

Evaluation of Kiwi Quality Indicators in the Drying Process by a Fixed Bed Dryer Equipped with Phase Change Materials

Sheykhani Nejad Fallah, Zahra¹, Zangeneh, Morteza², Banaeian, Narges³

Received: June 29, 2023

Accepted: August 8, 2024

1. Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Corresponding Author, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
3. Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

*Corresponding Author: zanganeh@guilan.ac.ir

Abstract

Kiwi fruit is one of the most important export products of the country and Gilan province. The export of this product is often for fresh consumption, while dried kiwi can bring a lot of added value in addition to significantly reducing the cost of storage and transportation. One of the requirements for success in the field of dry kiwi production and export is to pay attention to the quality indicators of the product after drying, which is considered in this research. Aim of this research is the investigation of temperature (55, 65 and 75 °C) and Phase Change Material (PCM) effect on four quality indicators of thin slices of kiwifruit including color changes, pH level, shrinkage percentage, marketability and consumer desirability. A total of six treatments were obtained by combining the independent variables. The drying process was carried out under the pretreatment of infrared power of 250 W, infrared time of 10 minutes, microwave power of 400 W, microwave time of 4 minutes and enzyme removal in a layered fixed bed dryer. This study was conducted as a randomized complete block design with four replications. Data analysis was done in IBM SPSS Statistics 26 software. In the end, in order to find the best treatment, Copeland integration technique was used. The results showed that the best treatment in terms of color changes is 75 °C - PCM, in terms of pH level is 65 °C - PCM, 65 °C - no PCM and 75 °C - no PCM and in terms of shrinkage percentage is 75 °C -no PCM, 55 °C-no PCM and 75 °C - PCM. The superior treatment in the marketability section is 75°C- no PCM. The overall best treatment in terms of four quality indicators is 75°C- no PCM.

Keywords: Color Changes, Marketability and Consumer Desirability, pH Level, Shrinkage Percentage, Temperature

How to cite:

Sheykhani Nejad Fallah, Z, Zangeneh, M, Banaeian, N. (2024). *Evaluation of Kiwi quality indicators in the drying process by a fixed bed dryer equipped with phase change materials*. Journal of Agricultural Mechanization, 9 (2):17-28. [https://doi.org/ 10.22034/jam.2024.57314.1243](https://doi.org/10.22034/jam.2024.57314.1243)

ارزیابی شاخص‌های کیفی کیوی در فرآیند خشک شدن با خشک کن بستر ثابت مجهز به مواد تغییر فاز دهنده

زهرا شیخانی نژاد فلاح^۱، مرتضی زنگنه^۲، نرگس بنائیان^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۸

۱- گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۲- نویسنده مسئول، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۳- گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

* مسئول مکاتبه: E-mail: zanganeh@guilan.ac.ir

چکیده

میوه کیوی یکی از مهم ترین محصولات صادراتی کشور و استان گیلان است. صادرات این محصول اغلب با هدف تازه خوری است در صورتی که کیوی خشک شده علاوه بر کاهش قابل توجه هزینه حمل و نقل، ارزش افزوده بسیاری نیز می تواند به همراه داشته باشد. یکی از الزامات موفقیت در عرصه تولید و صادرات کیوی خشک، توجه به شاخص‌های کیفی محصول پس از خشک شدن است که در این تحقیق مورد توجه قرار گرفته است. لذا هدف از این پژوهش، بررسی اثر دما (۶۵، ۷۵، ۷۵°C) و مواد تغییر فاز دهنده بر چهار شاخص کیفی ورقه‌های نازک کیوی شامل تغییرات رنگ، میزان pH، درصد چروکیدگی و بازارپسندی و میزان مطلوبیت مصرف کننده می باشد. با ترکیب متغیرهای مستقل مجموعاً شش تیمار به دست آمد. فرآیند خشک کردن تحت پیش تیمار توان فروسرخ ۲۵۰ وات، زمان فروسرخ ۱۰ دقیقه، توان ریزموج ۴۰۰ وات، زمان ریز موج ۴ دقیقه و آنزیم بری در خشک کن بستر ثابت طبقاتی انجام شد. این مطالعه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم افزار IBM SPSS Statistics 26 انجام گرفت. در پایان به منظور یافتن بهترین تیمار، از روش ادغامی کپ لند استفاده شد. نتایج نشان داد بهترین تیمار از نظر تغییرات رنگ، دمای ۷۵°C - وجود PCM، از نظر میزان pH، دمای ۶۵°C - وجود PCM، دمای ۶۵°C - عدم وجود PCM و دمای ۷۵°C - عدم وجود PCM و از نظر درصد چروکیدگی دمای ۷۵°C - عدم وجود PCM، دمای ۵۵°C - عدم وجود PCM و دمای ۷۵°C - وجود PCM است. تیمار برتر در بخش بازارپسندی، دمای ۷۵°C - عدم وجود PCM است. بهترین تیمار به طور کلی از نظر ۴ شاخص کیفی، دمای ۷۵°C - عدم وجود PCM است.

واژه‌های کلیدی: بازارپسندی و میزان مطلوبیت مصرف کننده، تغییرات رنگ، درصد چروکیدگی، دما، میزان pH

۱- مقدمه

صادرات را دوچندان کند. خشک کردن میوه کیوی یکی از متداول ترین روش‌های نگهداری آن است که باعث کاهش هزینه حمل و نقل و ذخیره سازی به دلیل کاهش وزن و حجم محصول و افزایش عمر ماندگاری محصول به دلیل کنترل رشد حشرات، کپک‌ها و میکرو ارگانیسم‌ها می شود (Abedi, 2019). با توجه به هدف گذاری صادراتی و تشکیل اتحادیه صادرکنندگان کیوی، ضروری است شرایط بهینه خشک کردن با هدف ارتقای کیفیت کیوی خشک شده مورد بررسی قرار گیرد تا فرایند خشک کردن به گونه‌ای انجام شود تا محصول نهایی بتواند به بهترین شکل در بازارهای خارجی حضور یابد و اقبال بیشتری در پیش رو داشته باشد.

میوه کیوی از نظر صادرات، یکی از محصولات مهم صادراتی کشور محسوب می شود؛ به طوری که سالانه حدود ۱۱۲ هزار تن کیوی با ارزش بیش از ۸۲ میلیون دلار به کشورهای دیگر صادر می شود (Anonymous, 2018). براساس گزارش سالانه سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد^۱، ایران در سال ۲۰۲۱ چهارمین کشور تولید کننده کیوی در جهان (۲۹۴/۲۶ هزارتن) به شمار می رود (Kholghi Eshkalak et al., 2021). این محصول در استان‌های گیلان، مازندران و گلستان کشت می شود که در ارزش آوری کشور و بهبود وضعیت اقتصادی نقش بسیار مهمی دارد. صادرات محصول کیوی اغلب با هدف تازه خوری انجام می - شود. با توجه به هزینه‌های حمل و نقل و نگهداری کیوی تازه، ایده صادرات کیوی خشک شده، موضوعی است که می تواند ارزش افزوده

روش خشک کردن سنتی در سایه مشاهده شده است (Hasani et al., 2020).

مطالعاتی بر تاثیر مواد تغییر فاز دهنده (PCM)^۲ بر خصوصیات محصول خشک شده انجام شده است. PCM ها دارای ترکیبات آلی یا معدنی هستند که قابلیت جذب و ذخیره پنهان مقادیر زیادی از انرژی گرمایی در درون خود را دارا هستند. ذخیره انرژی گرمایی در این مواد در فرآیند تغییر فاز (تغییر حالت جامد به مایع و بالعکس) اتفاق می افتد. این مواد در هنگام تغییر فاز، گرما را از محیط جذب کرده و در فرآیند تغییر فاز برعکس خود گرما را به محیط پس می دهند. مواد تغییر فاز دهنده معمولاً قادرند بدون هیچ گونه تغییری حتی پس از هزاران چرخه تغییر فاز، انرژی گرمایی را درون خود حفظ کنند (Demirbas, 2006). PCM می تواند مقادیر زیادی از انرژی حرارتی را در یک محدوده دمایی کوچک در اطراف دمای تغییر فاز خود ذخیره کنند (Peng et al., 2020). با مطالعه تأثیر دما و PCM بر فرآیند خشک کردن کیوی، می توان راه هایی جهت بهبود کارایی و کیفیت فرآیند شناسایی کرد. Bal (2010) از پارافین جامد به عنوان ماده تغییر فاز دهنده برای ذخیره کردن انرژی خورشیدی در روز استفاده می کرد. همچنین Esakkimuthu et al. (2013) یک واحد ذخیره سازی حرارتی ماده تغییر فاز دهنده از نوع بستر فشرده در ساخت یک خشک کن استفاده کردند. آن ها اثبات کردند که انتخاب ماده تغییر فاز دهنده با یک دمای تغییر فاز مناسب دارای اهمیت و عاملی کلیدی برای اجتناب از فاسد شدن مواد غذایی است. در پژوهش دیگری Jannatkhah et al. (2018) از پارافین به عنوان ماده تغییر فاز دهنده درون لوله های مسی در ساخت یک خشک کن استفاده کردند. آن ها یک مقطع لوله مسی را بسته و سپس پارافین ذوب شده را درون آن ها ریخته و سر دیگر لوله را مسدود کردند. دمای تغییر فاز این ماده ۵۱°C-۵۳ بود. تحقیق حاضر با هدف انتخاب بهترین تیمار (ترکیبی از تغییرات دما و مواد تغییر فاز دهنده) برای خشک کردن میوه کیوی بر اساس شاخص های کیفی شامل تغییرات رنگ، میزان pH، درصد چروکیدگی و بازاری پسنندی و میزان مطلوبیت مصرف کننده انجام شد. نتایج این پژوهش، تحت عنوان ارزیابی متغیرهای کیفی فرآیند خشک کردن کیوی در خشک کن نیمه صنعتی بستر ثابت، از این جهت حائز اهمیت است که می تواند بینشی در مورد چگونگی بهینه سازی فرآیند خشک کردن ورقه های کیوی در خشک کن بستر ثابت طبقاتی با هدف ارتقای ویژگی های کیوی محصول نهایی ارائه دهد. تفاوت مطالعه حاضر با مطالعات قبلی در این زمینه، استفاده از پیش تیمار فرورسرخ، زمان اعمال فرورسرخ، ریزموج، زمان اعمال ریزموج و آنزیم بری و در عین حال اعمال تیمارهای سطوح دمایی و مواد تغییر فاز دهنده است. از این حیث جامعیت بیشتری از نظر تعداد عوامل مورد آزمایش نسبت به مطالعات مشابه دارد. همچنین بررسی اثر این تعداد از عوامل بر متغیرهای کیفی متعدد شامل تغییرات رنگ، اسیدیته، درصد چروکیدگی و مطلوبیت و بازاری پسنندی نیز تفاوت دیگری است که این

بررسی تحقیقات انجام شده در مورد فرآیند خشک کردن کیوی و متغیرهای به کار رفته در آنها نشان می دهد، متغیر آبگیری مجدد (Eshraghi et al., 2013)، تغییرات رنگ (Aidani et al., 2017)، چروکیدگی (Eshraghi et al., 2011)، فعالیت آنتی اکسیدانی (Mohammadi et al., 2019)، ویژگی های بافتی (Taghinezhad et al., 2021)، بیشترین فراوانی را داشته اند. در مورد محصولات دیگر نیز پارامترهای مشابهی مورد بررسی قرار گرفتند. به عنوان مثال به منظور ارزیابی عملکرد یک دستگاه خشک کن، (Ghasemkhani et al., 2019) تأثیر شرایط خشک کردن بر کیفیت ورقه های سیب خشک شده را با تعیین پارامترهای کیفی از قبیل نسبت جذب آب، چگالی ظاهری، درصد چروکیدگی و تغییر رنگ سطحی ارزیابی کردند. به علاوه در مطالعاتی که در مورد محصول کیوی انجام شده، آزمایش هایی در سطوح دمایی مختلف و سرعت هوای مختلف و همچنین ضخامت های مختلف از لایه محصول انجام شده است. پارامترهای اندازه گیری شده در این آزمایش ها شامل پارامترهای کیفی و کمی مربوط به فرآیند خشک شدن است. پارامترهای کمی مانند زمان خشک شدن (Abedi, 2019)، میزان انرژی مصرفی ویژه (MJ/kg) (Taghinezhad et al., 2021)، ضریب پخش مؤثر رطوبت (m²/s) (Aidani et al., 2017) و مدت زمان خشک شدن (Eshraghi et al., 2013)، ضریب انتشار حرارتی (Sigari et al., 2015)، سینتیک خشک شدن (Aidani et al., 2017)، بازده انرژی (Taghinezhad et al., 2021) است.

باتوجه به نتایج پژوهش شیخانی و همکاران (۱۴۰۳)، بهترین پیش تیمار از نظر کمترین میزان مصرف انرژی ویژه برای خشک کردن کیوی معرف شد که در تحقیق حاضر مورد استفاده قرار گرفت (Sheykhan Nejad Fallah et al., 2023). نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که توان فرورسرخ ۲۵۰ وات، زمان فرورسرخ ۱۰ دقیقه، توان ریزموج ۴۰۰ وات، زمان ریز موج ۴ دقیقه و آنزیم بری با آب جوش دارای کمترین میزان انرژی مصرفی ویژه و بهترین پیش تیمار است. تیمارهای اصلی بر روی نمونه های حاصل از بهترین پیش تیمارهای معرفی شده اعمال شده و تیمارهای برتر بر اساس ویژگی های کیفی محصول نهایی معرفی و توصیه شوند.

استفاده از ریزموج در خشک کردن محصولات کشاورزی در برخی محصولات انجام شده است. در این راستا، در سال ۱۳۹۹ پژوهشی در جهت مشاهده اثر روش خشک کردن با دستگاه ریزموج^۱ بر زمان خشک کردن، تغییرات رنگ، میزان اسیدهای آلی و ویتامین C میوه سماق انجام گرفت و با روش سنتی (خشک کردن در سایه و آفتاب) مقایسه شد. در نتیجه انجام این پژوهش، بهترین نقطه خشک کردن سماق به وسیله خشک کن ریزموج توان ۸۱۵ وات بود که کمترین زمان و تغییرات رنگ و بیشترین مواد شیمیایی در این نقطه به دست آمد. کمترین تغییرات رنگ و بیشترین مقدار اسیدهای آلی و ویتامین C در

² Phase Change Material (PCM)

¹ Microwave

نمونه‌ها قبل از وارد شدن به دستگاه خشک کن بستر ثابت طبقاتی و اعمال تیمارهای موردنظر بر اساس مطالعه Sheykhani Nejad Fallah et al (2023)، تحت بهترین پیش تیمارها قرار گرفتند. بهترین پیش تیمار باتوجه به کمترین میزان انرژی مصرفی ویژه به‌عنوان متغیر وابسته انتخاب شده بودند. پیش تیمار منتخب عبارت است از: توان فرسوخ ۲۵۰ وات، زمان فرسوخ ۱۰ دقیقه، توان ریزموج ۴۰۰ وات، زمان ریز موج ۴ دقیقه و آنزیم بری با آب جوش (Amiri Pour et al., 2017; Sheykhani Nejad Fallah et al. 2023).

خشک کردن با روش فرسوخ، با استفاده از یک دستگاه خشک کن فرسوخ (شکل ۱) طراحی و ساخته شده در گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه گیلان انجام شد. ابعاد خارجی این خشک کن ۵۰ سانتی‌متر طول، ۵۰ سانتی‌متر عرض و ۵۰ سانتی‌متر ارتفاع بود. بدنه داخلی از جنس استیل ۳۰۴ با ضخامت ۵ میلی‌متر و بدنه بیرونی از جنس آهن سیاه با ضخامت ۱۰ میلی‌متر ساخته شده است که با عایق پشم سنگ با ضخامت ۳۰ میلی‌متر و تراکم ۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب عایق بندی شد. دستگاه به سه عدد لامپ نور فرسوخ E27 ۲۵۰ واتی جهت خشک کردن و همچنین یک تایمر کنترل زمان جهت ارسال فرمان خاموش شدن به لامپها مجهز شد. یک پروانه در قسمت پشت محفظه نصب شده که جهت تخلیه هوای مرطوب از آن استفاده می‌شود که در کل زمان انجام فرایند خشک کردن در حال کار است. دستگاه ریزموج مورد استفاده جهت خشک کردن ورقه‌های کیوی، ریزموج برند ویکتور^۲ بود.



شکل ۱- خشک کن فرسوخ مورد استفاده در قسمت پیش تیمار

Fig 1. Infrared dryer used in the pretreatment section

۲-۴- خشک کن بستر ثابت طبقاتی

خشک کردن با استفاده از یک دستگاه خشک کن بستر ثابت طبقاتی ساخته شده در گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه گیلان انجام گرفت. منبع گرمایش توسط مشعل گازسوز تامین شد که در مبدل حرارتی تعبیه شده است. هوای گرم تولید شده در مبدل حرارتی توسط یک فن گریز از مرکز به داخل اتاقک خشک کن منتقل می‌شود. دمای هوای محفظه خشک کن با استفاده از یک کنترلر دما تنظیم شده و فرمان خاموش و روشن شدن مشعل گازسوز نیز توسط این کنترلر صادر میشود.

مطالعه با دیگر مطالعات مشابه در محصول کیوی دارد. در عین حال این مطالعه رهیافتی از ادغام نتایج متغیرهای کمی و کیفی مختلف اثرگذار بر ویژگی‌های کیفی در فرایند خشک کردن محصول کیوی و روش کپ لند جهت انتخاب بهترین تیمار ارائه داده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه و آماده سازی

آزمایش‌ها بر روی کیوی تازه تهیه شده از بازار انجام گرفت. کیوی‌ها در یخچال و دمای ۴°C در مدت زمان انجام آزمایش‌ها نگهداری شدند. نمونه‌ها ۲ ساعت قبل از انجام آزمایش‌ها از یخچال خارج شدند تا به حالت تعادل با دمای محیط برسند (Gholami Parshokohi et al., 2018). کیوی‌ها با آب شسته و سطح آن‌ها با کاغذ صافی خشک شد (Yousefi et al., 2016). پس از پوست گیری، کیوی‌ها با ضخامت ۷ میلی‌متر توسط یک ورقه کن دستی برش داده شد.

۲-۲- تعیین رطوبت اولیه

قبل از فرایند خشک کردن به منظور تعیین رطوبت اولیه کیوی، وزن خشک و رطوبت اولیه محصول به دست آمد (Khayati, 2016 & Amiri Chayjan). محتوای رطوبت اولیه نمونه‌ها بر اساس استاندارد ای او ای سی^۱ و طبق رابطه شماره (۱) انجام گرفت (Ozgen & Celik, 2019):

$$dwb = \frac{(m_{wet} - m_{dry})}{m_{dry}} \times 100 \quad (1)$$

که در آن: dwb رطوبت بر پایه خشک؛ m_{wet} جرم قبل از آون گذاری (جرم اولیه) (گرم)؛ m_{dry} جرم بعد از آون گذاری (جرم نهایی) (گرم).

۲-۳- پیش تیمارها

پژوهش Azadbakht et al. (2019) نشان داد که اعمال آنزیم بری قبل از ریزموج بهتر است انجام شود. همچنین با توجه به پژوهشی که توسط Ahmadi Ghavidelan & Amiri Chayjan (2017) انجام شد مشخص شد که بهتر است اعمال پیش تیمار ریز موج قبل از فرسوخ انجام گیرد. به همین دلیل ترتیب اعمال پیش تیمارها ابتدا بصورت نمونه تحت فرایند آنزیم بری و سپس به ترتیب در دستگاه ریزموج و خشک کن فرسوخ قرار داده شد. نتایج حاکی از آن بود که توان فرسوخ ۲۵۰ وات، زمان فرسوخ ۱۰ دقیقه، توان ریزموج ۴۰۰ وات، زمان ریز موج ۴ دقیقه و آنزیم بری با آب جوش کمترین میزان انرژی مصرفی ویژه و بهترین پیش تیمار است (Sheykhani Nejad Fallah et al., 2023).

¹ AOAC

² Victor

در این پژوهش، پارافین گرانول گرید آزمایشگاهی به عنوان ماده تغییر فاز دهنده در خشک کن مورد استفاده قرار گرفت. برای ساخت مبدل گرمای PCM از یک رادیاتور دارای ۲۰ لوله مسی به همراه پره های آلومینیومی استفاده شد که در آن پارافین به عنوان مواد تغییر فاز دهنده عملیات ذخیره سازی حرارت را انجام داد.

۲-۵- فرآیند خشک کردن

جهت انجام فرآیند خشک کردن، از نمونه هایی با وزن ۶۰ گرم، روی سینی خشک کن به صورت تک لایه در موقعیت های از قبل تعیین شده از طبقات خشک کن قرار داده شد. ۱۰ دقیقه قبل از اعمال هر یک از تیمارها، جهت ایجاد شرایط یکسان در هنگام اندازه گیری متغیرهای وابسته برای روشن نمودن دستگاه خشک کن اقدام شد. عملیات داده برداری (توزین) در فواصل زمانی ۳۰ دقیقه ای انجام گرفت تا نمونه ها به رطوبت ۱۵ درصد برسند (FAO-AGS, 2007; Gholami, Parshokohi et al., 2018).

۲-۶- ارزیابی تغییرات رنگ

رنگ نمونه ها قبل و بعد از خشک کردن به وسیله دستگاه رنگ سنج^۱ مدل TES - 135 اندازه گیری شد. به منظور توصیف تغییرات رنگ در طول خشک کردن از شاخص تغییرات رنگ کل (ΔE) استفاده شد (رابطه ۲) (Tabatabaei kolor et al., 2019):

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L_i^*)^2 + (a_0^* - a_i^*)^2 + (b_0^* - b_i^*)^2} \quad (2)$$

که در آن: L میزان روشنایی؛ a رنگ قرمز-سبز؛ b رنگ زرد-آبی.

اندیس های 0 و i به ترتیب بیانگر مشخصه های رنگ کیوی تازه و خشک شده هستند.

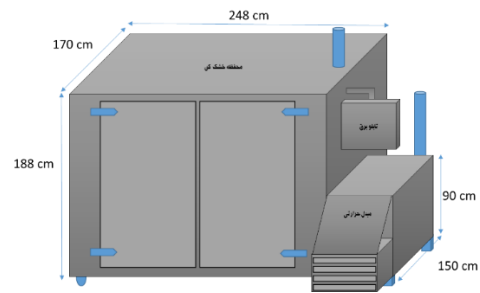
۲-۷- میزان pH

برای اندازه گیری pH، ابتدا یک محلول ۱۰ درصد از نمونه های خشک شده تهیه شد و سپس با استفاده از یک متر دیجیتال مدل ATC با دقت ۰/۰۱ درصد اندازه گیری انجام شد (Tabatabaei kolor et al., 2019).

۲-۸- درصد چروکیدگی^۲

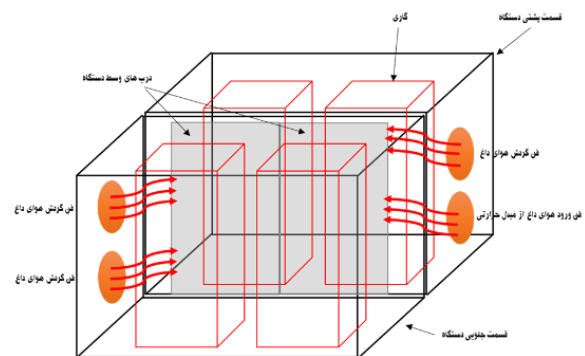
برای اندازه گیری درصد چروکیدگی نمونه ها، به دلیل شکل نامنظم آن ها، از روش جابه جایی مایع^۳ استفاده شد. در این پژوهش برای جلوگیری از جذب مایع توسط نمونه ها از تولوئن به جای آب استفاده شد.

طول، عرض و ارتفاع این خشک کن به ترتیب ۲۴۸، ۱۷۰ و ۱۸۸ سانتی متر است. بدنه داخلی دستگاه از جنس استیل ۳۰۴ با ضخامت ۰/۵ میلی متر است. جداره بیرونی دستگاه نیز از جنس ورق گالوانیزه با ضخامت ۰/۵ میلی متر ساخته شده است. بین دوجداره دستگاه از عایق پشم سنگ پانلی با ضخامت ۳ سانتی متر و تراکم ۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب استفاده شده است تا عایق بندی مناسبی جهت حفظ گرمای درون محفظه خشک کن ایجاد کند. سه عدد پروانه در داخل دستگاه تعبیه شده است که وظیفه گردش هوای داغ داخل محفظه خشک کن را بر عهده دارند (شکل ۲). سرعت حرکت هوا در محفظه قابل تنظیم نیست و فقط از طریق خاموش و روشن کردن در چرخه هایی که دمای مبدل به دمای تنظیم شده می رسد، فن ها کنترل می شوند. یک پروانه تخلیه هوای مرطوب در روی سقف محفظه نصب شده که با افزایش میزان رطوبت داخل محفظه اقدام به تخلیه هوای مرطوب می کند. تا زمانی که رطوبت داخل محفظه خشک کن به حد ۱۵ درصد نرسد، فن تخلیه هوای مرطوب فعالیت می کند. ساختار قرارگیری پروانه های گردش هوای داغ در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲- طرحواره بیرونی خشک کن بستر ثابت طبقاتی

Fig 2. The outer scheme of the Semi-Industrial Fixed Bed Dryer



شکل ۳- ساختار داخلی و نحوه گردش هوای خشک کن بستر ثابت طبقاتی

Fig 3. The internal structure and air circulation of the Semi-Industrial Fixed Bed Dryer

³ Liquid displacement or Water displacement

¹ Colorimeter

² Shrinkage Percentage

قبول تا خوب؛ رتبه شش: خوب و رتبه هفت: خیلی خوب) در زمینه بافت، طعم و رایحه، رنگ، شکل و پذیرش کلی به تفکیک شش تیمار مورد آزمایش جمع‌آوری شد.

۹-۲- تیمارها و تحلیل داده‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در این آزمایش دو متغیر مستقل دما و مواد تغییر فازدهنده به عنوان عامل مورد استفاده قرار گرفت. در مجموع شش تیمار از ترکیب عوامل فوق شامل سه سطح دمای هوا (۵۵، ۶۵ و ۷۵°C) و وجود یا عدم وجود PCM به دست آمد (جدول ۳). تأثیر این تیمارها بر چهار شاخص کیفی خشک شدن ورقه‌های کیوی (تغییرات رنگ، میزان pH، درصد چروکیدگی و بازاری‌پسندی و میزان مطلوبیت مصرف کننده) بررسی شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار IBM SPSS 26 استفاده شد.

جدول ۳- معرفی تیمارها

Table 3. Treatments introduction

نشانه	تیمار
Sign	Treatment
T ₁	دمای ۵۵°C - وجود PCM
	Temperature 55 °C, Presence of PCM
T ₂	دمای ۶۵°C - وجود PCM
	Temperature 65 °C, Presence of PCM
T ₃	دمای ۷۵°C - وجود PCM
	Temperature 75 °C, Presence of PCM
T ₄	دمای ۵۵°C - عدم وجود PCM
	Temperature 55 °C, Absence of PCM
T ₅	دمای ۶۵°C - عدم وجود PCM
	Temperature 65 °C, Absence of PCM
T ₆	دمای ۷۵°C - عدم وجود PCM
	Temperature 75 °C, Absence of PCM

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تعیین رطوبت اولیه

محتوای رطوبتی اولیه کیوی بر پایه خشک ۶/۲۹ و بر پایه تر ۸۶/۲۹ درصد محاسبه شد.

درصد چروکیدگی با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد (Amiri Pour et al., 2017):

$$Sh = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100 \quad (3)$$

که در آن: h درصد چروکیدگی؛ V_0 حجم اولیه نمونه‌ها؛ V حجم نهایی نمونه‌ها.

۹-۲- بازاری‌پسندی و میزان مطلوبیت مصرف کننده

به منظور ارزیابی بازاری‌پسندی و میزان مطلوبیت مصرف کننده، پرسشنامه‌ای طراحی و توسط ۱۰ نفر از مصرف کنندگان نمونه‌های خشک شده کیوی تکمیل شد. نظر مصرف کنندگان با استفاده از مقیاس طیف لیکرت هفت مرتبه‌ای^۱ (رتبه یک: غیرقابل قبول؛ رتبه دو: ضعیف؛ رتبه سه: ضعیف تا قابل قبول؛ رتبه چهار: قابل قبول؛ رتبه پنج: قابل

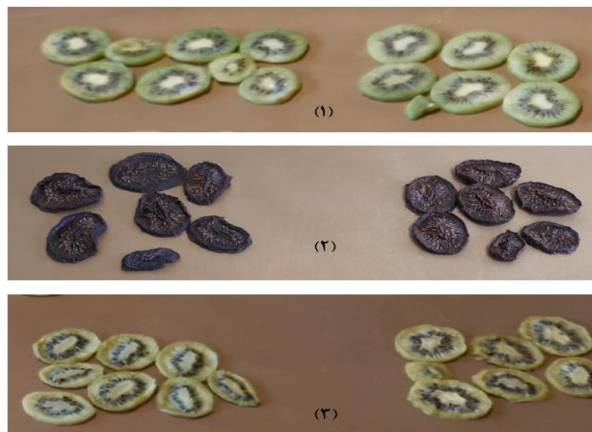
برای تجزیه و تحلیل داده‌های پرسشنامه‌های مربوط به بازاری‌پسندی و مطلوبیت مصرف کننده، به دلیل اینکه داده‌ها در سطح ترتیبی بودند از آزمون غیرپارامتری کروسکال والیس استفاده شد. از آنجایی که تعداد متغیرهای وابسته مورد مطالعه چهار عدد بود لذا به منظور یافتن بهترین تیمار از نظر تمام عوامل، از روش ادغامی کپ لند^۲ استفاده شد (Razavi Seyed et al., 2021). به دلیل اینکه بهترین تیمار از نظر هر یک از معیارهای بازاری‌پسندی متفاوت بود، در این بخش نیز برای ادغام نتایج و تصمیم گیری نهایی برای انتخاب بهترین تیمار از نظر بازاری‌پسندی از روش کپ لند بهره گرفته شد.

² Copeland's method

¹ Likert Scale

۲-۳- ارزیابی تغییرات رنگ

با بررسی جدول (۴)، معنی داری اثر تیمار بر تغییرات کلی رنگ در سطح ۱٪ تأیید می‌شود. اثر بلوک معنی دار نشده است. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن صورت گرفت و نتایج در جدول (۷) نشان داده شده است. نتایج آزمون دانکن تیمارها را در پنج گروه طبقه بندی کرد. تیمار T1 و T2 از نظر آماری با هم تفاوت معنی داری نداشتند. بیشترین مقدار تغییر رنگ مربوط به تیمار T6 و کمترین میزان تغییر رنگ تیمار T3 است. با توجه به اینکه کمترین میزان تغییر رنگ در فرآیند خشک کردن ایده آل است بهترین تیمار T3 است. به دلیل دمای بالاتر و همچنین وجود ماده تغییر فاز دهنده جهت ذخیره حرارت زمان فرآیند خشک شدن کاهش می‌یابد در نتیجه به دلیل اینکه ورقه‌های کیوی مدت زمان کمتری در معرض هوای داغ قرار می‌گیرند، این امر باعث تخریب (تجزیه) کمتر رنگدانه‌ها می‌شود. در دو پژوهشی که بر روی میوه کیوی و چغندر قرمز انجام شد محققان به نتایج مشابه دست یافتند (Mojtaba et al., Tabatabaei kolor et al., 2019). (2019;



شکل ۴- تصویر نمونه‌ها به ترتیب بصورت (۱) تازه، (۲) خشک (پس از بیرون آوردن از آون) و (۳) پس از اعمال پیش تیمار

Fig 4. Pictures of samples based on (1) fresh, (2) dried (after oven) and (3) after pretreatment respectively

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس تغییرات رنگ

Table 4. Variance analysis results of color changes

منبع تغییرات Source	میانگین مربعات Mean Square	درجه آزادی df	سطح معنی داری The significance level
مدل اصلاح شده Corrected Model	۴۱۵/۰۶ ^a	۸	۰/۰۰۰
عرض از مبدأ مدل Intercept	۱۱۹۲۷/۰۹	۱	۰/۰۰۰
تیمار Treatment	۴۱۲/۶۷	۵	۰/۰۰۰**
بلوک Block	۲/۳۹	۳	۰/۴۵۸ ^{ns}
خطا Error	۱۳/۰۸	۱۵	
مجموع Total	۱۲۳۵۵/۲۲	۲۴	
مجموع اصلاح شده Corrected Total	۴۲۸/۱۴	۲۳	

** وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد

ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار،

a ضریب تعیین = ۰/۹۶۹ (ضریب تعیین تعدیل شده = ۰/۹۵۳)

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن صورت گرفت و نتایج در جدول (۷) نشان داده شده است. نتایج آزمون دانکن، تیمارها را در چهار گروه طبقه بندی کرد. دمای T2، T5 و T6 در یک زیر گروه قرار گرفته‌اند و از نظر آماری دارای تفاوت معنی داری با هم نیستند. این سه تیمار دارای کمترین میزان تغییرات pH بودند و به دلیل اینکه کمترین میزان تغییرات در زمان خشک کردن محصول ایده آل است، این تیمارها به عنوان بهترین تیمار انتخاب شدند. میزان تغییرات pH در T1 از همه تیمارها بیشتر است.

۳-۳- میزان pH

با بررسی جدول (۵)، معنی داری اثر تیمار بر تغییرات pH از نظر آماری در سطح ۱٪ تأیید شد. از آنجایی که تجزیه واریانس با تفکیک اثر بلوک معنی دار نبود لذا تغییرات pH در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تحلیل قرار گرفت. دلیل اصلی این موضوع مشابهت کامل تغییرات pH در هر یک از بلوک‌های مورد بررسی بود که باعث صفر شدن مجموع مربعات خطا شده بود.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس تغییرات pH

Table 5. Variance analysis results of pH changes

سطح معنی داری The significance level	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares	تغییرات pH pH changes
./۰۰۰**	۵	۰/۸۶۰	بین گروه‌ها Between groups
	۱۸	۰/۰۰۰	درون گروه‌ها Within groups
	۲۳	۰/۸۶۰	مجموع Total

^{ns} عدم وجود تفاوت معنی‌دار، ^{**} وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد

است باعث کمتر بودن میزان چروکیدگی است (Ayoubi et al., 2016). دلیل تفاوت اثر تیمار T3 بر درصد چروکیدگی نسبت به T6 می‌تواند این باشد که به دلیل وجود ماده تغییر فاز دهنده و دریافت حرارت در لحظات اولیه به منظور ذوب شدن پارافین، خشک شدن با سرعت بالایی انجام نشده و این امر سبب بالا رفتن میزان چروکیدگی بر اثر عدم تشکیل پوسته در سطح ورقه کیوی شد.

از دلایل کمتر بودن درصد چروکیدگی تیمار T4 می‌توان به این موضوع اشاره کرد که در دماهای پایین خشک شدن به دلیل اختلاف کم دمای نمونه با دمای محیط خشک کن، سرعت خروج رطوبت از نمونه یکنواخت و تغییرات چروکیدگی کم است. در دمای پایین‌تر خشک کردن، گرادیان حرارتی بین محصول در حال خشک شدن و محیط خشک کن کاهش یافته و موجب کمتر شدن حرکت رطوبت از لایه‌های داخلی محصول به سطح لایه برش خورده کیوی شده و باعث کمتر بودن گرادیان رطوبتی بین لایه سطحی و درونی شده و موجب کاهش تنش داخلی شود (Mojtaba et al., 2019). نتیجه به دست آمده با نتیجه به دست آمده از پژوهشی که در زمینه خشک کردن لایه‌های پیاز در خشک کن جریان هوای گرم توسط (Abbasi et al., 2011) انجام شد، مشابهت داشت.

۴-۳- درصد چروکیدگی

با بررسی نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶)، معنی داری اثر تیمار بر درصد چروکیدگی از نظر آماری در سطح ۱٪ تأیید می‌شود. اثر بلوک آر نظر آماری معنی دار نیست. جدول (۷)، تیمارهایی که از نظر آماری تفاوت معنی داری با هم نداشتند را در یک زیرگروه نشان می‌دهد. تیمار T1 دارای بیشترین میزان درصد چروکیدگی و تیمار T6 دارای کمترین میزان درصد چروکیدگی است. پس از مقایسه میانگین تیمارها، سه تیمار زیرگروه اول (T3، T4، T6) به عنوان بهترین تیمار از نظر درصد چروکیدگی (کمترین درصد چروکیدگی) انتخاب شدند.

از دلایل کمتر بودن درصد چروکیدگی تیمار T6 می‌توان به این موضوع اشاره کرد که در زمان‌هایی که سطح میوه، با سرعت بالایی نسبت به قسمت میانی آن خشک شود، تنش‌های درونی بیشتر شده و در قسمت میانی ترک ایجاد شده و متخلخل می‌شود. در ادامه ترکیبات غیر فرار با انتشار آب به سطح آمده و در آن قسمت رسوب می‌کنند؛ پوسته‌ای در سطح محصول تشکیل می‌شود که به حفظ ابعاد محصول کمک می‌کند که منجر به کاهش چروکیدگی در محصول می‌شود. به نظر می‌رسد که افزایش سرعت خشک شدن در ورقه‌های کیوی و تشکیل ایند پوسته در سطح آن زمانی که دمای بالاتری بر نمونه ایجاد شده

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس درصد چروکیدگی

Table 6. Variance analysis results of shrinkage percentage

سطح معنی داری The significance level	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sun of Square	منبع تغییرات Source
./۰۰۱	۸	۱۰۵/۶۲۰ ^a	مدل اصلاح شده Corrected Model
./۰۰۰	۱	۱۸۳۱۴۰/۵۴۵	عرض از مبدأ مدل Intercept
./۰۰۰**	۵	۱۰۵/۲۹۵	تیمار Treatment
./۹۸۴ ^{ns}	۳	۰/۳۲۵	بلوک Block
	۱۵	۳۱/۰۸۳	خطا Error
	۲۴	۱۸۳۲۷۷/۲۴۸	مجموع Total
	۲۳	۱۳۶/۷۰۳	مجموع اصلاح شده Corrected Total

^{ns} عدم وجود تفاوت معنی‌دار، ^{**} وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد

a ضریب تعیین = ۰/۷۷۲ (ضریب تعیین تعدیل شده = ۰/۶۵۱)

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن برای متغیرهای وابسته کمی

Table 7. Results of mean comparison by Duncan's method for quantitative dependent methods

Treatment's Mean میانگین تیمارها						متغیرهای وابسته
T ₆	T ₅	T ₄	T ₃	T ₂	T ₁	Dependent Variables
^c ۲۸/۰۲	^b ۱۷/۷۱	^c ۲۲/۴۴	^a ۱۶/۱۷	^d ۲۴/۴۳	^d ۲۵	تغییرات رنگ Color changes
^a ۰/۱۰	^a ۰/۱۰	^b ۰/۲۰	^c ۰/۴۰	^a ۰/۱۰	^d ۰/۶۰	تغییرات pH pH changes
^a ۸۵/۰۰	^{bc} ۸۷/۵۰	^{ab} ۸۵/۲۸	^{ab} ۸۶/۳۶	^{cd} ۸۹/۱۲	^d ۹۰/۸۷	درصد چروکیدگی Shrinkage percentages

با توجه به جدول (۹) و سطح معنی داری تفاوت میانگین بین گروه‌ها در هر پنج بخش بافت، طعم و رایحه، رنگ، شکل و پذیرش کلی معنی دار شده است. نتایج روش کپ لند در جداول (۱۰) و (۱۱) نشان داده شده است. تیمار T6 در مجموع دارای بهترین اثر بر روی ورقه‌های کیوی از نظر بازارپسندی است.

۳-۵- بازارپسندی و میزان مطلوبیت مصرف کننده

در جدول (۸) رتبه بندی تیمارها برای پنج شاخص بازارپسندی ارائه شده که قسمتی از نتیجه آزمون کروسکال والیس است. تیمار T6 در شاخص بافت، طعم و رایحه و پذیرش کلی، تیمار T1 در شاخص رنگ و تیمار T5 در شاخص شکل دارای بالاترین رتبه و بهترین جایگاه هستند.

جدول ۸- نتایج رتبه بندی شاخص های بازارپسندی و میزان مطلوبیت مصرف کننده

Table 8. Ranking results of marketability indicators and consumer desirability

میانگین رتبه‌ای Rank average	تیمار Treatment	شاخص‌ها Indicators	میانگین رتبه‌ای Rank average	تیمار Treatment	شاخص‌ها Indicators
۲۲/۴۰	T ₁	شکل Shape	۱۹/۵۵	T ₁	بافت Texture
۲۲/۴۰	T ₂		۱۳/۳۰	T ₂	
۲۴/۶۵	T ₃		۲۴/۵۰	T ₃	
۲۹/۰۵	T ₄		۴۱/۰۵	T ₄	
۴۳/۸۰	T ₅		۳۳/۶۰	T ₅	
۴۰/۷۰	T ₆		۵۱/۰۰	T ₆	
۲۰/۱۰	T ₁	پذیرش کلی General acceptance	۲۰/۴۵	T ₁	طعم و رایحه Taste and aroma
۲۴/۶۰	T ₂		۲۳/۵۵	T ₂	
۱۷/۴۰	T ₃		۲۱/۵۰	T ₃	
۳۱/۳۰	T ₄		۳۳/۴۰	T ₄	
۳۹/۵۰	T ₅		۳۶/۳۰	T ₅	
۵۰/۱۰	T ₆		۴۷/۸۰	T ₆	
۲۲/۱۰	T ₄	رنگ Color	۴۲/۸۵	T ₁	رنگ Color
۳۹/۱۰	T ₅		۲۵/۷۵	T ₂	
۴۰/۲۵	T ₆		۱۲/۹۵	T ₃	

جدول ۹- نتایج آزمون کروسکال والیس بازارپسندی و میزان مطلوبیت مصرف کننده

Table 9. The results of the Kruskal Wallis test of marketability and consumer desirability

پذیرش کلی General acceptance	شکل Shape	رنگ Color	طعم و رایحه Taste and aroma	بافت Texture	کروسکال والیس H Kruskal WallisH
۲۷/۷۶۰	۱۵/۴۰۴	۲۴/۷۶۷	۱۹/۸۵۶	۳۵/۱۶۰	H
۵	۵	۵	۵	۵	درجه آزادی df
۰/۰۰۰	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	سطح معنی داری The significance

جدول ۱۰- نتایج مقایسات زوجی و تعداد بردها و باخت‌های هر تیمار

Table 10. The results of pairwise comparisons and the number of wins and losses of each treatment

T ₆	T ₅	T ₄	T ₃	T ₂	T ₁	تیمار Treatment
۰	۰	۰	۰	۰	۰	T ₁
۰	۰	۰	۱	۰	۰	T ₂
۰	۰	۰	۰	۰	۱	T ₃
۰	۰	۰	۱	۱	۱	T ₄
۰	۰	۱	۱	۱	۱	T ₅
۰	۱	۱	۱	۱	۱	T ₆

جدول ۱۱- رتبه بندی نهایی تیمارها با روش کپ لند

Table 11. Final ranking of treatments by Copeland method

رتبه Rank	تفاضل برد از باخت The difference between winning and losing	باخت Lost	برد Win	تیمار Treatment
۶	-۴	۴	۰	T ₁
۴	-۲	۳	۱	T ₂
۵	-۳	۴	۱	T ₃
۳	۱	۲	۳	T ₄
۲	۳	۱	۴	T ₅
۱	۵	۰	۵	T ₆

با توجه به جداول (۱۲) و (۱۳) که نتایج روش کپ لند را نشان می‌دهد، در انتها بهترین تیمار از نظر چهار شاخص کیفی تغییرات رنگ، تغییرات pH، درصد چروکیدگی و بازارپسندی دمای T₆ است. تیمارهای T₅ و T₄ نیز در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

جدول ۱۲- نتایج مقایسات زوجی و تعداد بردها و باخت‌های هر تیمار

Table 12. The results of pairwise comparisons and the number of wins and losses of each treatment

T ₆	T ₅	T ₄	T ₃	T ₂	T ₁	تیمار Treatment
۰	۰	۰	۰	۰	۰	T ₁
۰	۰	۰	۰	۰	۱	T ₂
۰	۰	۰	۰	۱	۱	T ₃
۰	۰	۰	۱	۱	۱	T ₄
۰	۰	۱	۰	۱	۱	T ₅
۰	۱	۱	۱	۱	۱	T ₆

جدول ۱۳- رتبه بندی نهایی تیمارها از نظر چهار شاخص کیفی با روش کپ لند

Table 13. The final ranking of the treatments in terms of four quality indicators with the Copeland method

رتبه Rank	تفاضل برد از باخت The difference between winning and losing	باخت Lost	برد Win	تیمار Treatment
۶	-۵	۵	۰	T ₁
۵	-۳	۴	۱	T ₂
۴	۰	۲	۲	T ₃
۳	۱	۲	۳	T ₄
۲	۲	۱	۳	T ₅
۱	۵	۰	۵	T ₆

and process modeling. Journal of Food Technology And Nutrition, 14(56), 53-66. (In Persian).

Amiri Pour, M., Habibi Najafi, M. B., Mohebi, M., & Emadi, B. (2017). *Optimization of osmosis-hot air drying of pear using Response Surface Methodology*. Journal of food science and technology (Iran, 14(62), 65-57. (In Persian).

Anonymous. (2018). \$ 82 million in Iranian kiwifruit exports. Irna News Agency. Iran. <https://www.irna.ir/news/83739519>.

Ayoubi, A., Sedaghat, N., Kashaninejad, M., Mohebbi, M., & Nassiri Mahalati, M. (2016). *Investigation the effect of cabinet drying conditions and different pretreatments on drying rate of grape and quality of raisin*. Iranian Food Science And Technology Research Journal, 12(2 (38)), 226-238. (In Persian). <https://doi.org/10.22101/JRIFST.2015.05.10.411>

Bal, L. M. (2010). *Solar dryer with latent heat storage systems for drying agricultural food products: a review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 2298-2314. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2010.04.014>

Chen, J.-P., Wang, Y., Zhang, X.-Y., Sun, P., Wu, Z.-F., Shang, Y.-F., Yang, S.-H., Ma, Y.-L., & Wei, Z.-J. (2022). *Effect of air drying temperature on the phenolics and antioxidant activity of Xuan-Mugua fruit*. Food Science and Technology, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.45322>

Demirbas, M. (2006). *Thermal Energy Storage and Phase Change Materials: An Overview*. Energy Sources, Part B, 1, 85-95. <https://doi.org/10.1080/009083190881481>

Esakkimuthu, S., Hassabou, A., Palaniapan, C., Spinnler, M., Blumenberg, J., & Velraj, R. (2013). *Experimental investigation on phase change material based thermal storage system for solar air heating applications*. Solar Energy, 88, 144-153. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.11.006>

Eshraghi, E., Kashani-Nejad, M., Maghsoudlou, Y., Beiraghi-Toosi, S., & Alami, M. (2013). *Studying the effect of osmosis-ultrasound compound pre-treatment on drying kiwi fruit sheets*. Iranian Food Science And Technology Research Journal, 9(4). (In Persian). <https://doi.org/10.22067/ifstrj.v9i4.31332>

Eshraghi, E., Maghsoudlou, Y., Kashani-Nejad, M., Beiraghi-Toosi, S., & Alami, M. (2011). *Studying the Effect of Ultrasound Pre-treatment on drying Kiwi fruit sheets*. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 7(4), (In Persian). <https://doi.org/10.22067/ifstrj.v7i4.11706>

FAO-AGS (2007). Dried Fruit, FAO: 14

Ghasemkhani, H., Rafiee, S., Keyhani, A., & Dalvand, M. J. (2019). *Evaluation of drying of apple slices in a rotating-tray air dryer equipped with heat exchanger*. Journal of Researches In Mechanics Of Agricultural Machinery, 7(2 (13)). (In Persian).

Gholami Parshokohi, M., Merzanezhad, E., Ahmad Beigi, A. H., & Salimi Bani, M. (2018). *Influence of temperature and air velocity changes on drying process of peanut in hot air dryer*. Journal of Food Technology And Nutrition, 15(3), 107-115. (In Persian). <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.082>.

Hasani, A., Khoshtaghaza, M. H., & Ebadi, M. T. (2020). *Effect of different drying methods (microwave drying, shade and sun drying) on the quality of sumac fruit (Rhus coriaria L.)*. Iranian Journal of Medicinal And Aromatic Plants, 36(1),

۴- نتیجه گیری

نتایج نشان داد بهترین تیمار از نظر تغییرات رنگ، دمای ۷۵°C - وجود PCM؛ از نظر میزان pH، دمای ۶۵°C - وجود PCM، دمای ۶۵°C - عدم وجود PCM و دمای ۷۵°C - عدم وجود PCM و از نظر درصد چروکیدگی دمای ۷۵°C - عدم وجود PCM، دمای ۵۵°C - عدم وجود PCM و دمای ۷۵°C - وجود PCM است. تیمار برتر در بخش بازارپسندی، دمای ۷۵°C - عدم وجود PCM است. بهترین تیمار به طور کلی از نظر ۴ شاخص کیفی تغییرات رنگ، میزان pH، درصد چروکیدگی و بازارپسندی و میزان مطلوبیت مصرف کننده دمای ۷۵°C - عدم وجود PCM انتخاب شد که براساس روش ادغام نتایج کپ لند بود. در مورد تاثیر به کارگیری مواد تغییر فازدهنده، باتوجه به نتایج تحقیقات قبلی و از نظر تئوری، تاثیر مثبت باید داشته باشد اما موضوعی که پس از بررسی موضوع مشخص شد این است که محل قرار گیری مبدل حاوی مواد تغییر فازدهنده نقش تعیین کننده در اثربخشی آن دارد. در آزمایش انجام شده، محل قرار گیری آن به نحوی بود که در مسیر هوای داغ قرار داده شد تا بتواند بیشترین تبادل دما را با هوای داغ عبوری داشته باشد. اما بررسی نتایج نشان می دهد محل قرار گیری مبدل مواد تغییر فازدهنده باعث کاهش سرعت هوای داغ و لذا کاهش اثربخشی آن در مقایسه با سایر تیمارها شده است. یکی از تحقیقاتی که می تواند در این زمینه صورت گیرد، بررسی محلهای قرارگیری مختلف مبدل تغییر فازدهنده و تاثیر آن در نتایج خشک کردن است. در مورد دمای بالا نیز، از آنجا که افزایش دما سرعت خشک کردن را افزایش می دهد لذا باعث می شود کمترین تغییرات از نظر کیفیت در مقایسه با دماهای پائین تر رخ دهد. لذا از نظر پارامترهای کیفی مورد اندازه گیری، دمای بیشتر نتایج بهتری به دنبال داشته است. به هر ترتیب دمای بالا علی رغم تاثیرات مثبت در کیفیت ظاهری محصول، در کیفیت مواد غذایی کیوی و به ویژه ویتامین C، تبعاتی نیز به دنبال دارد.

سپاسگزاری

این پژوهش تحت حمایت مالی دانشگاه گیلان انجام شده است. بدین وسیله از دانشگاه گیلان نهایت قدردانی به عمل می آید.

منابع

Abbasi, S., Mousavi, S. M., & Mohebbi, M. (2011). *Investigation of changes in physical properties and microstructure and mathematical modeling of shrinkage of onion during hot air drying*. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 7, 92-98. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/ifstrj.v7i1.9369>.

Abedi, a. (2019). *Economize and optimization of the drying process of irradiate pretreatment on kiwi slices by the response surface method in combination with the principal components analysis*. Journal of food science and technology (Iran), 16(90), 141-151. (In Persian).

Ahmadi Ghavidelan, M. & Amiri Chayjan, R. (2017). *Optimization of Hazelnut Kernel Drying in an Infrared Dryer with Microwave Pretreatment Using Response Surface Methodology*. Iranian journal of food science and technology, 14(64), 165-178. (In Persian)

Aidani, E., Haddad khodaparast, M. H., & Kashaninejad, M. (2017). *Characterization of dried kiwi by infrared systems*

- 142-154. (In Persian).
<https://doi.org/10.22092/ijmapr.2019.125302.2511>.
- Jannatkah, j., Ghaebi, h., & Najafi, b. (2018). *Design and development of asolar dryer augmented with phase change materials (PCM)*. Agricultural Mechanization And Systems Research (Journal of Agricultural Engineering Research). (In Persian). <https://doi.org/10.22092/erams.2017.106302.1092>.
- Khayati, S., & Amiri Chayjan, R. (2016). *Prediction of some thermal, physical and mechanical properties of terebinth fruit after semi-industrial continuous drying using artificial neural networks*. Iranian Journal of Food Science And Technology, 13(52), 161-172. (In Persian)
- Kholghi Eshkalak, A., Ghasemnezhad, M., Fotouhi Ghazvini, R., & Sabouri, A. (2021). *The study of bud break percentage and aberrant fruit shape incidence in some Hayward kiwifruit vineyard in Guilan Province*. Journal of Plant Production Research, 28(2), 167-181. (in Persian).
<https://doi.org/10.22069/JOPP.2021.18070.2678>.
- Mohammadi, I., Tabatabaekoloor, R., & Motevali, A. (2019). *Investigating some quality and thermodynamic parameters of kiwifruit thin layer drying in an air recycling dryer equipped with heat pump*. Iranian Journal of Biosystems Engineering (Iranian Journal of Agricultural Sciences), 50(2). (In Persian).
<https://doi.org/10.22059/ijbse.2019.257420.665060>.
- Mojtaba, F., Reza Tabatabaee, K., & Ali, M. (2019). *Investigation of different drying methods on color and shrinkage parameters in drying of red beetroot*. Food Science and Technology, 16(10), 127-142. (In Persian).
- Peng, G., Dou, G., Hu, Y., Sun, Y., & Chen, Z. (2020). *Phase Change Material (PCM) Microcapsules for Thermal Energy Storage*. Advances in Polymer Technology, 2020, 9490873.
<https://doi.org/10.1155/2020/9490873>.
- Razavi, S. M. J., Talebpour, M., Azimzadeh, M., & Mohammadkazemi, R. (2021). *Identifying and Prioritizing Factors Involved in Human Capital Development in Iran's Sports Production Firms using Multi-Criteria Analysis and Copland's Approach*. Human Resource Management In Sport Journal 8, 1-17. (In Persian).
<https://doi.org/10.22044/shm.2020.8079.1932>.
- Safari, M., Amiri Chayjan, R., & Alaei, B. (2017). *Modeling some properties of almond kernels in a semi industrial continuous dryer*. Iranian Journal of Food Science And Technology, 14(65). (In Persian).
- Sheykhan Nejad Fallah, Z., Zanganeh, M. & Banaeian, N. (2023). *Feasibility study of completing the kiwifruit value chain by forming a cooperative of dryer workshops in the province of guilan*. MSc. Thesis, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan. (In Persian).
- Tabatabaee kolor, R., Mohammadi, I., & Motevali, A. (2019). *Investigating some quality and thermodynamic parameters of kiwifruit thin layer drying in an air recycling dryer equipped with heat pump*. Iranian Journal of Biosystems Engineering, 50(2), 331-342. (In Persian).
<https://doi.org/10.22059/ijbse.2019.257420.665060>.
- Yousefi, G., Djomeh, Z. E., & Karami, Z. (2016). *Modeling and optimization of effective factors in drying on quality properties of black raspberry (rabus fruticosus L.) With response surface methodology*. Iranian Journal of Food Science And Technology (In Persian).