

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 Aghaei¹ | Mansour Afshar Mohammadian^{2✉}

1. Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. Email: mansjil@yahoo.com

2. Corresponding Author, Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. Email: afshar@guilan.ac.ir

Article Info	Abstract
Article type Research Article	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.
Article history Received: 05 March 2024 Revised: 27 April 2024 Accepted: 01 May 2024 Published: 21 June 2024	Methods: For this purpose, the slices of kiwifruit were dried through all three mentioned methods until reaching the final moisture content of $15\% \pm 0.2$, which took 9 hours and 20 minutes for the traditional method, 3 hours and 15 minutes for the oven, and 9 minutes using microwave.
Keywords Drying Kiwifruit Physiology Quality	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 (gallic 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. *Ethnobiology and Biodiversity Conservation*, 1(2), 15-27. <https://doi.org/10.22091/ethc.2024.10481.1014>



©The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22091/ethc.2024.10481.1014>

Publisher: University of Qom

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

سینا آقائی^۱ | منصور افشار محمدیان^۲✉

۱. گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: mansjil@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: afshar@guilan.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله پژوهشی	هدف: میوه کیوی دارای مقادیر بالای ویتامین C، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل است. در طی فرآیند خشک کردن میوه‌ها، اتلاف انرژی و کاهش برخی متغیرهای مهم مشاهده شده است؛ از این رو روش‌های جدیدی جهت خشک کردن میوه‌ها ابداع و پیشنهاد شده است تا از اثرات منفی خشک کردن میوه‌ها جلوگیری شود. هدف از این پژوهش، مقایسه تأثیر روش‌های خشک کردن سنتی، آون (هوای داغ) و مایکروویو روی سرعت خشک کردن، مقادیر ویتامین C، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل بود.
تاریخچه دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۵ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۰۸ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۲ انتشار: ۱۴۰۳/۰۴/۰۱	مواد و روش‌ها: برای این منظور، قطعات برش داده شده کیوی در هر سه روش تا رسیدن به رطوبت نهایی 15 ± 0.2 درصد خشک شدند که مدت زمان خشک کردن تا رسیدن به این رطوبت برای روش سنتی ۹ ساعت و ۲۰ دقیقه، آون ۳ ساعت و ۱۵ دقیقه و مایکروویو ۹ دقیقه بود.
کلیدواژه‌ها خشک کردن فیزیولوژی کیفیت کیوی	نتایج: نتایج بررسی‌ها نشان داد که میانگین مقادیر ویتامین C برای روش سنتی $22/60$ (mg/100g)، آون $27/20$ (mg/100g) و مایکروویو $33/26$ (mg/100g) بود. همچنین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب $18\%/7$ ، $24\%/76$ و $28\%/16$ و فنل کل (TP) به ترتیب $34/9$ (اسیدگالیک mg/100g)، $41/55$ (گالیک اسید mg/100g)، $56/86$ (گالیک اسید mg/100g) بود.
	نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که خشک کردن 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 (۱۴۰۳). ارزیابی مقایسه‌ای تأثیر روش سنتی و روش‌های جدید خشک کردن روی سرعت خشک کردن، ظرفیت

آنتی‌اکسیدانی، میزان ویتامین C و فنل کل میوه کیوی. *زیست‌قوم‌شناسی و حفاظت تنوع زیستی*، ۱(۲)، ۲۷-۱۵.

<https://doi.org/10.22091/ethc.2024.10481.1014>



مقدمه

نام علمی گیاه *Actinidia deliciosa* L. از خانواده Actinidiaceae می‌باشد. گیاه درختی دوطایه، 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 در نهایت 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 به‌عمل آمده 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 تولید شده است که از این میزان سهم ایران ۲۸۹ هزار تن بوده و به‌عنوان پنجمین تولیدکننده کیوی در جهان شناخته شده 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 شناخته شده 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 خشک کردن، 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. خشک کردن 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. خشک کردن 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 خشک کردن را شامل می‌شود. در مقابل روش صنعتی خشک کردن با هزینه کمتری صورت می‌پذیرد، فرآورده‌های تولیدی در این روش بعضاً از لحاظ بهداشتی و اقتصادی مطلوب نبوده و غالباً قادر به برآورده کردن شاخص‌های کیفی مورد انتظار نمی‌باشد (Zirjani and Tawaklipour, 2008).

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 خشک کردن لازم است. برای رفع این مشکل و جلوگیری از کاهش کیفیت و دستیابی به یک فرآیند حرارتی مؤثر، در برخی موارد از میکروویو برای خشک کردن مواد غذایی

استفاده شده است. مثال‌های متعددی از کاربردهای خشک کردن میکروویو وجود دارد که میکروویو مزیت‌های قابل توجهی را فراهم کرده است. گرمایش حجمی ناشی از نفوذ میکروویو و کاهش هزینه‌های فرآیند، میکروویو را به منبع جذاب انرژی حرارتی تبدیل کرده است. زمان‌های کوتاه‌تر فرآوری، به میزان قابل توجهی هزینه‌های تولید برخی محصولات را کاهش می‌دهد (Zirjani and Tawaklipour, 2008). امواج میکروویو، 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 میکروویو به حرارت می‌شود. قابل توجه اینکه خلاف روش‌های دیگر خشک کردن که در آن‌ها گرما باید از سطح به عمق نفوذ کند، در این روش گرما در خود بافت ماده غذایی تولید شده و از آسیب دیدن و سوختن قسمت‌های سطحی ماده غذایی جلوگیری می‌شود. در خشک کردن با میکروویو، خروج رطوبت سریع‌تر است و همچنین به خاطر تمرکز انرژی، سیستم میکروویو فقط ۲۰ تا ۳۵ درصد نسبت به سایر روش‌های خشک کردن 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 ۴ mm 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 میکروویو به‌طور یکسان توزین و توزیع شده 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 $\pm 15/2$ 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 $\pm 15/2$ درصد انجام گرفت (Orikasa et al., 2008). در روش استفاده از میکروویو، نمونه‌ها در میکروویو با توان ۷۰۰ وات قرار گرفته و هر یک دقیقه وزن شدند.



شکل ۱. برش‌های کیوی به ضخامت ۴ میلی‌متر

آزمون‌های انجام شده روی نمونه‌ها

اندازه‌گیری رطوبت اولیه

رطوبت اولیه کیوی با خشک کردن 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 خشک شده از آون خارج شده و درون دسیکاتور قرار داده شده و پس از رسیدن به دمای محیط، وزن ثانویه

نمونه‌ها به وسیله ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم 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.

$$100 \times \frac{\text{جرم ثانویه نمونه‌ها} - \text{جرم اولیه نمونه‌ها}}{\text{جرم اولیه نمونه‌ها}} = \text{درصد رطوبت اولیه بر مبنای وزن تر}$$

کاهش وزن

میزان کاهش وزن نمونه‌ها (WR)^۱ نمونه‌های کیوی در طی خشک کردن در تیمارهای مختلف از معادله زیر به دست آمد.

$$WR = \frac{A_t - A_0}{A_0} \times 100$$

A_t = وزن نمونه بعد از خشک کردن (g)

A_0 = وزن نمونه قبل از خشک کردن (g)

WR = درصد کاهش وزن نمونه‌های کیوی

اندازه‌گیری ویتامین C

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

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها، از طریق خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۱ و ۱ دی‌فنیل-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 به سرعت 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:

$$\% \text{ DPPHsc} = (A_c - A_s) / A_c \times 100$$

A_c : جذب نوری شاهد و A_s : 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 Excel 2013 جهت رسم نمودارها استفاده شد.

¹. Weight Reduction

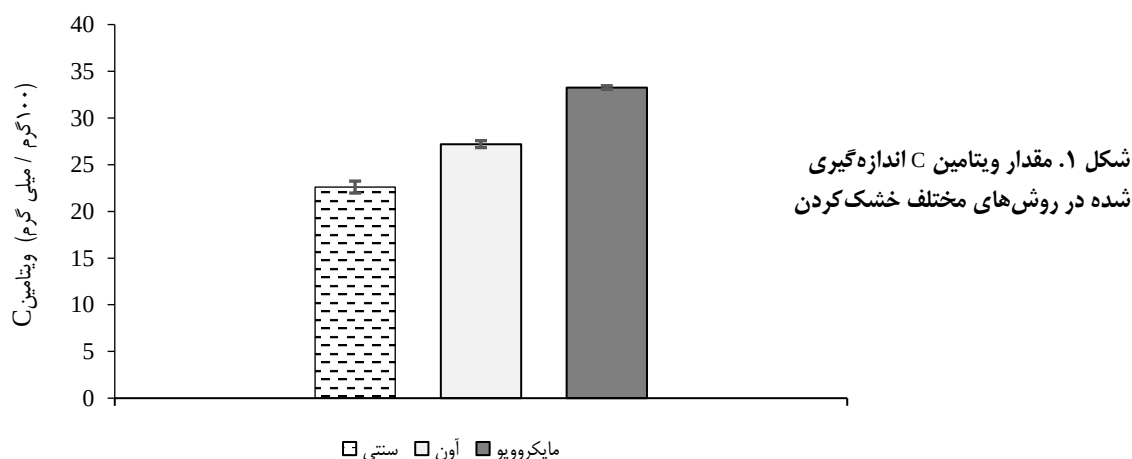
نتایج

رطوبت اولیه

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

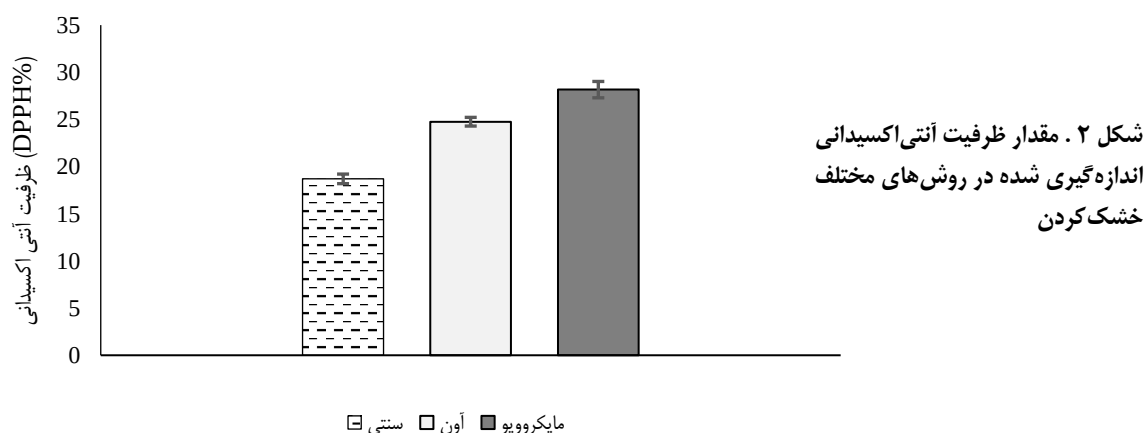
ویتامین C

مقادیر به دست آمده ویتامین C برای هر کدام 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 نشان دهنده 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 حفظ شده بود.



ظرفیت آنتی اکسیدانی

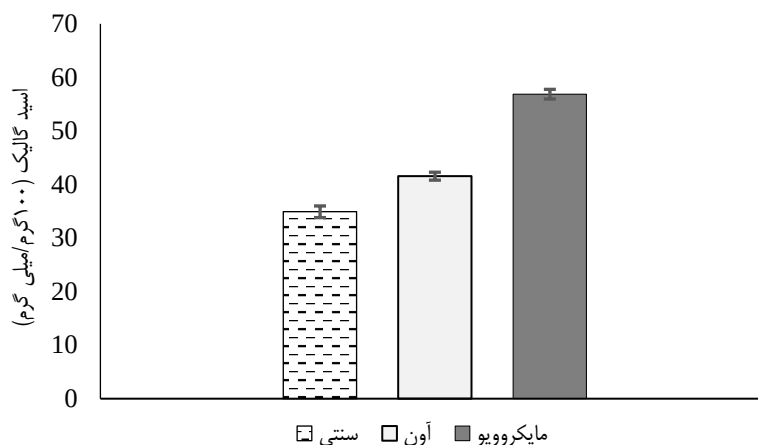
مقادیر به دست آمده ظرفیت آنتی اکسیدانی برای روش‌های سنتی، آون و مایکروویو در شکل ۲ آورده شده است که به ترتیب ۱۸٪/۷، ۲۴٪/۷۶، ۲۸٪/۱۶ بود.



مطابق با نتایج به دست آمده، ظرفیت آنتی اکسیدانی روش مایکروویو نسبت به روش سنتی و آون به ترتیب ۵۰/۵٪ و ۱۳/۷٪ بیشتر بود.

فنل کل

مقادیر به دست آمده 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 خشک کردن

مطابق با نتایج به دست آمده، 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 به دست آمده برای سرعت خشک شدن ورقه‌های میوه کیوی به ضخامت ۴ میلی‌متر برای هر سه روش مذکور تا رسیدن به رطوبت 0.2 ± 15 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 خشک کردن ورقه‌های کیوی، می‌تواند زمان خشک کردن را بیشتر از ۹۵ درصد کاهش دهد.

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

الف		ب		پ	
زمان سپری شده (۳۰ دقیقه)	رطوبت باقی‌مانده (درصد)	زمان سپری شده (ساعت)	رطوبت باقی‌مانده (درصد)	زمان سپری شده (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 از نظر آماری در اختلاف نوع روش خشک کردن، معنی‌دار هستند و فرض صفر (برابری همه میانگین‌ها) رد می‌شود. از طرفی برای ستون‌ها (نوع روش خشک کردن) نیز مقدار P-value از خطای نوع اول کوچک‌تر است، بنابراین روش خشک کردن نیز در تغییر مقدار ویتامین C، آنتی‌اکسیدان و فنل کل تأثیرگذار خواهد بود.

بحث

مطابق نتایج به‌دست آمده، سرعت خشک کردن ورقه‌های نازک میوه کیوی در روش مایکروویو بسیار سریع‌تر از روش‌های آون و سنتی بود. همچنین سرعت خشک کردن در ابتدای آزمایش سریع‌تر و به مرور زمان سرعت کاهش یافت. این نتایج در تحقیقات دیگری نیز اشاره شده است. به عنوان مثال، در پژوهشی، به منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن (طبیعی، آون و مایکروویو) بر زمان خشک کردن، 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 خشک کردن بر زمان خشک کردن 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 خشک کردن نعنای دو روش مایکروویو (خلأ) و هوای گرم استفاده شد که نتایج نشان‌دهنده این بود که روش مایکروویو موجب کاهش زمان خشک کردن به میزان ۸۵ الی ۹۰ درصد نسبت به هوای گرم می‌شود (Therdthai and Zhou, 2009). نتایج تحقیقی نشان داد که خشک کردن 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 خشک کردن را به ترتیب تا ۱۱۱، ۹۲، ۳۷ و ۳۱ برابر کاهش داد (Parker, 1999).

قدرت خشک کردن بالاتر در خشک‌کن‌های مایکروویو، به‌طور قابل توجهی زمان خشک کردن را کوتاه‌تر می‌کند. زمان خشک کردن بسته به نوع محصول و شرایط خشک کردن می‌تواند بیشتر از ۵۰٪ کاهش یابد. در پژوهشی گزارش شد که در خشک کردن ماکارونی، زمان خشک کردن از ۸ ساعت در روش‌های متداول تا ۱/۵ ساعت با مایکروویو کاهش می‌یابد که بیانگر کاهش ۷۵ درصدی زمان خشک کردن 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 مدت زمان طولانی‌تری برای خشک کردن لازم است. برای رفع این مشکل و جلوگیری از کاهش کیفیت و دستیابی به یک فرآیند حرارتی مؤثر، در برخی موارد از مایکروویو برای خشک کردن مواد غذایی استفاده شده است. مثال‌های متعددی از کاربردهای خشک کردن 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 and

(Tawaklipour, 2008). نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج گزارش شده طی بررسی تأثیر توان‌های مختلف مایکروویو (۹۰، ۱۸۰، ۳۶۰، ۶۰۰ وات) در خشک کردن 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) خشک کردن با هوای گرم و مایکروویو در کیوی (با قطر $۰/۲۳۶ \pm ۵/۰۳$ میلی‌متر) را مورد بررسی قرار داد. سرعت خشک شدن و چروک شدن و از دست دادن آب در این مطالعه مقایسه شد. نتایج نشان داد که خشک کردن با انرژی مایکروویو باعث افزایش سرعت خشک کردن و کاهش چشم‌گیری در زمان خشک کردن شد. چروکیدگی کیوی طی خشک کردن با مایکروویو بیشتر از جریان هوای گرم بود. همچنین برش‌های خشک شده به روش مایکروویو، خاصیت از دست دادن آب کمتر و جذب آب بیشتر در مقایسه با سایر روش‌های خشک کردن را نشان دادند (Maskan, 2000).

در تحقیق دیگری خشک کردن میوه کیوی در خشک‌کن همرفتی به صورت تجربی مورد بررسی قرار گرفت. سرعت هوا، ضخامت برش‌ها و زمان خشک شدن پارامترهای مختلف در فرآیند خشک کردن 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 $۱/۵-۰/۵$ متر بر ثانیه در خشک‌کن خشک شدند. با توجه به نتایج آزمایش‌ها و تحلیل واریانس مشخص شد که سرعت هوای خشک کردن 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 خشک شدن (۷۵۰ دقیقه) برای نمونه کیوی برش داده شده با ضخامت ۸ میلی‌متر، $۰/۵$ متر بر ثانیه بود. همچنین نتیجه‌گیری شد که کار با خشک‌کن همرفتی در سرعت‌های مختلف از نظر حفظ روشنایی و کیفیت رنگ سودمند است (Ozgen and Nevin, 2019).

Chin و همکاران (۲۰۱۵) ویژگی‌های خشک شدن و کیفیت محصول برش‌های کیوی خشک شده با هوای گرم را مورد بررسی قرار دادند. خشک کردن 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 خشک کردن برش‌های کیوی در دمای خشک شدن بالاتر، سرعت خشک شدن را تحریک می‌کند که منجر به کوتاه شدن زمان خشک شدن کل مورد نیاز می‌شود. از نظر آنالیز کیفیت، برش‌های کیوی خشک شده در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد با سریع‌ترین سرعت خشک کردن که منجر به کاهش زمان خشک کردن شد، مقدار بیشتری از محتوای فنلی کل حفظ شد. با این حال، خشک کردن 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 خشک کردن حفظ کنند (Chin et al., 2015).

مطابق نتایج به دست آمده، ویتامین C، فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ورقه‌های نازک میوه کیوی در خشک کردن به روش مایکروویو نسبت به آون و آون نسبت به سنتی بیشتر بود. از آنجایی که 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). خشک کردن میوه به صورت آفتابی موجب اتلاف زیاده‌تری از مقادیر کاروتن و ویتامین C می‌شود. در خصوص ویتامین C افزایش سرعت خشک شدن مقدار اتلاف ویتامین را کمتر می‌کند (Tawaklipour, 2018). به کارگیری روش مایکروویو به خصوص مایکروویو-خلاء برای مواد غذایی حاوی ترکیبات فنلیک حساس به گرما، اکسیژن و ویتامین C مناسب‌تر است. این روش بافت، طعم و رنگ ماده غذایی را نسبت به روش جریان هوا بهتر حفظ می‌کند (Harder and Toledo, 2009). همچنین طی خشک کردن گیاه ختمی (*Hibiscus sabdariffa*) با روش‌های مختلف خشک کردن با مایکروویو، جریان هوای داغ و خشک کردن تحت خلا گزارش شد که کوتاه‌ترین زمان خشک کردن و بالاترین محتوای اسکوربیک اسید و بهترین ویژگی‌های رنگی مربوط به تیمارهای خشک شده با روش مایکروویو بوده است (Alibas and Köksal, 2014). همچنین در پژوهشی جهت بررسی تأثیر پیش تیمار مایکروویو بر خواص تغذیه‌ای برگ‌های کیوی خشک شده توسط هوای گرم، نتایج نشان داد که بهترین نمونه‌ها از نظر 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. به عنوان مثال در تحقیقی با عنوان مقایسه دو روش خشک کردن 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 خشک کردن در روش خشک کردن با مایکروویو کوتاه‌تر از روش خشک کردن با هوای داغ بود و درواقع ۹۰٪ کاهش در زمان خشک کردن در روش مایکروویو نسبت به روش هوای داغ مشاهده شد (Zirjani and Tawaklipour, 2012). در تحقیقی اثر روش‌های مختلف خشک کردن 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 در نتیجه حفظ رنگ گیاه شد (Pirbalouti et al., 2013). در رابطه با فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، باید گفت که خشک کردن با مایکروویو موجب حفظ بیشتری از این ترکیبات نسبت به دو روش دیگر می‌شود. البته در برخی تحقیقات به مقایسه مواد خشک شده و طبیعی پرداخته‌اند که نتیجه‌گیری‌های متضادی برحسب نوع ماده مورد آزمایش به دست آمده است. طی پژوهشی که روی میوه‌های موز و پپینو انجام شد، نتایج نشان داد بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنلی در نمونه‌های خشک شده با مایکروویو و پس از آن نمونه‌های خشک شده در آون به دست آمد (Özcan et al., 2020). خشک کردن با هوای گرم یک روش خشک کردن سنتی برای سبزیجات و میوه‌ها است (Ogura, 1993; Orikasa et al., 2008; Lopez et al., 2017;). باین حال، استفاده از گرما در میوه‌ها برای مدت زمان طولانی اغلب منجر به تغییرات فیزیکوشیمیایی مختلف می‌شود (Cierniewska-Zytkiewicz et al., 2001; Maskan, 2014). خشک کردن با مایکروویو که برای مدت زمان نسبتاً کوتاهی انجام می‌شود، می‌تواند جایگزین بهتری برای روش سنتی خشک کردن با هوای گرم باشد. علاوه بر هزینه، انرژی کمتری که در خشک کردن مایکروویو متحمل می‌شود، در مقایسه با عملیات خشک کردن با هوای گرم معمولی، سرعت این فرآیند نیز سریع‌تر است. اطلاعات در مورد تأثیر مایکروویو یا خشک کردن 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 خشک کردن 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 خشک کردن اجاق‌های معمولی و مایکروویو در خصوص محتوای فنلی کل برش‌های پیاز، بیشترین مقدار در نمونه‌های خشک شده 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 خشک کردن 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 خشک کردن انجمادی بر سینتیک خشک کردن، رنگ، محتوای فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آناناس بررسی شد. کمترین تغییر در مقدار پارامتر رنگ (EΔ) (۴/۸۳) با خشک کردن انجمادی آناناس به دست آمد. نمونه‌های خشک شده 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 خشک کردن انجمادی و خشک کردن مایکروویو در ۳۵۰ وات به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه، روش‌های همرفتی، خشک کردن انجمادی و مایکروویو برای خشک کردن 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). هنگامی که آن‌ها محتوای ترکیبات فنلی را در گوجه‌فرنگی و آناناس پس از خشک شدن ارزیابی کردند؛ مقادیر بیشتری را در نمونه‌های خشک شده 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 با نفوذ مستقیم موج به داخل ماده در طول خشک کردن 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 خشک کردن اثرات متفاوتی بر ترکیبات فنلی دارند (Izli et al., 2017). برخلاف نتایج فوق، در تحقیقی که به منظور تأثیر فرایند خشک کردن بر میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دو رقم خرما کلوته و مضافتی (Phoenixductylifera) انجام شد، نتایج نشان‌دهنده کاهش میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها پس از خشک شدن 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 خشک کردن 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. از نظر مدت زمان 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 مایکروویو 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 مایکروویو بود (Rizvani, 2012). ظاهراً از آنجایی که 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 از جمله میوه‌هایی است که ارزش غذایی و املاح بالایی دارد. خشک کردن یکی از روش‌های نگهداری میوه‌ها و سبزیجات در طولانی مدت است که حفظ این املاح، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ویتامین‌های آن بسیار حائز اهمیت است. مقایسه سرعت خشک شدن سه روش خشک کردن متداول کیوی (سنتی، آون (هوای داغ) و مایکروویو) و ارزیابی میزان ویتامین C، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل در تحقیق حاضر نشان داد که خشک کردن با مایکروویو علاوه بر افزایش سرعت خشک کردن نسبت به دو روش دیگر، موجب حفظ مقادیر بالایی از شاخصه‌های مذکور شده بود. از این رو، خشک کردن با مایکروویو به عنوان روش مستقل یا مکمل جهت خشک کردن کیوی نسبت به روش‌های سنتی و هوای داغ توصیه می‌شود.

منابع

- افشار محمدیان، منصور؛ و فلاح، فاطمه (۱۳۹۵). کشت، پرورش و ارزش غذایی کیوی. انتشارات وارسته.
- توکلی‌پور، حمید (۱۳۸۸). اصول خشک کردن مواد غذایی و محصولات کشاورزی. چاپ دوم. انتشارات آبیژ.
- رضوانی مقدم، پرویز؛ غنی، عسکر؛ رحمتی، میترا؛ و محتشمی، سعیده (۱۳۹۲). اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر زمان خشک شدن و برخی مواد مؤثره در دو توده گیاه ترخون (*Artemisia dracunculus* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲ (۲۹)، ۴۶۰-۴۷۵.
- زکی پور ملک‌آبادی، الهام؛ حمیدی اصفهانی، زهره؛ و عباسی، سلیمان (۱۳۸۹). فرمولاسیون لواشک از ضایعات میوه کیوی. پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۶ (۴)، ۲۶۳-۲۷۰.
- زیرجانی، لیلا؛ توکلی پور، حمید (۱۳۸۷). بهینه‌سازی فرایند خشک کردن موز با هوای داغ و مایکروویو. علوم غذایی و تغذیه، ۶ (۱)، ۰-۰.
- زیرجانی، لیلا؛ و توکلی پور، حمید (۱۳۹۱). مقایسه دو روش خشک کردن با هوای داغ و مایکروویو برای تولید برگه موز. مهندسی بیوسیستم ایران، ۴۳ (۱)، ۷۳-۸۳.
- شهزادی، فاطمه؛ میرزایی، حبیب...؛ مقصودلو، یحیی؛ قربانی، محمد؛ و دارایی گرمه خانی، امیر (۱۳۹۰). تأثیر فرایند خشک کردن بر میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دو رقم خرما کلوته و مضافتی (*Phoenixductylifera*). علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۶ (۳)، ۶۷-۷۴.
- عابدینی، جواد (۱۳۸۸). فیزیولوژی و تکنولوژی صنایع تبدیلی کیوی و اصول نگهداری آن در سردخانه. چاپ دوم. تهران: انتشارات دانش نگار.

نوری، مجتبی؛ کاشانی نژاد، مهدی؛ دارایی گرمه خانی، امیر؛ و بلندی، مرضیه (۱۳۹۱). بهینه سازی فرآیند خشک کردن 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*. Tehran: Daneshnegar Publications. (in Persian)
- Afshar Mohammadian, M., & Fallah, F. (2016). *Cultivation, breeding and nutritional value of kiwi*. Varasteh Publications. (in Persian)
- Alibas, I., & Köksal, N. (2014). Convective, Vacuum and Microwave Drying Kinetics of Mallow Leaves and Comparison of Color and Ascorbic 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-Zytikiewicz, 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 oil retention 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](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](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 *Food processing study* (pp. 3-35). Tokyo: Kenpakusha Co., Ltd. (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, Queensland. 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 (*Phoenixdactylifera*). *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*. 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. (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)