پس از برش دادن، جهت انجام هر آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند و تا رطوبت نهایی ۱۵±۰/۲ درصد خشک شدند. در روش سنتی نمونه‌ها در طول روز در هوای آزاد (دمای میانگین ۳۳ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت و هر یک ساعت توزین شد تا به رطوبت نهایی مدنظر برسند. در روش استفاده از آون، نمونه‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و هر ۳۰ دقیقه از دستگاه خارج شدند و پس از توزین، مجدداً درون دستگاه قرار گرفتند و این کار تا رسیدن به رطوبت نهایی ۱۵±۰/۲ درصد انجام گرفت (Orikasa et al., 2008). در روش استفاده از مایکروویو، نمونه‌ها در مایکروویو با توان ۷۰۰ وات قرارگرفته و هر یک دقیقه وزن شدند.

شکل ۱. برش‌های کیوی به ضخامت ٤ میلی‌متر

آزمون‌های انجام‌شده روی نمونه‌ها

اندازه‌گیری رطوبت اولیه

رطوبت اولیه کیوی با خشک‌کردن در آون با روش استاندارد در سه تکرار تعیین شد. برای این کار سه برش از کیوی با وزن تقریبی ۵ گرم در سه ظرف جداگانه قرار گرفت. این نمونه‌ها در آون ۱۰۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت قرار گرفتند. نهایتاً نمونه‌های خشک‌شده از آون خارج شده و درون دسیکاتور قرار داده‌شده و پس از رسیدن به دمای محیط، وزن ثانویه

نمونه‌ها به‌وسیله ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۱گرم اندازه‌گیری شد (استاندارد ملی ایران شماره ۶۸۷۱، ۱۳۸۲). طبق رابطه زیر رطوبت اولیه بر مبنای وزن تر برای هر تکرار به دست آمد که میانگین آن‌ها ۸۲/۷ درصد بود که همان رطوبت اولیه نمونه‌ها است.

$$\text{درصد رطوبت اولیه بر مبنای وزن تر} = \frac{\text{جرم ثانویه نمونه‌ها} - \text{جرم اولیه نمونه‌ها}}{\text{جرم اولیه نمونه‌ها}} \times ۱۰۰$$

کاهش وزن

میزان کاهش وزن نمونه‌ها (WR)[1] نمونه‌های کیوی در طی خشک‌کردن در تیمارهای مختلف از معادله زیر به دست آمد.

$$WR = \frac{At - A0}{A0} \times 100$$

A_t= وزن نمونه بعد از خشک‌کردن (g)

A_0= وزن نمونه قبل از خشک‌کردن (g)

WR= درصد کاهش وزن نمونه‌های کیوی

اندازه‌گیری ویتامین *C*

برای اندازه‌گیری ویتامین C (میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه) میوه‌ها، از روش ۲ و ۶ دی ۱ کلروفنل ایندوفنل استفاده شد (استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۴۶۱۷، ۱۳۹۲).

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها، از طریق خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۱و۱دی‌فنیل-۲ پیکریل هیدرازیل) تعیین شد (Du et al., 2009). برای این منظور ابتدا ۰/۲ گرم بافت میوه با کمک نیتروژن مایع در داخل هاون آسیاب شد و به آن ۱۰ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد اضافه شد، سپس به مدت یک ساعت در دمای اتاق نگهداری شد. پس از سانتریفیوژ کردن، ۳۰ میکرولیتر از عصاره به ۹۷۰ میکرولیتر محلول DPPH ۰/۱ نرمال اضافه شد، محلول حاصل به‌سرعت به هم زده شد و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در محفظه تاریک در دمای اتاق نگهداری شد و میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\% DPPHsc = (Ac - As) / Ac \times 100$$

Ac: جذب نوری شاهد و As: جذب نوری نمونه

اندازه‌گیری فنل کل (*TP*)

برای اندازه‌گیری فنل کل از روش گالیک اسید و جذب نوری در اسپکتروفتومتر استفاده شد (استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۷۶۸، ۱۳۹۲).

آنالیز آماری

در این پژوهش، جهت آنالیز آماری داده‌ها، از روش آنالیز دو طرفه ANOVA استفاده شد. اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها توسط آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد برآورد شد. از نرم‌افزار Ecxel 2013 جهت رسم نمودارها استفاده شد.

[1]. Weight Reduction

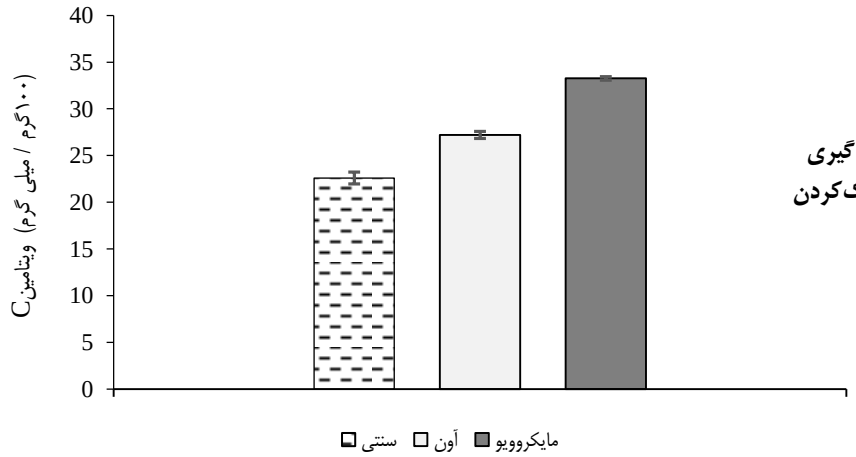
نتایج

رطوبت اولیه

رطوبت اولیه ورقه‌های برش داده‌شده کیوی مطابق با روش استاندارد، به ترتیب ۸۲٪، ۸۲/۸٪ و ۸۳/۳٪ محاسبه شد که میانگین رطوبت اولیه نمونه‌ها ۸۲/۷٪ بود.

ویتامین C

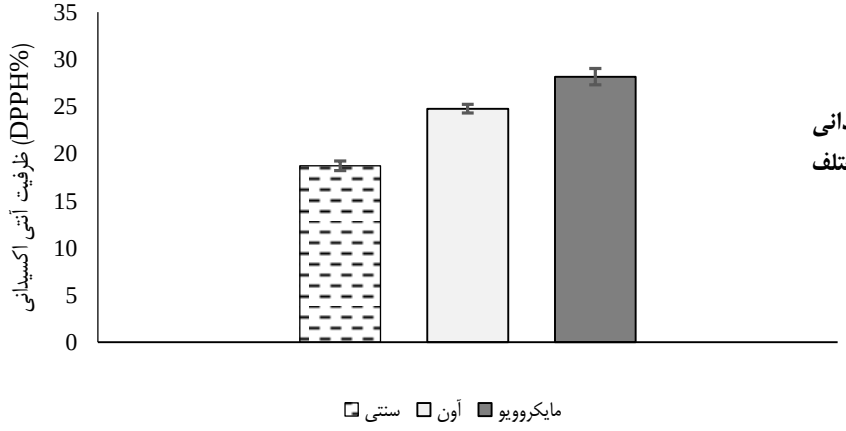
مقادیر به‌دست‌آمده ویتامین C برای هرکدام از روش‌های آزمایش در شکل ۱ آورده شده است. میانگین مقادیر ویتامین C برای روش سنتی ۲۲/۶۰ (mg/100g)، آون ۲۷/۲۰ (mg/100g) و مایکروویو ۳۳/۲۶ (mg/100g) بود که نشان‌دهنده ماندگاری مقادیر بیشتر ویتامین C در روش مایکروویو نسبت به دو روش دیگر است. به عبارت دیگر، در روش مایکروویو نسبت به روش‌های سنتی و آون، ویتامین C، به ترتیب ۴۷٪ و ۲۲٪ بیشتر حفظ‌شده بود.



شکل ۱. مقدار ویتامین C اندازه‌گیری شده در روش‌های مختلف خشک‌کردن

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

مقادیر به‌دست‌آمده ظرفیت آنتی‌اکسیدانی برای روش‌های سنتی، آون و مایکروویو در شکل ۲ آورده شده است که به ترتیب ۱۸/۷٪، ۲۴/۷۶٪، ۲۸/۱۶٪ بود.

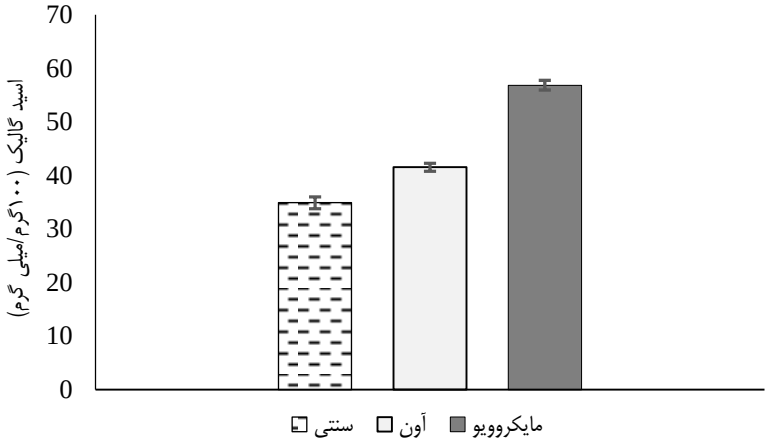


شکل ۲ . مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شده در روش‌های مختلف خشک‌کردن

مطابق با نتایج به‌دست‌آمده، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی روش مایکروویو نسبت به روش سنتی و آون به ترتیب ۵۰/۵٪ و ۱۳/۷٪ بیشتر بود.

فنل کل

مقادیر به‌دست‌آمده میزان فنل کل برای روش‌های سنتی، آون و مایکروویو در شکل ۳ آورده شده است که به ترتیب ۳۴/۹ (اسیدگالیک mg/100g)، ۴۱/۵۵ (اسیدگالیک mg/100g)، ۵۶/۸۶ (اسیدگالیک mg/100g) بود.



شکل ۳. مقدار فنل کل اندازه‌گیری شده در روش‌های مختلف خشک‌کردن

مطابق با نتایج به‌دست‌آمده، مقدار فنل کل اندازه‌گیری شده در روش مایکروویو نسبت به روش‌های سنتی و آون به ترتیب، ۶۲/۹٪ و ۳۶/۸٪ بیشتر بود.

سرعت خشک شدن

مقادیر به‌دست‌آمده برای سرعت خشک شدن ورقه‌های میوه کیوی به ضخامت ۴ میلی‌متر برای هر سه روش مذکور تا رسیدن به رطوبت ۰/۲ ±۱۵ درصد در جدول ۱ آورده شده است. روش سنتی بیشترین زمان خشک شدن و مایکروویو کمترین زمان خشک شدن را به خود اختصاص داد. در روش استفاده از مایکروویو، نمونه‌ها پس از ۹ دقیقه، آون پس از ۳ ساعت و ۱۵ دقیقه و سنتی پس از ۹ ساعت و ۲۰ دقیقه خشک شدند. با مقایسه داده‌های سه روش، مشخص شد که استفاده از مایکروویو جهت خشک‌کردن ورقه‌های کیوی، می‌تواند زمان خشک‌کردن را بیشتر از ۹۵ درصد کاهش دهد.

جدول ۱. الف. مقدار رطوبت باقی‌مانده برحسب زمان در خشک‌کردن به روش آون، ب. مقدار رطوبت باقی‌مانده برحسب زمان در خشک‌کردن به روش سنتی و پ. مقدار رطوبت باقی‌مانده برحسب زمان در خشک‌کردن به روش مایکروویو

الف		ب		پ	
زمان سپری‌شده (۳۰ دقیقه)	رطوبت باقی‌مانده (درصد)	زمان سپری‌شده (ساعت)	رطوبت باقی‌مانده (درصد)	زمان سپری‌شده (دقیقه)	رطوبت باقی‌مانده (درصد)
۱	۷۱	۱	۷۵/۵	۱	۷۵/۷
۲	۵۳/۲۷	۲	۶۷/۵	۲	۶۸
۳	۳۹//۱۷	۳	۸۵/۵	۳	۵۸/۹
۴	۲۹/۰۱	۴	۴۹	۴	۴۹
۵	۲۲/۰۱	۵	۴۰/۷	۵	۴۰/۹
۶	۱۷	۶	۳۲/۲	۶	۳۲/۳
۶ و ۱/۲	۱۵	۷	۲۶/۷	۷	۲۴/۹
–	–	۸	۲۱/۳	۸	۱۸/۵
–	–	۹	۱۶/۲	۹	۱۴/۸
–	–	۹ و ۱/۲	۱۵	–	–

آنالیز آماری

جدول ۲. داده‌های آنالیز آماری ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	2387.175	2	1193.587	254.456	6.34E-14	3.554
Columns	1034.228	2	517.114	110.241	7.95E-11	3.554
Interaction	276.802	4	69.200	14.7525	1.64E-05	2.927
Within	84.433	18	4.690			
Total	3782.64	26				

چون مقادیر P-value برای ردیف‌ها (پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل ویتامین C، آنتی‌اکسیدان و فنل کل کوچک‌تر از سطح معناداری (یعنی ۰/۰۵) است، این پارامترها یعنی ویتامین C، آنتی‌اکسیدان و فنل کل ازنظر آماری در اختلاف نوع روش خشک‌کردن، معنی‌دار هستند و فرض صفر (برابری همه میانگین‌ها) رد می‌شود. از طرفی برای ستون‌ها (نوع روش خشک‌کردن) نیز مقدار P-value از خطای نوع اول کوچک‌تر است، بنابراین روش خشک‌کردن نیز در تغییر مقدار ویتامین C، آنتی‌اکسیدان و فنل کل تأثیرگذار خواهد بود.

بحث

مطابق نتایج به‌دست‌آمده، سرعت خشک‌کردن ورقه‌های نازک میوه کیوی در روش مایکروویو بسیار سریع‌تر از روش‌های آون و سنتی بود. همچنین سرعت خشک‌کردن در ابتدای آزمایش سریع‌تر و به مرور زمان سرعت کاهش یافت. این نتایج در تحقیقات دیگری نیز اشاره شده است. به‌عنوان مثال، در پژوهشی، به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن (طبیعی، آون و مایکروویو) بر زمان خشک‌کردن، درصد و اجزای اسانس گیاه دارویی مرزه، از مایکروویو در ۶ توان، دو دمای مختلف آون (۵۰ و ۷۰ درجه سانتی گراد) و روش طبیعی استفاده کردند. نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار روش‌های مختلف خشک‌کردن بر زمان خشک‌کردن و میزان اسانس نمونه‌ها بود. بدین ترتیب که بیشترین زمان خشک شدن در روش طبیعی و کمترین آن به‌وسیله بیشترین توان استفاده شده توسط مایکروویو بود (Abedini, 2018). در پژوهشی دیگر برای خشک‌کردن نعناع از دو روش مایکروویو (خلاء) و هوای گرم استفاده شد که نتایج نشان‌دهنده این بود که روش مایکروویو موجب کاهش زمان خشک‌کردن به میزان ۸۵ الی ۹۰ درصد نسبت به هوای گرم می‌شود (Therdthai and Zhou, 2009). نتایج تحقیقی نشان داد که خشک‌کردن برگ‌های جعفری تا زمان رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک با روش مایکروویو (توان ۹۰۰ وات) در مقایسه با دماهای ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۵ درجه آون، زمان خشک‌کردن را به ترتیب تـا ۱۱۱، ۹۲، ۳۷ و ۳۱ برابر کاهش داد (Parker, 1999).

قدرت خشک‌کردن بالاتر در خشک‌کن‌های مایکروویو، به‌طور قابل توجهی زمان خشک‌کردن را کوتاه‌تر می‌کند. زمان خشک‌کردن بسته به نوع محصول و شرایط خشک‌کردن می‌تواند بیشتر از ۵۰٪ کاهش یابد. در پژوهشی گزارش شد که در خشک‌کردن ماکارونی، زمان خشک‌کردن از ۸ ساعت در روش‌های متداول تا ۱/۵ ساعت با مایکروویو کاهش می‌یابد که بیانگر کاهش ۷۵ درصدی زمان خشک‌کردن است (Tawaklipour, 2018). در خشک‌کن‌های با هوای گرم به این دلیل که هدایت حرارتی پایین است و انتقال حرارت به قسمت‌های داخلی ماده غذایی محدود است، راندمان انرژی پایین می‌آید و مدت‌زمان طولانی‌تری برای خشک‌کردن لازم است. برای رفع این مشکل و جلوگیری از کاهش کیفیت و دست‌یابی به یک فرآیند حرارتی مؤثر، در برخی موارد از مایکروویو برای خشک‌کردن مواد غذایی استفاده شده است. مثال‌های متعددی از کاربردهای خشک‌کردن مایکروویو وجود دارد که مایکروویو مزیت‌های قابل توجهی را فراهم کرده است.

گرمایش حجمی ناشی از نفوذ مایکروویو و کاهش هزینه‌های این روش، مایکروویو را به منبع جذاب انرژی حرارتی تبدیل کرده است. زمان‌های کوتاه‌تر فرآوری، به میزان قابل توجهی هزینه‌های تولید برخی محصولات را کاهش می‌دهد (Zirjani et al.,

2017). نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق با نتایج گزارش‌شده طی بررسی تأثیر توان‌های مختلف مایکروویو (۹۰، ۱۸۰، ۳۶۰، ۶۰۰ وات) در خشک‌کردن برش‌های گوجه‌فرنگی مطابقت داشت. در تحقیق دیگری نیز گزارش شد که سرعت خشک شدن در ابتدای فرآیند بیشتر بوده و با گذشت زمان کاهش پیدا کرده است (Celen and Kahveci, 2013). Maskan (۲۰۰۰) خشک‌کردن با هوای گرم و مایکروویو در کیوی (با قطر۰/۲۳۶ ± ۵/۰۳ میلی‌متر) را مورد بررسی قرار داد. سرعت خشک‌شدن و چروک‌شدن و از دست‌دادن آب در این مطالعه مقایسه شد. نتایج نشان داد که خشک‌کردن با انرژی مایکروویو باعث افزایش سرعت خشک‌کردن و کاهش چشم‌گیری در زمان خشک‌کردن شد. چروکیدگی کیوی طی خشک‌کردن با مایکروویو بیشتر از جریان هوای گرم بود. همچنین برش‌های خشک‌شده به روش مایکروویو، خاصیت از دست‌دادن آب کمتر و جذب آب بیشتر در مقایسه با سایر روش‌های خشک‌کردن را نشان دادند (Maskan, 2000).

در تحقیق دیگری خشک‌کردن میوه کیوی در خشک‌کن همرفتی به صورت تجربی مورد بررسی قرار گرفت. سرعت هوا، ضخامت برش‌ها و زمان خشک‌شدن پارامترهای مختلف در فرآیند خشک‌کردن بود که در این تحقیق مورد توجه قرار گرفتند. در این مطالعه، برش‌های کیوی با ضخامت‌های ۴ و ۸ میلی‌متر در شرایط دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد هوای خشک‌کن، رطوبت نسبی ۱۰ درصد و سرعت هوای خشک‌کن ۰/۵–۱/۵ متر بر ثانیه در خشک‌کن خشک شدند. با توجه به نتایج آزمایش‌ها و تحلیل واریانس مشخص شد که سرعت هوای خشک‌کردن تأثیر بسزایی بر زمان خشک شدن کل دارد. حداقل زمان خشک شدن (۲۲۵ دقیقه) برای سرعت هوای ۱/۵ متر بر ثانیه برای برش‌های ۴ میلی‌متری و حداکثر زمان خشک‌شدن (۷۵۰ دقیقه) برای نمونه کیوی برش داده‌شده با ضخامت ۸ میلی‌متر، ۰/۵ متر بر ثانیه بود. همچنین نتیجه‌گیری شد که کار با خشک‌کن همرفتی در سرعت‌های مختلف ازنظر حفظ روشنایی و کیفیت رنگ سودمند است (Ozgen and Nevin, 2019).

Chin و همکاران (۲۰۱۵) ویژگی‌های خشک‌شدن و کیفیت محصول برش‌های کیوی خشک‌شده با هوای گرم را مورد بررسی قرار دادند. خشک‌کردن برش‌های کیوی در هوای گرم در دمای خشک شدن بین ۴۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد و ضخامت برش ۰/۳ سانتی‌متر و ۰/۶ سانتی‌متر انجام شد. نتایج نشان داد که خشک‌کردن برش‌های کیوی در دمای خشک‌شدن بالاتر، سرعت خشک‌شدن را تحریک می‌کند که منجر به کوتاه شدن زمان خشک‌شدن کل مورد نیاز می‌شود. ازنظر آنالیز کیفیت، برش‌های کیوی خشک‌شده در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد با سریع‌ترین سرعت خشک‌کردن، بیشتر محتوای فنلی کل (TPC) را در نمونه خشک‌شده حفظ کردند؛ به‌عبارتی‌دیگر، با افزایش سرعت خشک‌کردن که منجر به کاهش زمان خشک‌کردن شد، مقدار بیشتری از محتوای فنلی کل حفظ شد. بااین‌حال، خشک‌کردن برش‌های کیوی در دمای خشک شدن بالا، محتوای ویتامین C برش‌های کیوی را به دلیل تخریب حرارتی بدتر کرد. برش‌های کیوی نازک‌تر می‌توانند مقدار بیشتری TPC و ویتامین C را در طول فرآیند خشک‌کردن حفظ کنند (Chin et al., 2015).

مطابق نتایج به‌دست‌آمده، ویتامین C، فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ورقه‌های نازک میوه کیوی در خشک‌کردن به روش مایکروویو نسبت به آون و آون نسبت به سنتی بیشتر بود. ازآنجایی‌که زمان مواجهه غذا با آب و دمای بالا در مایکروویو در مقایسه با روش‌های پخت معمولی کمتر است، از دست دادن ویتامین‌ها و املاح نیز در آن کمتر است (Lee et al., 2017). خشک‌کردن میوه به صورت آفتابی موجب اتلاف زیادتری از مقادیر کاروتن و ویتامین C می‌شود. در خصوص ویتامین C افزایش سرعت خشک شدن مقدار اتلاف ویتامین را کمتر می‌کند (Tawaklipour, 2018). به‌کارگیری روش مایکروویو به‌خصوص مایکروویو–خلاء برای مواد غذایی حاوی ترکیبات فنلیک حساس به گرما، اکسیژن و ویتامین C مناسبت‌تر است. این روش بافت، طعم و رنگ ماده غذایی را نسبت به روش جریان هوا بهتر حفظ می‌کند (Harder and Toledo, 2009). همچنین طی خشک‌کردن گیاه ختمی (*Hibiscus sabdariffa*) با روش‌های مختلف خشک‌کردن با مایکروویو، جریان هوای داغ و خشک‌کردن تحت خلا گزارش شد که کوتاه‌ترین زمان خشک‌کردن و بالاترین محتوای اسکوربیک اسید و بهترین ویژگی‌های رنگی مربوط به تیمارهای خشک‌شده با روش مایکروویو بوده است (Alibas and Köksal, 2014). همچنین در پژوهشی جهت بررسی تأثیر پیش تیمار مایکروویو بر خواص تغذیه‌ای برگ‌های کیوی خشک‌شده توسط هوای گرم، نتایج نشان داد که بهترین نمونه‌ها ازنظر پارامترهای کیفی (ویتامین C و ترکیبات فنلی) توسط تیمار با مایکروویو به دست آمدند (Nouri et al., 2018).

در بسیاری از پژوهش‌ها، روش مایکروویو موجب حفظ بیشتری از ویتامین C نسبت به روش هوای داغ و سنتی می‌شود اما نتایج برخی تحقیقات خلاف این موضوع را نشان می‌دهند. به‌عنوان مثال در تحقیقی با عنوان مقایسه دو روش خشک‌کردن با هوای داغ و مایکروویو برای تولید برگه موز که در سال ۱۳۹۱ انجام شد، نتایج نشان داد که میزان ویتامین C در روش مایکروویو به میزان ۳۷٪ کمتر از روش آون بود. همچنین مشخص شد که زمان خشک‌کردن در روش خشک‌کردن با مایکروویو کوتاه‌تر از روش خشک‌کردن با هوای داغ بود و درواقع ۹۰٪ کاهش در زمان خشک‌کردن در روش مایکروویو نسبت به روش هوای داغ مشاهده شد (Zirjani and Tawaklipour, 2013). در تحقیقی اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن را بر روی خواص فیزیکوشیمیایی کرفس کوهی مانند ویتامین C، کلروفیل، ترکیبات فنلیکی و رنگ بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که روش مایکروویو و انجمادی باعث حفظ بهتر میزان ترکیبات فنلیکی، ویتامین C، کلروفیل و درنتیجه حفظ رنگ گیاه شد (Pirbalouti et al., 2013). در رابطه با فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، باید گفت که خشک‌کردن با مایکروویو موجب حفظ بیشتری از این ترکیبات نسبت به دو روش دیگر می‌شود. البته در برخی تحقیقات به مقایسه مواد خشک‌شده و طبیعی پرداخته‌اند که نتیجه‌گیری‌های متضادی برحسب نوع ماده مورد آزمایش به‌دست‌آمده است. طی پژوهشی که روی میوه‌های موز و پپینو انجام شد، نتایج نشان داد بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنلی در نمونه‌های خشک‌شده با مایکروویو و پس از آن نمونه‌های خشک‌شده در آون به دست آمد (Özcan et al., 2020). خشک‌کردن با هوای گرم یک روش خشک‌کردن سنتی برای سبزیجات و میوه‌ها است (Ogura, 1993; Orikasa et al., 2008; Lopez et al., 2017;). بااین‌حال، استفاده از گرما در میوه‌ها برای مدت‌زمان طولانی اغلب منجر به تغییرات فیزیکوشیمیایی مختلف می‌شود (Ciemniewska-Zytkiewicz et al., 2014; Maskan, 2001). خشک‌کردن با مایکروویو که برای مدت‌زمان نسبتاً کوتاهی انجام می‌شود، می‌تواند جایگزین بهتری برای روش سنتی خشک‌کردن با هوای گرم باشد. علاوه بر هزینه، انرژی کمتری که در خشک‌کردن مایکروویو متحمل می‌شود، در مقایسه با عملیات خشک‌کردن با هوای گرم معمولی، سرعت این فرآیند نیز سریع‌تر است. اطلاعات در مورد تأثیر مایکروویو یا خشک‌کردن معمولی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی میوه‌های کیوی و پپینو کمیاب است و همچنان نیاز به افزایش اطلاعات دارد. در حقیقت مطالعات در مورد اثر مایکروویو و روش‌های خشک‌کردن معمولی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات زیست فعال میوه‌های کیوی و پپینو محدود است (Özcan et al., 2020).

به‌طور مشابه در پژوهشی گزارش شد که گرمایش با مایکروویو منجر به ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بهتر در میوه کیوی نسبت به حرارت معمولی می‌شود (Benlloch-Tinoco et al., 2013). علاوه بر این، محققان گزارش کردند که بین خشک‌کردن اجاق‌های معمولی و مایکروویو درخصوص محتوای فنلی کل برش‌های پیاز، بیشترین مقدار در نمونه‌های خشک‌شده با مایکروویو مشاهده شد (Arslan and Özcan, 2010). همچنین در پژوهشی، محققان مشاهده کردند که کم‌آبی در مایکروویو محتوای فنلی کل پوست خشک پرتقال تامپسون ناول را در مقایسه با پوست تازه افزایش می‌دهد. در مقابل، کاهش در فعالیت ترکیبات فنلی کل و آنتی‌اکسیدانی پس از روش‌های خشک‌کردن حرارتی در میوه‌های خشک مانند کیوی نیز گزارش شد (Ghanem et al., 2012).

در مطالعه‌ای تأثیر روش‌های همرفتی (۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد)، مایکروویو (۱۲۰ و ۳۵۰ وات) و خشک‌کردن انجمادی بر سینتیک خشک‌کردن، رنگ، محتوای فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آناناس بررسی شد. کمترین تغییر در مقدار پارامتر رنگ ($E\Delta$) (۴/۸۳) با خشک‌کردن انجمادی آناناس به دست آمد. نمونه‌های خشک‌شده کاهش محتوای TP را نسبت به نمونه‌های تازه و کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را نشان دادند. بهترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و مقادیر TP به ترتیب از طریق خشک‌کردن انجمادی و خشک‌کردن مایکروویو در ۳۵۰ وات به دست آمد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، روش‌های همرفتی، خشک‌کردن انجمادی و مایکروویو برای خشک‌کردن آناناس مناسب هستند (Izli et al., 2017). خلاف این روند توسط چانگ و همکاران (Chang et al., 2006) و داسیلوا و همکاران مشاهده شد (Da silva et al., 2013). هنگامی‌که آن‌ها محتوای ترکیبات فنلی را در گوجه‌فرنگی و آناناس پس از خشک شدن ارزیابی کردند؛ مقادیر بیشتری را در نمونه‌های خشک‌شده نسبت به نمونه‌های تازه به دست آوردند. این نتیجه احتمالاً به دلیل جدا شدن ترکیبات فنلی متصل از اجزای سلولی (Chang *et al.*, 2006) و تشکیل ترکیبات فنلی آزاد است. علاوه بر این، بالاترین محتوای TP در برش‌هایی که در مایکروویو با ۳۵۰ وات

خشک‌شده‌اند را می‌توان بانفوذ مستقیم موج به داخل ماده در طول خشک‌کردن در مایکروویو توضیح داد که باعث اختلال و پارگی سلولی بیشتر می‌شود که ممکن است منجر به آزاد شدن ترکیبات فنلی بیشتر شود.

با توجه به این مشاهدات، تیمارهای خشک‌کردن اثرات متغیری بر ترکیبات فنلی دارند (Izli et al., 2017). به همین دلیل خلاف نتایج فوق، در تحقیقی که به‌منظور تأثیر فرایند خشک‌کردن بر میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دو رقم خرمای کلوته و مضافتی (Phoenixductylifera) انجام شد، نتایج نشان‌دهنده کاهش میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها پس از خشک‌شدن بود (Shahdadi et al., 2010). به‌طور مشابه در پژوهشی گزارش شد که گرمایش با مایکروویو منجر به ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بهتر در میوه کیوی نسبت به حرارت معمولی می‌شود (Benlloch-Tinoco et al., 2013).

در پژوهشی دیگر با عنوان اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر زمان خشک شدن و برخی مواد مؤثره در دو توده گیاه ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) از روش آون، مایکروویو، دمای محیط و ترکیب مایکروویو و دمای محیط استفاده شد. ازنظر مدت‌زمان خشک شدن در هر دو آزمایش، طولانی‌ترین زمان (حدود ۳۰ ساعت و ۳۲ ساعت در توده مشهد و نیشابور) مربوط به دمای محیط و زودترین زمان (حدود ۵ دقیقه) مربوط به ماکروویو بود. بالاترین میزان مواد فنلی (به ترتیب ۱۶۵ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم وزن خشک) در توده مشهد و در توده نیشابور (۵۲۴/۷ میلی‌گرم) مربوط به تیمار ماکروویو بود (Rizvani Moghadam et al., 2012). ظاهراً ازآنجایی‌که زمان مواجهه غذا با آب و دمای بالا در مایکروویو در مقایسه با روش‌های دیگر کمتر است، از دست دادن ویتامین‌ها و املاح نیز در این روش کمتر می‌شود.

نتیجه‌گیری

کیوی ازجمله میوه‌هایی است که ارزش غذایی و املاح بالایی دارد. خشک‌کردن یکی از روش‌های نگهداری میوه‌ها و سبزیجات در طولانی‌مدت است که حفظ این املاح، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ویتامین‌های آن بسیار حائز اهمیت است. مقایسه سرعت خشک شدن سه روش خشک‌کردن متداول کیوی (سنتی، آون (هوای داغ) و مایکروویو) و ارزیابی میزان ویتامین C، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل در تحقیق حاضر نشان داد که خشک‌کردن با مایکروویو علاوه بر افزایش سرعت خشک‌کردن نسبت به دو روش دیگر، موجب حفظ مقادیر بالایی از شاخصه‌های مذکور شده بود. ازاین‌رو، خشک‌کردن با مایکروویو به‌عنوان روش مستقل یا مکمل جهت خشک‌کردن کیوی نسبت به روش‌های سنتی و هوای داغ توصیه می‌شود.

منابع

افشار محمدیان، م.، و فلاح، ف. (۱۳۹۵). کشت، پرورش و ارزش غذایی کیوی، چاپ اول. انتشارات چاپ و نشر نوین.

توکلی‌پور، ح. (۱۳۸۸). اصول خشک‌کردن مواد غذایی و محصولات کشاورزی. چاپ اول. انتشارات آییژ.

رضوانی مقدم، پ.، غنی، ع.، رحمتی، م.، و محتشمی، س. (۱۳۹۲). اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر زمان خشک شدن و برخی مواد مؤثره در دو توده گیاه ترخون (*Artemisia dracunculus* L). *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۲۹ (۲ (پیاپی ۶۰))، ۴۶۰-۴۷۵.

زکی پور ملک‌آبادی، ا.، حمیدی اصفهانی، ز.، و عباسی، س. (۱۳۸۹). فرمولاسیون لواشک از ضایعات میوه کیوی. *نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران*. ۶ (۴)، ۲۶۳ – ۲۷۰.

زیرجانی، ل.، توکلی پور، ح.، و پدرام نیا، ا. (۱۳۸۷). بهینه‌سازی فرآیند خشک‌کردن موز با هوای داغ و مایکروویو. *مجله علمی پژوهشی علوم غذایی و تغذیه*، ۶ (۱)،۰-۰.

زیرجانی، ل.، و توکلی پور، ح. (۱۳۹۱). مقایسه دو روش خشک‌کردن با هوای داغ و مایکروویو برای تولید برگه موز. *مهندسی بیوسیستم ایران*، ۴۳ (۱)، ۷۳-۸۳.

شهدادی، ف.، میرزایی، ح.، مقصودلو، ی.، قربانی، م.، دارایی، گ.، و خانی، ا. (۱۳۹۰). تأثیر فرایند خشک‌کردن بر میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دو رقم خرمای کلوته و مضافتی (Phoenixductylifera). *علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، ۶ (۳)، ۶۷-۷۴.

عابدینی، ج. (۱۳۸۸). فیزیولوژی و تکنولوژی صنایع تبدیلی کیوی و اصول نگهداری آن در سردخانه. چاپ دوم. تهران: انتشارات دانش نگار.

نوری، م.، کاشانی نژاد، م.، دارایی گرمه خانی، ا.، و بلندی، م. (۱۳۹۱). بهینه‌سازی فرآیند خشک‌کردن جعفری با استفاده از روش ترکیبی هوای داغ- مایکروویو. *نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۴ (۲)، ۱۰۳-۱۲۲.

References

Abedini, J. (2009). Physiology and technology of kiwi processing industries and principles of its storage in cold storage. Second edition. Tehran: Daneshnegar Publications. (In Persian)

Afshar Mohammadian, M., & Fallah, F. (2016). Cultivation, breeding and nutritional value of kiwi, first edition. New publishing house. (In Persian)

Alibas, İ., & Köksal, N. (2014). Convective, Vacuum and Microwave Drying Kinetics of Mallow Leaves and Comparison of Color and Askorbik Acid Values of Three Drying Methods. *Food Science and Technology,* 34(2), 358-364. https://doi.org/10.1590/S0101-20612014005000033

Arslan, D., & Özcan, M. M. (2010). Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT - Food Science and Technology,* 43, 1121–1127. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.02.019

Benlloch-Tinoco, M., Igual, M., Rodrigo, D., & Martínez-Navarrete, N. (2013). Comparison of microwaves and conventional thermal treatment on enzymes activity and antioxidant capacity of kiwifruit puree. *Innovative Food Science & Emerging Technologies,* 19, 166–172. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.05.007

Celen, S., & Kahveci, K. (2013). Microwave Drying Behaviour of Tomato Slices. *Czech Journal Food Science,* 31(2), 132-138. https://doi.org/10.1177/0954408912464729

Chang, C. H., Lin, H. Y., Chang, C. Y., & Liu, Y. C. (2006). Comparisons on the antioxidant properties of fresh freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering,* 77, 478–485. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.061

Chin, S. K. Siew, E. S., & Soon, W. L. (2015). Drying characteristics and quality evaluation of kiwi slices under hot air natural convective drying method. *International Food Research Journal,* 22, 2188-2195. http://www.ifrj.upm.edu.my

Ciemniewska-Zytkiewicz, H., Brys, J., Brys, A., Sujka, K., & Koczon, P. (2014). Effect of roasting process on moisture content and color of Polish in shell hazelnuts. *Academic Food Journal,* 12(1), 6–10.

Da Silva, D. I. S., Nogueira, G. D. R., Duzzioni, A. G., & Barrozo, M. A. S. (2013). Changes of antioxidant constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during drying process. *Industrial Crops and Products,* 50, 557–562. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.08.001

Du G., Li, M., Ma, F., & Liang, D. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in Actinidia fruits. *Food Chemistry,* 113, 557-562. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.025

FAOSTAT 2022. Production of Kiwi: top ten producers. Accessed via https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize on May 2nd, 2022.

Ghaboos, S. H., Ardabili, S. M., Kashaninejad, M., Asadi, G., & Aalami, M. (2016). Combined infrared-vacuum drying of pumpkin slices. *Journal of Food Science and Technology,* 53(5), 2380–2388. https://doi.org/10.1007/s13197-016-2212-1

Ghanem, N., Mihoubi, D., Kechaou, N., & Mihoubi, N. B. (2012). Microwave dehydration of three citrus peel cultivars: effect on water and oilretention capacities, color, shrinkage and total phenols content. *Industrial Crops and Products,* 40,167–177. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.03.009

Giuseppe, L., & Camilla, M. (2020). Kiwifruit and cancer: an overview of biological evidence. *Nutrition Cancer,* 72(4), 547-553. https://doi.org/10.1080/01635581.2019.1650190

Harder, M. N. C., & Toledo, F. A. C. P. (2009). Determination of Changes induced by gamma radiation in nectar of Kiwifruit. *Journal of Radiation Physics and Chemistry,* 78(7-8), 579-582. https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2009.04.012

Izli, N., Izli, G., & Taskin, O. (2017). Drying kinetics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity properties of kiwi dried by different methods. *Food Measure,* 11, 64–74. https://doi.org/10.1007/s11694-016-9372-6

Lee, S., Choi, Y., Jeong, H. S., Lee, J., & Sung, J. (2017). Effect of different cooking methods on the content of vitamins and true retention in selected vegetables. *Food Science and Biotechnology,* 27(2), 333–342. https://doi.org/10.1007/s10068-017-0281-1

Lopez, J., Vega-Galvez, A., Bilbao-Sainz, C., Chiou, B. S., Uribe, E., & Quispe-Fuentes, I. (2017). Influence of vacuum drying temperature on: physico-chemical composition and antioxidant properties of murta berries. *Journal of Food Process Engineering,* 40(6), 1–9. https://doi.org/10.1111/jfpe.12569

Maskan, M. (2000). Kinetics of Colour change of Kiwifruit during Hot Air and Microwave drying. *Journal of Food Engineering,* 48, 169-175. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00154-0

Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering,* 48, 177–182. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00155-2

Nouri, M., Kashaninejad, M., Ghane Garmekhani, A., & Blandi, M. (2012). Optimizing the drying process of parsley using the combined hot air-microwave method. *Journal of food processing and preservation*, 4(2), 103-122. (In Persian)

Ogura, N. (1993). Theory and method of preseving for food. In: Ogura N (ed) Food processing study. Kenpakusha Co., Ltd, Tokyo, pp 3–35 (in Japanese).

Orikasa, T., Wu, L., Shiina, T., & Tagawa, A. (2008). Drying characteristics of kiwifruit during hot air drying. *Journal of Food Engineering,* 85, 303–308. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.07.005

Ozgen, F., & Nevin C. (2019). Evaluation of Design Parameters on Drying of Kiwi Fruit. *Applied Sciences,* 9, 1-10. https://doi.org/10.3390/app9010010

Özcan, M. M., Al Juhaimi, F., Ahmed, I. A. M., Uslu, N., Babiker, E. E., & Ghafoor, K. (2020). Effect of microwave and oven drying processes on antioxidant activity, total phenol and phenolic compounds of kiwi and pepino fruits. *Journal of Food Science and Technology,* 57, 233–242. https://doi.org/10.1007/s13197-019-04052-6

Parker, J. C. (1999). Developing an Herb and Spice Industry in Callide Valley, Qeensland. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No: 99/45, RIRDC.

Pirbalouti, A. G., Mahdad, E., & Craker, L. (2013). Effects of drying methods on qualitative and quantitative properties of essential oil of two basil landraces. *Food Chemistry,* 141(3), 2440-2449. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.098

Rezvani Moghadam, P., Ghani, A., Rahmati, M., & Mohtashmi, S. (2013). The effect of different drying methods on drying time and some effective substances in two stands of tarragon plant (*Artemisia dracunculus* L). *Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research,* 29(2), 460-475. (In Persian)

Salehi, F., & Kashaninejad, M. (2014). Effect of different drying methods on rheological and textural properties of Balangu seed gum. *Drying Technology,* 32(6), 720-727. https://doi.org/10.1080/07373937.2013.858264

Shahdadi, F., Mirzaei, H., Maqsoodlou, Y., Ghorbani, M., Haina, G., & Khani, A. (2011). The effect of drying process on the amount of phenolic compounds and antioxidant activity of two cultivars of Kloteh and Mozafati dates (Phoenixductylifera). *Nutritional Sciences and Food Industries of Iran,* 6(3), 67-74. (In Persian)

Therdthai, N., & Zhou, W. (2009). Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying of mint leaves (*Mentha cordifolia* opiz ex Fresen). *Journal of Food Engineering,* 91, 482-489. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.09.031

Tawaklipour, H. (2009). Principles of drying food and agricultural products. First Edition. Aizh Publications. (In Persian)

Zakipour Malekabadi, A., Hamidi Esfahani, Z., & Abbasi, S. (2010). Formulation of lavash from kiwi fruit waste. *Iran Food Science and Industry Research Journal,* 6(4), 263-270. (In Persian)

Zirjani, L., Tavakalipour, H., & Pedram Nia, A. (2008). Optimization of banana drying process with hot air and microwave. *Scientific Research Journal of Food Science and Nutrition,* 1(6):0-0. (In Persian)

Zirjani, L., & Tawaklipour, H. (2012). Comparison of two methods of drying with hot air and microwave for the production of banana leaves. *Biosystem Engineering of Iran,* 43(1), 73-83. (In Persian)