

Research Article

Vol. 15, No. 4, 2025, p. 491-509

Evaluating the Effects of Grape Harvest Time and Vacuum Drying on the Physicochemical Properties of White Seedless Quchan Raisin Cultivar

F. Kiumarsi Darbandi¹, Y. Selahvarzi^{1*}, B. Abedy¹, M. Kamali¹, H. Sadrnia²

1- Department of Horticulture and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(*- Corresponding Author Email: selahvarzi@um.ac.ir)

Received: 22 April 2024

Revised: 02 June 2024

Accepted: 09 June 2024

Available Online: 14 July 2025

How to cite this article:

Kiumarsi Darbandi, F., Selahvarzi, Y., Abedy, B., Kamali, M., & Sadrnia, H. (2025). Evaluating the Effects of Grape Harvest Time and Vacuum Drying on the Physicochemical Properties of White Seedless Quchan Raisin Cultivar. *Journal of Agricultural Machinery*, 15(4), 491-509. <https://doi.org/10.22067/jam.2024.87715.1241>

Introduction

Various methods have been used to dry grapes. The main purpose is to increase shelf life, produce high-quality dried grapes, and also produce raisins to reduce post-harvest losses. Different methods can be used to dry grapes. Sun drying is the method traditionally used to dry commercial raisins. However, this process is very slow and depends mainly on weather conditions, which can cause microbial and insect contamination in dried fruits and hence, reduce their quality. Recently, advanced vacuum drying techniques have been used in order to increase the amount of water removal and ensure better quality of raisins. Vacuum drying (VD) is a process in which wet materials are dried under subatmospheric pressure. Vacuum pressure reduction increases the mass of water between the fruit and its surroundings, thereby reducing the heat needed for rapid drying. Therefore, vacuum drying is a promising technology for drying grapes and has been used in current works. Preserving the quality of raisins and maintaining their essential nutritional indicators is a vital aspect of effective management strategies aimed at enhancing product quality. This improvement boosts demand for raisins in both domestic and international markets. Finding new methods of drying while maintaining the desired quality and preventing contamination are other factors that determine the quality of raisins. On the other hand, it is very important to determine the right time to harvest grapes according to the climatic conditions of each region and its effect on the quality of raisins. For this purpose, in this study, some quantitative, qualitative, and nutritional indicators related to raisins were compared between the sun-dried and vacuum drying methods for the white Quchan cultivar, evaluating the potential of each method in this field.

Materials and Methods

This research was conducted in 2021-2023 in one of the vineyards of the Quchan region in Iran. Quchan city is located within the geographical coordinates of 36 to 37 degrees north latitude and 58 degrees 10 minutes to 58 degrees 58 minutes east longitude. The relative humidity of this city is 40% in summer, 65% in spring, and 60% in autumn. Based on 10-year statistics, the average annual rainfall in this area is 274 mm. This research project was done in the form of a split plot, based on a randomized complete block design with four replications. Experimental factors include three harvesting times (August 27th, September 6th, and 16th) and four modes of



©2025 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jam.2024.87715.1241>

drying (sun drying, and vacuum drying at 60, 70, and 80°C). Fruits were harvested at three different stages, with time intervals of 10 days from August 27 to September 16, based on the sugar content in the pods and the ratio of total soluble solids (TSS) to titratable acidity (TA). At each harvest time, the grapes were dried in four different ways. In the first method, the grapes were dried traditionally in the open environment and in front of the sunlight. In the second method, the grapes were dried using a vacuum system at three different temperatures of 60, 70, and 80°C.

Results and Discussion

In general, the interaction of harvesting time and drying method had a significant effect on most of the studied traits. The grape drying methods employed in this research significantly influenced the levels of phenolic compounds, flavonoids, and the antioxidant capacity of the resulting white seedless raisins. The amount of these compounds in sun-dried raisins was lower than the raisins produced using the vacuum drying method. The interaction effect of harvesting time and drying method on the production raisin yield was significant at the 1% probability level. The highest yield was related to the third harvest under the vacuum dryer at 60°C (305.52 g kg⁻¹), and the lowest yield was related to the first and second harvests with an average of 270.29 g kg⁻¹ in the sun-dried method. In general, the highest amount of TSS was related to the treatments of the third harvest, which was observed in vacuum drying at 60°C. After that, no significant difference was observed in temperatures of 70 and 80°C. The amount of antioxidant, phenol, flavonoid, and total sugar content in the vacuum drying treatment was higher than the sun drying method. The total soluble sugars in sun-dried raisins were, on average, 22.68% lower compared to those dried using the vacuum method. In terms of total microbial count, the highest microbial load (126.51 Cf u g⁻¹) was related to sun-dried raisins. The treatments under vacuum drying at all three temperatures of 60, 70, and 80 °C showed the lowest amount of microbial load (almost zero). The low level of microbial contamination in raisins produced by the vacuum method in this research can be attributed to the short drying time and also the lack of contact with the surrounding environment.

Conclusion

Vacuum drying is a new technology that has been developed in recent years, employing a lower pressure in the chamber to increase the moisture transfer during the drying process. In this method, due to the lack of oxygen in the environment, some undesirable biochemical reactions such as browning, oxidation, and degradation reactions are reduced. In addition, the periodic pressure change can create fissured and porous structures in the skin of the sample, thereby increasing the mass transfer through the pores. Overall, the results of this research showed that the raisins produced in the third harvest and using vacuum drying at 60°C had better quality than other treatments in terms of biochemical and sensory characteristics, including flavor, texture, and color. It can also be concluded that the vacuum drying method is a good alternative to traditional drying methods.

Keywords: Antioxidant, Flavonoid, Microbial load, Phenol content, Vacuum dryer

بررسی اثر زمان برداشت انگور و خشک کردن به روش خلاء (VD) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی کشمش رقم بی‌دانه سفید قوچان

فائزه کیومرثی دربندی^۱، یحیی سلاح ورزی^{۱*}، بهرام عابدی^۱، مریم کمالی^۱، حسن صدرنیا^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۰

چکیده

با توجه به اهمیت زمان برداشت انگور بر کیفیت کشمش، تعیین زمان مناسب برداشت و بهینه‌سازی روش‌های خشک کردن برای دستیابی به تولید کشمش با کیفیت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌منظور بررسی اثر متقابل زمان برداشت (۵، ۱۵ و ۲۵ شهریور ماه) و روش خشک کردن (آفتاب خشک، خشک‌کن خلاء ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی کشمش رقم بی‌دانه سفید، تحقیقی در قالب آزمایش کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که برهمکنش زمان برداشت و روش خشک کردن بر صفات فیزیکوشیمیایی نظیر مواد جامد محلول، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، فلاونوئید و بار میکروبی تأثیر معنی‌داری نشان داد. بیشترین مقدار مواد جامد محلول مربوط به تیمار ۲۵ شهریور ماه و کمترین آن مربوط به تیمار ۵ شهریور ماه بود. میزان آنتی‌اکسیدان، محتوای فنل، فلاونوئید و قند کل در تیمار خشک‌کن خلاء بیشتر از روش آفتاب خشک بود. بیشترین بار میکروبی (10^5 CFU/g) مربوط به کشمش آفتاب خشک بود و در مقابل تیمار تحت خشک‌کن خلاء در هر سه دما کمترین مقدار بار میکروبی (تقریباً صفر) را داشتند. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که کشمش تولیدشده در برداشت سوم و خلاء ۶۰ درجه سلسیوس از نظر صفات بیوشیمیایی نسبت به سایر تیمارها کیفیت مطلوب‌تری داشت و می‌توان چنین اظهار کرد که روش خشک‌کن خلاء، جایگزین مناسبی برای روش‌های خشک کردن سنتی محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، بار میکروبی، باز جذب آب، خشک‌کن خلاء، فلاونوئید، محتوای فنل

مقدمه

اهمیت بالایی برخوردار است. در سال ۲۰۱۸-۲۰۱۷، تولید جهانی کشمش ۱/۱۴۹ میلیون تن بوده است. عمده تولید کشمش مربوط به کشورهای ترکیه، ایالات متحده، چین و ایران است که در مجموع ۷۳ درصد از تولید جهانی را تشکیل می‌دهند (USDA Raisins, 2018). خشک کردن انگور اساساً آب اضافی را تا زمانی که سطح رطوبت مناسبی به‌دست آید حذف می‌کند و رشد باکتری‌ها، کپک‌ها و مخمرها را مهار می‌کند، تخریب آنزیم را کند می‌کند و اکثر واکنش‌های فیزیکی و بیوشیمیایی را غیرفعال می‌کند. نگهداری انگور به‌صورت کشمش مزایای دیگری نیز دارد از جمله کاهش وزن و حجم، که به کاهش هزینه‌های بسته‌بندی، ذخیره‌سازی و حمل و نقل نیز کمک می‌کند (Wang et al., 2016).

روش‌های متعددی برای خشک کردن انگور به‌کار گرفته‌شده است که هدف اصلی افزایش ماندگاری آن، تولید انگور خشک با کیفیت بالا و همچنین تولید کشمش برای کاهش تلفات پس از

انگور یکی از عمده‌ترین محصولات کشاورزی رایج است که از دوران ماقبل تاریخ کشت شده است. بر اساس داده‌های سازمان غذا و کشاورزی (FAO & OIV, 2016) و سازمان بین‌المللی انگور برای سال ۲۰۱۹، تولید جهانی انگور در حال حاضر بیش از ۷۷/۱۴ میلیون تن است. در میان محصولات انگور که از انگور به‌دست می‌آیند، کشمش از گذشته تاکنون بسیار محبوب بوده است و از آنجایی که به‌خوبی می‌تواند کیفیت غذایی انگور را حفظ کند و حمل و نقل آسانی دارد، از

۱- گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(Email: selahvarzi@um.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول: <https://doi.org/10.22067/jam.2024.87715.1241>

برداشت است. برای خشک کردن انگور از روش‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد. خشک کردن آفتابی، روشی است که به‌طور سنتی برای خشک کردن کشمش تجاری استفاده می‌شود. با این حال، این فرایند بسیار کند است و عمدتاً به شرایط آب و هوایی بستگی دارد، که می‌تواند باعث ایجاد آلودگی میکروبی و حشرات در میوه‌های خشک‌شده شود و از این‌رو، کیفیت آن‌ها را کاهش دهد (Wang et al., 2017).

اخیراً، تکنیک‌های پیشرفته خشک کردن، مانند خشک شدن در آون، خشک شدن در مایکروویو، خشک کردن با خلاء، خشک شدن با مادون قرمز و بسیاری دیگر به‌منظور افزایش میزان آبگیری و تضمین کیفیت بهتر کشمش استفاده شده است (Wang et al., 2017). خشک کردن خلاء (VD^1) فرایندی است که طی آن مواد مرطوب تحت فشار زیر اتمسفر خشک می‌شوند. کاهش فشار توسط خلاء باعث افزایش جرم آب بین میوه و محیط اطراف آن می‌شود که این امر حرارت مورد نیاز برای خشک شدن سریع را کاهش می‌دهد و محصول با کیفیتی را تهیه می‌کند (Parikh, 2015). خشک کردن خلاء فناوری جدیدی است که در سال‌های اخیر توسعه یافته است و از فشار متفاوتی در محفظه برای افزایش انتقال رطوبت در طی فرایند خشک کردن استفاده می‌کند. در این روش به دلیل کمبود اکسیژن در محیط، برخی واکنش‌های بیوشیمیایی نامطلوب مانند قهوه‌ای شدن، اکسیداسیون و واکنش‌های تخریب را می‌توان کاهش داد. علاوه بر این، تغییر فشار دوره‌ای می‌تواند ساختارهای شکاف‌دار و متخلخل در پوست نمونه ایجاد کند و با این کار انتقال جرم از طریق منافذ را افزایش می‌دهد. بنابراین، خشک کردن خلاء یک فناوری امیدوارکننده برای خشک کردن انگور است و در کارهای فعلی مورد استفاده قرار گرفته است (Parikh, 2015).

حفظ و جلوگیری از کاهش شاخص‌های مهم در ارزش غذایی کشمش یکی از برنامه‌های مدیریتی موثر در افزایش کیفیت و در نتیجه تقاضا برای خرید کشمش در بازارهای داخلی و خارجی است. یافتن روش‌های نوین خشک کردن با حفظ کیفیت مطلوب و جلوگیری از آلودگی از دیگر عوامل تعیین‌کننده کیفیت کشمش است. از طرف دیگر تعیین زمان مناسب برداشت انگور با توجه به شرایط اقلیمی هر منطقه و تأثیر آن بر کیفیت کشمش بسیار حائز اهمیت است. برای این منظور در این بررسی برخی از شاخص‌های کمی، کیفی و تغذیه‌ای مربوط به کشمش در دو روش آفتابی و خشک‌کن خلاء در رقم بی‌دانه سفید، ارزیابی و پتانسیل هر روش در این زمینه مورد مقایسه قرار گرفتند.

رسیدن میوه‌ها نه‌تنها بر ویژگی فیزیکی‌وشیمیایی مواد اولیه تأثیر می‌گذارد، بلکه بر فرایند پردازش و کیفیت محصول نیز اثرگذار است

(Magwaza & Tesfay, 2015). میوه‌های انگور رقم بی‌دانه سفید تا ۴۰ روز نگهداری در انبار اکثر خصوصیات تغذیه‌ای و آنتی‌اکسیدانی خود را بدون هیچ‌گونه تیمار شیمیایی حفظ می‌کنند. میوه‌های برداشت‌شده در زمان سوم (۷ مهر ماه) یعنی برداشت دیر هنگام در شرایط آب و هوایی شهرستان ارومیه به خاطر داشتن خصوصیات کیفی و تغذیه‌ای مطلوب، برای تازه‌خوری مناسب‌تر می‌باشند (Pileh, Farokhzad, Esmaili, & Dolati Baneh, 2015). می‌توان اظهار کرد که با نزدیک شدن به انتهای فصل برداشت، با استناد بر این که میزان مواد جامد محلول، دکستروز و شاخص طعم در بیشترین مقدار خود و اسیدیته انگور در کمترین مقدار خود بوده است، بیشترین بازارپسندی را دارا می‌باشد. بررسی اثر متقابل انبارمانی و زمان برداشت نشان داد که نمونه‌های برداشت‌شده در اواخر زمان برداشت قبل از انتقال به سردخانه، دارای بالاترین میزان شاخص طعم بوده‌اند (Ghodsvali, Mohamadi, Mohamadi Chianeh, & Rashizadeh, 2015). وانگ و همکاران (Wang et al., 2017) دریافتند که با افزایش رسیدگی انگور، غلظت کل فنل، محتوای جامد محلول و pH کشمش به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته در حالی که میزان اسیدیته قابل‌تراکم کاهش یافته است. فرایند خشک کردن، که هوای اطراف محصول را در یک محفظه بسته توسط یک پمپ خلاء حذف می‌کند و منجر به کاهش فشار برای افزایش مصنوعی اختلاف فشار بخار آب بین محصول و محیط اطراف می‌شود، خشک کردن به روش خلاء نامیده می‌شود. رطوبت نامحدود را می‌توان به‌راحتی از محصول غذایی حساس به حرارت با استفاده از خشک‌کن خلاء حذف کرد (Parikh, 2015). این فناوری در فرآوری کشمش که در آن انگور تحت فشار خلاء خشک می‌شود، بسیار موفق عمل کرده است. خلاء انتقال جرم بین غذا و محیط اطراف را افزایش می‌دهد که نیاز به حرارت کمتری دارد و در نتیجه تولید محصولات با کیفیت بهتر را تسهیل می‌کند (Khiari, Zemni, & Mihoubi, 2019). ایوبی و همکاران (Ayoubi, Sedaghat, Khashaninejad, Mohebbi, Nassiri Mahalati, 2016) دریافتند استفاده از هوای خشک‌کننده ۶۰ درجه سانتی‌گراد، چروکیدگی و کمترین شاخص قهوه‌ای شدن و مطلوب‌ترین مقادیر بافت را به دنبال داشت و بیشترین مقدار بازجذب آب مربوط به کشمش خشک‌شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بود. سرعت جریان هوای خشک‌کننده تنها بر شاخص قهوه‌ای شدن تأثیر معنی‌داری گذاشت. کریمی و میرزایی (Karimi & Mirzaei, 2017) دریافتند روش‌های مختلف خشک کردن تأثیر معنی‌داری بر زمان لازم برای تهیه کشمش، سرعت خشک شدن و عملکرد کشمش تولیدی دارند که این اختلاف در سرعت خشک شدن روی بسیاری از شاخص‌های بیوفیزیکی و بیوشیمیایی کشمش تأثیر می‌گذارد. کشمش تیزیابی در مقایسه با کشمش آفتاب خشک و سایه خشک محتوای

این پژوهش رقم انگور بی‌دانه سفید استفاده شده است که از ارقام مهم کشمش در منطقه قوچان می‌باشد (شکل ۱). این طرح پژوهشی به صورت اسپیل‌پلات و بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار صورت گرفته است. فاکتورهای آزمایشی شامل ۳ زمان برداشت (۵، ۱۵ و ۲۵ شهریور ماه) و چهار سطح خشک‌کن (آفتاب خشک، خشک‌کن خلاء ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس) می‌باشد. میوه‌ها در سه مرحله مختلف با فواصل زمانی ۱۰ روز از ۵ شهریور ماه تا ۲۵ شهریور ماه براساس درصد قند حبه‌ها و نسبت TSS به TA برداشت شدند. در هر زمان برداشت انگورها به ۴ روش مختلف خشک شد. در روش اول انگورها به صورت سنتی در محیط باز و مقابل نور خورشید خشک شد و در روش دوم انگورها با استفاده از سیستم خلاء در سه دمای مختلف ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس خشک گردید.

کشمش تهیه‌شده برای ارزیابی شاخص‌های بیوشیمیایی و بیوفیزیکی مانند عملکرد کشمش تولیدی، شاخص طعم، درصد رطوبت، بازجذب آب، میزان مواد جامد محلول، اسیدهای قابل‌تیتراسیون، pH، محتوای فنل کل، فلاونوئیدکل، محتوای آنتی‌اکسیدان کل و آزمون میکروبی به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شد.

دستگاه خشک‌کن خلاء

دستگاه خشک‌کن خلاء مدل sadran-HCP212 شامل ۴ بخش مجزا محفظه خشک‌کن، کندانسور، کنترلر و پمپ خلاء می‌باشد (شکل ۲). محدوده دمایی قابل‌تنظیم در این دستگاه ۲۰ الی ۱۲۰ درجه سلسیوس است و محدوده خلاء ۵ تا ۱۵۰ میلی‌بار می‌تواند تنظیم شود.

عملکرد کشمش تولیدی

انگور برداشت‌شده در هنگام برداشت و کشمش تهیه‌شده حاصل از آن را وزن کرده و طبق رابطه (۱) عملکرد محاسبه گردید.

$$(۱) \quad ۱۰۰ \times (\text{وزن میوه} / \text{وزن کشمش}) = \text{عملکرد کشمش کیلوگرم}$$

میزان رطوبت کشمش

بدین منظور مقدار ۲ گرم از نمونه در داخل یک پتری‌دیش در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا وزن آن ثابت شود. سپس میزان رطوبت از رابطه (۲) محاسبه شد:

$$(۲) \quad (W_1 - W_2) \times 100 / W_1 = \text{درصد رطوبت}$$

که در آن W_1 وزن اولیه نمونه و W_2 وزن نمونه پس از خشک شدن است. برای مقایسه اثر خشک کردن و روش تهیه کشمش بر میزان فنل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها بر حسب وزن تر محاسبه شد (Sawheny, Pangavhane, & Sarsavadia, 1999).

ترکیب‌های فنلیو فلاونوئید^۱ و ظرفیت پاداکسندگی^۲ بیشتری داشت که ممکن است با سرعت خشک شدن سریع‌تر و در نتیجه اکسایش کمتر ترکیب‌های فنلی و پاداکسندگی در مقایسه با دو روش دیگر مرتبط باشد. زی و همکاران (Xie et al., 2017) دریافتند که برای خشک کردن توت با استفاده از خشک‌کن خلاء در شرایط مختلف، خشک کردن حدود ۷ تا ۱۰ ساعت طول کشیده است، با این حال، خشک کردن در آفتاب با همان میزان رطوبت حدود ۵-۴ روز طول می‌کشد. دنگ و همکاران (Deng et al., 2018) گزارش کردند که فلفل قرمز خشک‌شده در خشک‌کن خلاء از نظر رنگدانه قرمز، محتوای اسید اسکوربیک و ظرفیت آنتی‌اکسیدان، مقدار قابل‌توجهی بالاتر از نمونه‌های خشک‌شده توسط خشک‌کن هوای گرم و مادون قرمز است. در یک پژوهش انجام‌شده توسط زو و همکاران (Zhou, Li, Lyng, & Wang, 2018) تأثیر فصل رشد بر تجمع ترکیبات فنلی و خواص آنتی‌اکسیدانی پنج رقم انگور مورد بررسی قرار گرفت. مشخص شد که محتوای فنل در دانه‌ها و پوست انگورهای که در زمستان پرورش داده می‌شود به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از آن‌هایی است که در تابستان کشت می‌شود. برخی دیگر از نویسندگان گزارش داده‌اند که تغییرات فصلی ترکیبات فنلی و خواص آنتی‌اکسیدانی در انگور نیز توسط عوامل آب و هوایی دیگر مانند تابش خورشید، بارندگی بین فصول مختلف رشد ایجاد شده است.

در ایران تاکنون پژوهشی مبنی بر خشک کردن انگور به روش خلاء صورت نگرفته است و از آن‌جا که رقم انگور بی‌دانه سفید یک رقم مهم و تجاری در منطقه قوچان محسوب می‌شود، بررسی روش‌های نوین خشک‌کاری از جمله روش خلاء می‌تواند اثر به‌سزایی بر افزایش بازارپسندی و صادرات این محصول بالارزش داشته باشد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر مقایسه کلی خواص فیزیکی‌وشیمیایی کشمش آفتاب خشک با روش خشک‌کن تحت خلاء و بررسی اثر زمان برداشت انگور و سطوح مختلف خشک‌کن خلاء بر کیفیت کشمش و همچنین به‌دست آوردن مطلوب‌ترین دمای خشک‌کن خلاء جهت تولید کشمش صادراتی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۰ در یکی از باغات انگور منطقه قوچان انجام شده است. شهر قوچان در مدار جغرافیایی ۳۶ درجه تا ۳۷ درجه عرض شمالی و ۵۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی واقع شده است. میزان رطوبت نسبی این شهرستان در تابستان ۴۰٪، در بهار ۶۵٪ و در پاییز ۶۰٪ است. براساس آمار ۱۰ ساله، میانگین بارندگی سالیانه در این ناحیه ۲۷۴ میلی‌متر است. در

- 1- Flavonoid
- 2- Antioxidant activity

بازجذب آب

برای اندازه‌گیری میزان بازجذب آب، نمونه کشمش وزن‌شده به مدت ۱۰ دقیقه در آب جوش ۱۰۰ درجه سلسیوس غوطه‌ور شد. سپس نمونه‌های مرطوب‌شده آبکشی شده و دوباره وزن می‌شوند.

نسبت بازجذب آب کشمش از رابطه (۳) محاسبه شد (Kerdpiroon, Kerr, & Devahastin, 2006).

(۳) m_2/m_1 = نسبت بازجذب آب
 m_1 وزن اولیه نمونه و m_2 وزن نمونه مرطوب بعد از بازجذب آب



شکل ۱- انگور رقم بی‌دانه سفید

Fig.1. White seedless grapes



شکل ۲- دستگاه خشک‌کن خلاء: ۱- محفظه خشک‌کن، ۲- کندانسور، ۳- کنترلر و ۴- پمپ خلاء

Fig. 2. The vacuum dryer: 1. Drying chamber, 2. Condenser, 3. Controller, and 4. Vacuum pump

میزان مواد جامد محلول

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول کشمش از عصاره آبی کشمش به‌وسیله دستگاه رفاکتومتر دیجیتال مدل Kruss dr 101 استفاده گردید. برای تهیه عصاره آبی کشمش، ۵ گرم از نمونه کشمش با مخلوط‌کن به‌طور یکنواخت کاملاً له شد. سپس ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر به کشمش‌ها اضافه شده و ۲ ساعت در بن‌ماری با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و در آخر از صافی عبور داده شد (Sotiropoulos, 2008).

pH و اسیدیته قابل تیتراسیون

برای تعیین اسیدیته قابل تیتر یک گرم از گوشت میوه در هاون

چینی له شد و به‌تدریج ۳ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گشت. عصاره به‌دست‌آمده به مدت ۳۰ دقیقه در ۴۰۰۰ rpm سانترفیوژ شد. قسمت روشن‌تر نمونه‌ها را به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده و بعد از قرائت pH عصاره با دستگاه pH متر (827, metrohm, Japan)، جهت تعیین اسیدیته قابل تیتر با محلول سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH ۸/۳ تیتر شد و بر اساس میلی‌گرم اسید تارتاریک در ۱۰۰ گرم بافت میوه مورد ارزیابی قرار گرفت (Chen & Mellenthin, 1981).

شاخص طعم

شاخص طعم میوه‌های انگور از طریق نسبت مواد جامد کل محلول به اسیدیته قابل تیتر، مورد اندازه‌گیری قرار خواهد گرفت. این

به کار گرفته شد. نمونه‌ها به صورت pour plate کشت و برای ۲۴ ساعت در دمای ۳۵ درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری گردیدند. تعداد باکتری‌ها و کپک و مخمر با کلونی کانت شمارش و بر اساس تعداد کلونی تشکیل شده بر حسب cfu g^{-1} گزارش گردید.

اندازه‌گیری میزان آنتی‌اکسیدان کل به روش DPPH^۱

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH، ۵ میکرولیتر از عصاره متانولی ۵ برابر رقیق شده نمونه در یک لوله آزمایشی ریخته و به آن ۲۰۰۰ میکرولیتر از محلول DPPH اضافه شد. محلول حاصل تکان داده شده و در دمای آزمایشگاه به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری و جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر در اسپکتروفوتومتر قرائت شد (Chiou et al., 2007).

قندهای محلول کل

به منظور استخراج قندهای محلول کل، ابتدا ۰/۵ گرم از بافت منجمد شده با استفاده از ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون چینی له شد و بخش بالایی محلول جدا شد. عمل استخراج بار دیگر با افزودن ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد به رسوبات قبلی تکرار شد. عصاره استخراج شده به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. به منظور اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول کل، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی به دست آمده با ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون + ۱۰۰ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۷۲ درصد) مخلوط شد. برای شروع واکنش رنگ‌گیری، لوله‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم ۹۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. پس از سرد شدن، میزان جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد. غلظت قندهای محلول کل بر اساس منحنی استاندارد گلوکز تعیین و به شکل میلی‌گرم در گرم وزن تر بیان شد (Irigoyen, Emerich, & Sanchez-Diaz, 1992).

تجزیه و تحلیل آماری

کلیه داده‌های به دست آمده در ۴ تکرار و به صورت اسپلیت پلات و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با استفاده از نرم افزار Jump 8 آنالیز شده است. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel 2013 استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد کشمش، رطوبت و بازجذب آب

اندیس به صورت رابطه (۴) بیان می‌گردد.

$$I = S/A \quad (4)$$

در این رابطه، S مواد جامد محلول کل و A اسیدیته قابل تیتراسیون (گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید تارتاریک) می‌باشد (Dissa, Desmorieux, Bathiebo, & Koulidiati, 2008).

فنل کل

محتوای فنل کل موجود در کشمش با روش فولین-سیوکالتیو صورت گرفت. در این روش ۰/۵ گرم کشمش در ۴ سی‌سی اتانول کوبیده شد و محلول همگنی تهیه شد که پس از ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ در دور ۹۵۰۰ بر دقیقه محلول شفاف رویی جدا شد. میزان ۳۰۰ میکرولیتر عصاره با ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد و ۰/۵ سی‌سی فولین ۱۰ درصد مخلوط شده و مخلوط به دست آمده به مدت ۲۰ دقیقه در محل تاریک قرار داده شد. بعد از طی شدن مدت زمان لازم، میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۷۲۵ نانومتر برای هر نمونه اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از نمودار استاندارد اسید گالیک، میزان فنل بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک درصد گرم وزن خشک (کشمش) به دست آمد (Velioglu, Mazza, Gao, & Oomah, 1998).

فلاونوئید کل

برای سنجش مقدار فلاونوئید کل از روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم استفاده شد. در این روش در ابتدا ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد در لوله آزمایش ریخته شد، پس از آن ۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم ۱ مولار به لوله‌ها اضافه و با آن مخلوط شد و سپس ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر به لوله‌ها اضافه شد. در مرحله آخر ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول عصاره کشمش به مخلوط اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک قرار گرفت و در نهایت جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر تعیین شد. مقدار فلاونوئید کل برای هر کدام از عصاره‌ها در چهار تکرار به صورت معادل میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن خشک محاسبه شد (Chang, Yang, Wen, & Chern, 2002).

بار میکروبی

نمونه‌های کشمش تولیدی در روش‌های مختلف خشک کردن، از نظر شمارش کلی میکروب مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای آزمون شمارش کلی میکروب محیط کشت پلیت کانت آگار استفاده شد (Busta, Peterson, Adams, & Johnson, 1984). برای محیط کشت تهیه شده میزان ۰/۱ میلی‌لیتر از هر نمونه برداشته شد. محیط کشت Plate Count Agar جهت شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها

درصد بر مقدار بازجذب آب اثر معنی‌داری داشت. با توجه به نمودار مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۵) بیشترین بازجذب آب مربوط به برداشت دوم و تیمار تحت خلاء ۶۰ درجه سلسیوس بود. پرشکوهی و همکاران (Gholami parshokohi, Mohammadi shamami, Mohseni, Kermani, & Abdolalizadeh, 2013) اعلام کردند که خشک شدن در دمای دو مرحله‌ای، با دمای مرحله دوم ۶۰ درجه سلسیوس، بیشترین بازجذب آب را دارد که نشان‌دهنده آن است در محصول تغییرات ساختاری کمتری اتفاق می‌افتد و با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. در پژوهشی که زو و همکاران (Zhou et al., 2018) روی گیاه انگور انجام دادند نشان داد که خشک کردن با خلاء فرایند بازجذب آب را سریع‌تر انجام می‌دهد. علت این امر به‌خاطر عدم تخریب منافذ کوتیکول پوست حبه‌ها بود. این خواص میکروسکوپی، نشان‌دهنده عدم تخریب بافت‌ها بود. همچنین می‌توان چنین اظهار کرد که خشک شدن سریع‌تر (خشک شدن با خلاء)، بازجذب آب را از خشک شدن آهسته‌تر (خشک شدن در محیط آزاد) بیشتر افزایش می‌دهد. این نتایج با نتایج دای و همکاران (Dai et al., 2015) برای خشک کردن زردآلو و مورنو و همکاران (Moreno et al., 2016) برای خشک کردن بلوبری مطابقت دارد.

مواد جامد محلول، اسید قابل‌تیتراسیون، شاخص طعم و pH

با توجه به نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، میزان مواد جامد محلول به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر زمان برداشت و روش‌های خشک کردن در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت. همچنین اثر متقابل این دو عامل نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. به‌طور کلی بیشترین مقدار مواد جامد محلول مربوط به تیمارهای برداشت سوم بود که در خلاء ۶۰ درجه سلسیوس و پس از آن بدون اختلاف معنی‌دار در دماهای ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس مشاهده شد (شکل ۶). توپالوویک و میکولیک (Topalovic & Mikulic, 2011) گزارش کردند که افزایش میزان مواد جامد محلول در مرحله رسیدن میوه انگور، نتیجه کاهش آب میوه و تجزیه قندهای مرکب و تبدیل آن‌ها به قندهای ساده و همچنین ناشی از هضم دیواره‌های سلولی است که در هنگام رسیدن میوه اتفاق می‌افتد. یوسفی و همکاران (Yousefi, Emam-Djomeh, Mousavi, & Askari, 2012) گزارش کردند که استفاده از فرآیند تبخیر برای آب انار، سبب حفظ ۴۰ درصدی TSS نسبت به شاهد گردید. همچنین پژوهشی که سابانکی و آیسر (Sabanci & Icier, 2017) بر گیاه آلبالو تحت شرایط خلاء انجام دادند چنین نشان داد که خشک کردن با خلاء کمک به حفظ TSS آبمیوه کرده است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل زمان برداشت و روش خشک کردن بر میزان عملکرد کشمش تولیدی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نمودار مقایسه میانگین (شکل ۳) بیشترین عملکرد مربوط به برداشت سوم تحت خشک‌کن خلاء ۶۰ درجه سلسیوس (۳۰۵/۵۲ گرم بر کیلوگرم) بود و همچنین کمترین عملکرد مربوط به برداشت اول و دوم با میانگین ۲۷۰/۲۹ گرم بر کیلوگرم در روش آفتاب خشک گزارش شد. به‌طور کلی می‌توان گفت راندمان تولید کشمش ۱۳ درصد افزایش پیدا کرده است. در این راستا ماندال و تاکور (Mandal & Thakur, 2015) نیز راندمان تولید کشمش از ارقام مختلف انگور با روش‌های مختلف پیش‌تیمار و خشک کردن را بین ۲۸۳/۵ - ۲۴۴/۰ گرم بر کیلوگرم انگور گزارش کردند.

همچنین اثر ساده روش خشک کردن بر مقدار رطوبت کشمش در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با توجه به شکل ۴ کشمش تحت تیمار خشک‌کن خلاء ۸۰ درجه سلسیوس کمترین مقدار رطوبت با میانگین ۱۴/۲۷ درصد را به خود اختصاص داد و بقیه تیمارها با بیشترین درصد رطوبت (میانگین ۱۶/۸۳ درصد) در یک گروه آماری قرار گرفتند. رطوبت را می‌توان به‌راحتی با استفاده از خشک کردن خلاء از محصول غذایی حساس به حرارت حذف کرد (Parikh, 2015). همین فناوری با موفقیت در فرآوری کشمش که در آن انگور، تحت فشار خلاء خشک می‌شود، استفاده شده است. خلاء انتقال جرم بین غذا و محیط اطراف را افزایش می‌دهد که نیاز کمتری به حرارت دارد و در نتیجه تولید محصولات با کیفیت بهتر را تسهیل می‌کند. ماندال و تاکور (Mandal & Thakur, 2015) نیز مقدار رطوبت کشمش حاصل از ارقام مختلف انگور را با پیش‌تیمارها و روش‌های مختلف خشک کردن به‌ترتیب بین ۱۶/۵۵ - ۱۴/۴۷ درصد (برپایه تر) گزارش کردند. دلیل این اختلافات را می‌توان به نوع رقم، زمان برداشت، روش‌های پیش‌تیمار و خشک کردن نسبت داد. رطوبت کشمش یک پارامتر مهم در احساس دهانی و قابلیت‌پذیرش مصرف‌کننده می‌باشد. اگر رطوبت کشمش کمتر از ۱۴ درصد باشد، بافت کشمش سخت می‌شود، در حالی‌که در رطوبت بیشتر از ۱۸ درصد کشمش مورد حمله میکروب‌ها قرار می‌گیرد. همچنین بهمن پور و همکاران (Bahmanpour, Sajadiye, Sheykh davoodi, & Zolfaghari, 2016) گزارش کردند خشک کردن به روش خلاء مناسب‌ترین روش جهت خشک کردن نعنای می‌باشد. در ابتدای خشک کردن به دلیل محتوی رطوبتی بالا در برگ‌های نعنای سرعت خشک شدن نزولی می‌باشد و در انتهای فرآیند خشک شدن، به دلیل میزان ناچیز رطوبت آزاد درون محصول نرخ خشک شدن کاهش می‌یابد.

اثر متقابل زمان برداشت و روش خشک کردن در سطح احتمال ۱

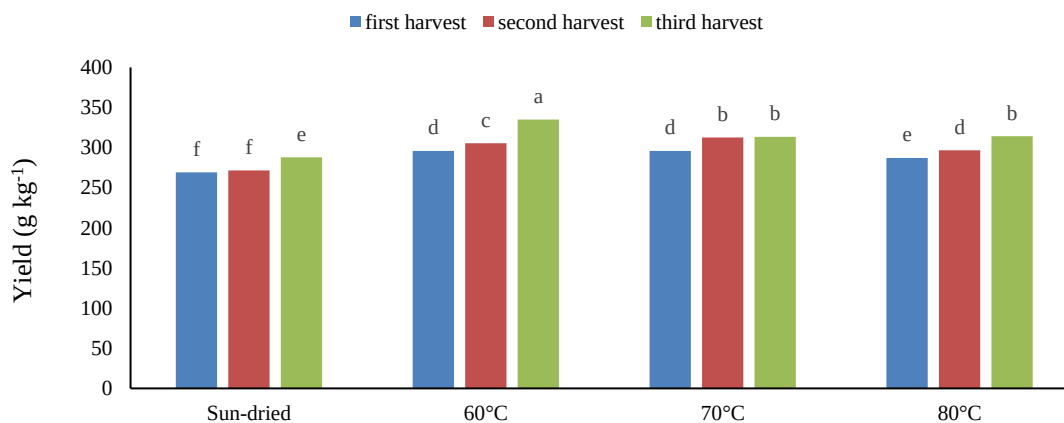
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر زمان برداشت انگور و خشک کردن به روش خلا (VD) بر عملکرد، رطوبت، باز جذب آب، مواد جامد محلول، اسیدهای قابل تیتراسیون و pH کشمش رقم بی‌دانه سفید

Table 1- ANOVA for effect of grape harvest time and vacuum drying on yield, moisture, rehydration, TSS, TA, and pH of white seedless raisins

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean square					
		عملکرد Yield	رطوبت Moisture	باز جذب آب Rehydration	مواد جامد محلول TSS	اسیدهای قابل تیتراسیون TA	اسیدیته pH
بلوک Block	3	0.040 ^{ns}	1.325 ^{ns}	0.081 ^{ns}	0.197 ^{ns}	0.000051 ^{ns}	0.002 ^{ns}
زمان برداشت Harvest time (H)	2	2.204 ^{**}	1.046 ^{ns}	4.899 ^{**}	8.910 ^{**}	0.004429 ^{**}	0.094 ^{**}
خطای عامل اصلی Main plot error	6	0.064	0.350	0.258	0.073	0.000049	0.006
روش خشک کردن Drying method (D)	3	2.881 ^{**}	19.875 ^{**}	0.671 ^{ns}	4.179 ^{**}	0.000148 ^{**}	0.124 ^{**}
زمان برداشت × روش خشک کردن H × D	6	23.812 ^{**}	1.503 ^{ns}	2.320 ^{**}	4.298 ^{**}	0.0000215 ^{**}	0.012 ^{ns}
خطای عامل فرعی Sub plot error	27	0.048	0.798	0.269	0.256	0.000031	0.012

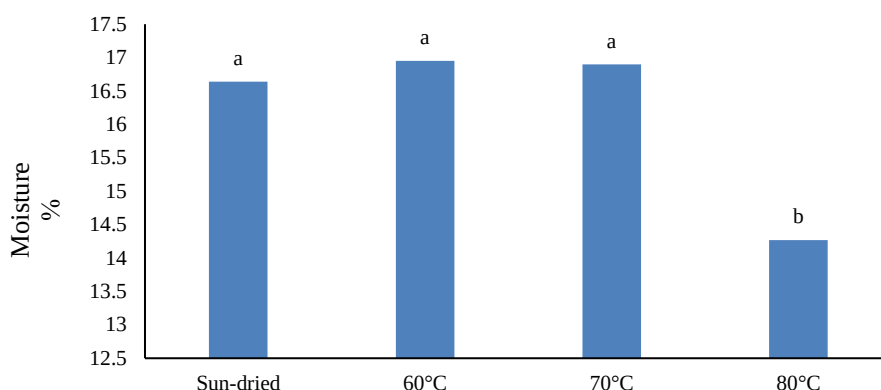
ns, **, * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, *, **: Non-significant difference and significant differences at 5 and 1% of probability levels, respectively.



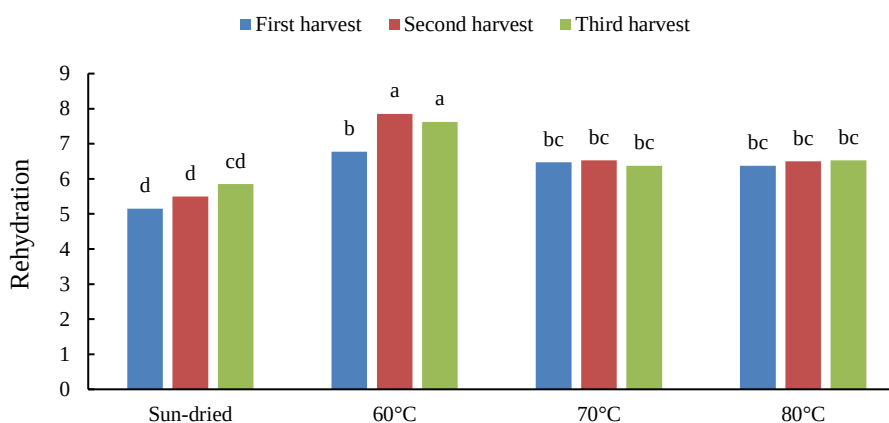
شکل ۳- مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای زمان برداشت و روش خشک کردن بر عملکرد کشمش

Fig.3. Means comparison of interaction between harvest time and drying method on yield of raisins



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر ساده روش خشک کردن بر درصد رطوبت کشمش

Fig.4. Means comparison of effect of drying method on moisture of raisins

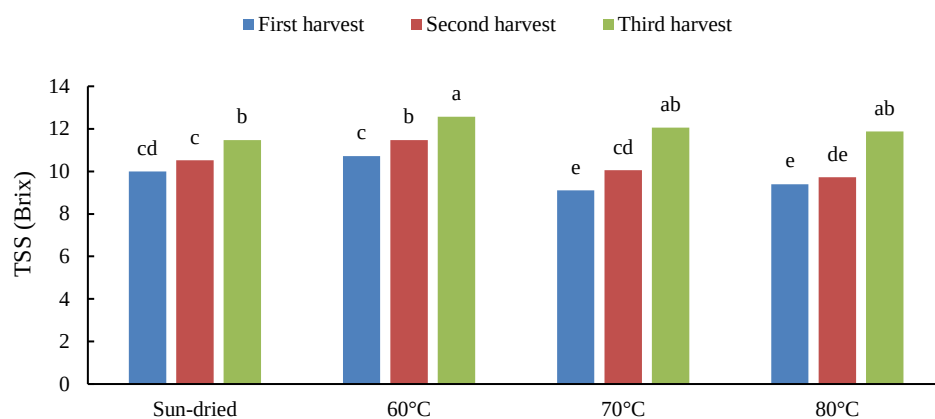


شکل ۵- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تیمارهای زمان برداشت و روش خشک کردن بر میزان بازجذب آب

Fig.5. Means comparison of interaction between harvest time and drying method on rehydration

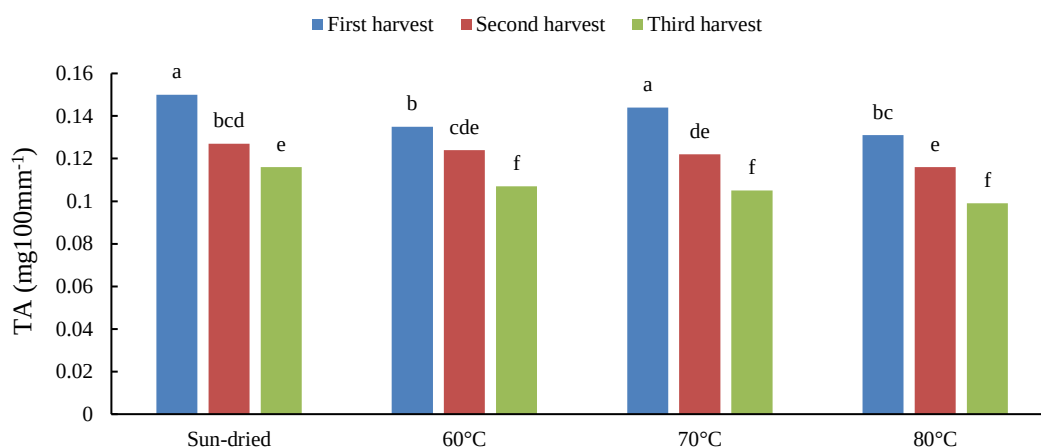
بیشتری در اسیدیته نسبت به دمای ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس مشاهده شد. پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که خشک کردن تحت خلاء به علت افزایش سرعت در خشک کردن، موجب حفظ اسیدهای قابل‌تیترا در میوه‌ها می‌گردد (Bozkir, 2020). همچنین طبق گزارش زو و همکاران (Zhou et al., 2018) روی میوه کیوی، می‌توان به این نتیجه رسید که برای حفظ محتوای اسید قابل‌تیترا بهترین روش استفاده از خشک کردن تحت خلاء می‌باشد. همچنین اثر ساده زمان برداشت و اثر ساده روش خشک کردن در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان pH معنی‌دار بود. با توجه به بررسی میانگین داده‌ها در شکل ۸ بیشترین میزان pH در خلاء ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس مشاهده شد و کمترین مقدار pH در روش آفتاب خشک و خلاء ۶۰ درجه سلسیوس گزارش شد. قدس ولی و همکاران (Ghodsevali et al., 2015) با تحقیق بر روی انگور بی‌دانه سفید مشاهده کردند که با گذشت زمان مقدار pH نیز بیشتر شده است که نتایج این پژوهش با تحقیق حاضر همخوانی دارد.

طبق جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از اثر معنی‌دار زمان برداشت و روش خشک کردن بر اسیدیته قابل‌تیتراسیون در سطح ۱ درصد بوده است. فاکتور مورد بررسی نشان داد که به‌طور میانگین برداشت دیر هنگام (برداشت سوم) باعث کاهش اسیدیته قابل‌تیتراسیون میوه به میزان ۲۴ درصد نسبت به برداشت زود هنگام (برداشت اول) شد. نتایج چنین نشان داد که با گذشت زمان میزان اسیدیته آلی در کشمش پیدا کرد (شکل ۷). این نتایج با پژوهش بلوچ و بیبی (Baloch & Bibi, 2012) در میوه انبه و همچنین در میوه تمشک قرمز کروگه و همکاران (Kruge, Dietrich, Schopplein, Rasim, Kurbel, 2011) مطابقت داشت. با توجه به این‌که اسیدهای آلی به‌عنوان سوبسترا در مسیرهای تنفس سلولی مصرف می‌شوند لذا با گذشت زمان و افزایش دما مقدار اسیدیته کاهش می‌یابد اسیدهای آلی به‌عنوان سوبسترا در مسیرهای تنفس سلولی مصرف می‌شوند. بنابراین در دمای ۸۰ درجه سلسیوس تحت خشک کن خلاء، به علت افزایش شدید تنفس سلولی، کاهش



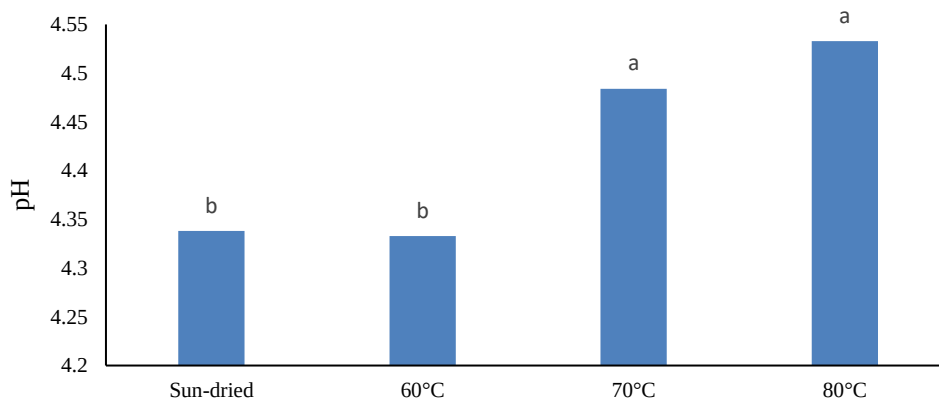
شکل ۶- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تیمارهای زمان برداشت و روش خشک کردن بر میزان مواد جامد محلول کشمش

Fig.6. Means comparison of interaction between harvest time and drying method on TSS of raisins



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تیمارهای زمان برداشت و روش خشک کردن بر میزان اسیدهای قابل تیتراسیون کشمش

Fig.7. Means comparison of interaction between harvest time and drying method on TA of raisins



شکل ۸- اثر ساده روش خشک کردن بر pH کشمش

Fig.8. Means comparison of effect of drying method on the pH of raisins

شاخص طعم

کشمش برداشت سوم تحت خلاء ۷۰ درجه سلسیوس و کمترین مقدار شاخص طعم مربوط به برداشت اول در روش آفتاب خشک و خشک‌کن تحت خلاء ۶۰ درجه سلسیوس بود.

اثر متقابل زمان برداشت و روش خشک کردن بر شاخص طعم در سطح احتمال ۱ درصد نیز معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی میانگین داده‌ها (شکل ۹) نشان داد که بیشترین شاخص طعم مربوط به

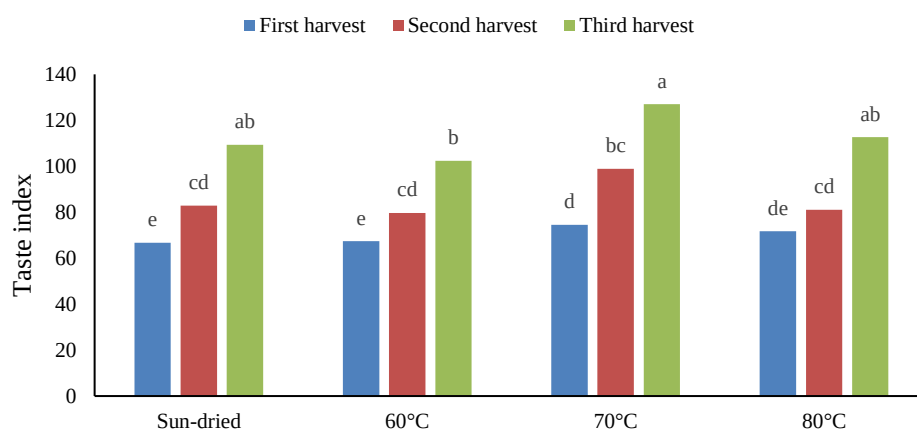
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر زمان برداشت انگور و خشک کردن به روش خلا (VD) بر شاخص طعم، فنل کل، فلاونوئید، بار میکروبی، آنٹی اکسیدان و قندهای محلول کل کشمش رقم بی‌دانه سفید

Table 2- ANOVA for effect of grape harvest time and vacuum drying on taste index, total phenolic, flavonoid, microbial load, antioxidant activity, and total soluble sugars of white seedless raisin

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean square					
		شاخص طعم TSS/TA	فنل کل Total phenolic	فلاونوئید Flavonoid	بار میکروبی Microbial load	ظرفیت آنٹی اکسیدانی Antioxidant activity	قندهای محلول کل Total soluble sugars
بلوک Block	3	32.367 ^{ns}	43.404 ^{ns}	56.860 ^{ns}	48017.503 ^{**}	3.005 ^{ns}	247606.401 ^{**}
زمان برداشت Harvest time (H)	2	543.913 ^{**}	1174.327 ^{**}	8.829 ^{ns}	106.307 ^{ns}	109.279 ^{**}	8040442.884 ^{**}
خطای عامل اصلی Main plot error	6	33.252	12.127	21.906	106.307	6.720	58298.886
روش خشک کردن Drying method (D)	3	86.578	1277.709 ^{**}	258.843 ^{**}	48017.503 ^{**}	206.201 ^{**}	2187496.496 ^{**}
زمان برداشت × روش خشک کردن H × D	6	494.510 ^{**}	727.360 ^{**}	595.202 ^{**}	106.307 ^{ns}	27.940 ^{**}	395028.197 ^{ns}
خطای عامل فرعی Sub plot error	27	32.964	17.68	31.344	16076.7	8.197	78782

ns, **, * و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, *, **: Non-significant difference and significant differences at 5 and 1% of probability levels, respectively.



شکل ۹- مقایسه میانگین برهمکنش اثر زمان برداشت و روش خشک کردن بر شاخص طعم کشمش

Fig.9. Means comparison of interaction between harvest time and drying method on taste index of raisins

فنل، فلاونوئید و خاصیت آنتی اکسیدانی

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل زمان برداشت و روش خشک کردن در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان فنل کل و فلاونوئید کشمش معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱۰) بیشترین میزان فنل کل مربوط به تیمار برداشت سوم تحت خشک‌کن خلاء ۷۰ درجه سلسیوس (۱۱۳/۹ میلی گرم اسید گلیک بر گرم وزن خشک) گزارش شد. همچنین کمترین مقدار فنل کل مربوط به برداشت اول به روش آفتاب خشک (۵۳/۶ میلی گرم اسید گلیک بر گرم وزن خشک) بود. این نتایج با نتایج سایر محققان مانند توپالوویک و میکولیک (Topalovic & Mikulic, 2011) و پاپوتسیس و همکاران (Papoutsis et al., 2017) مطابقت داشت. محققان یافته‌هایی در مورد تغییرات محتوای فنل در انواع فرایندهای خشک کردن ارائه کرده‌اند (Çoklar & Akbulut, 2017). برای مثال سراتوسا و همکاران (Serratos, Marquez, Lopez-Toledano, Medina, & Merida, 2011) کاهش معنی‌داری در محتوای فنلی پوست تفاله انگور پس از خشک کردن در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس ارائه کرده‌اند. همچنین چونگ و همکاران (Chung, Kim, Moon, & Youn, 2014) روش‌های مختلفی را برای خشک کردن انگور به کار بردند. آن‌ها بیان کردند که بهترین روش خشک کردن برای حفظ محتوای فنلی، خشک کردن انگور تحت خلا با پمپ حرارتی^۱ می‌باشد. از طرف دیگر کاهش شدید و معنی‌دار ترکیبات فنلی انگورهای خشک‌شده در محیط آزاد نسبت به تحت خلاء، می‌تواند به علت تخریب اکسیداتیو این ترکیبات در نمونه‌ها باشد (Adiletta, Russo, Senadeera, & Di Matteo, 2016).

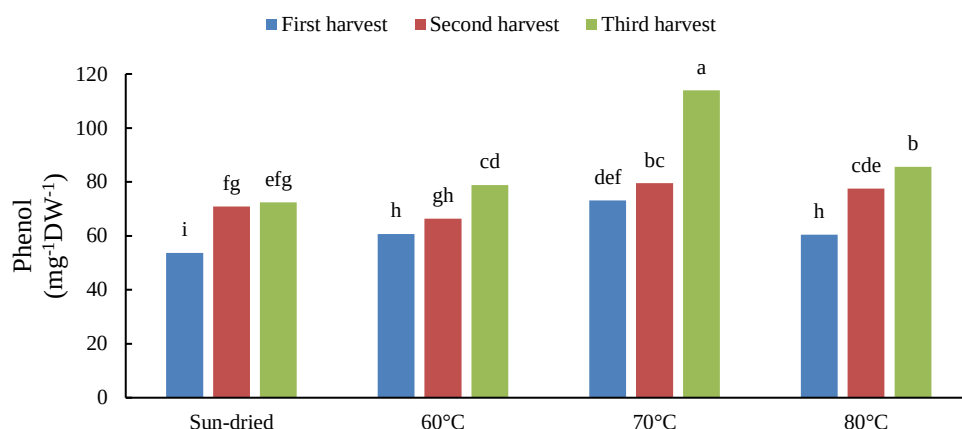
بیشترین مقدار فلاونوئید در برداشت سوم خلاء ۶۰ درجه سلسیوس و همچنین برداشت دوم و سوم خلاء ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس مشاهده شد. درمقابل کمترین مقدار فلاونوئید در برداشت اول روش آفتاب خشک و خلاء ۶۰ درجه سلسیوس گزارش شد (شکل ۱۱). ترکیبات فلاونوئیدی در اکثر میوه‌ها و سبزی‌ها یافت می‌شوند و ترکیباتی حساس به دما هستند، که می‌توانند به راحتی در طول خشک شدن گیاه تخریب شوند (Li, Wang, Wu, Wan, & Yang, 2020). با افزایش دمای خشک کردن، محتوای فلاونوئید افزایش می‌یابد. این افزایش را می‌توان به آزادسازی باندهای فلاونوئیدی نسبت داد (Hayat et al., 2010). تحقیقات پاپوتسیس و همکاران (Papoutsis et al., 2017) نشان می‌دهد که بهترین دما برای خشک کردن خلاء و همچنین حفظ ترکیبات فلاونوئیدی دمای ۷۰ درجه سلسیوس می‌باشد که با تحقیقات حاضر مطابقت دارد. اثر متقابل زمان برداشت و روش خشک کردن در سطح احتمال ۱

درصد بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی کشمش بی‌دانه سفید معنی‌دار بود (جدول ۲). مطابق مقایسه میانگین داده‌ها در شکل ۱۲ دامنه تغییرات ظرفیت آنتی اکسیدانی در این پژوهش بین ۷۱/۲۷ تا ۸۵/۴۳ درصد بود. به‌طور کلی بیشترین مقدار آنتی اکسیدان در روش خلاء مشاهده شد. افزایش مقدار آنتی اکسیدان در طول برداشت می‌تواند به علت افزایش ترکیبات فنلی باشد که این گزارش در تحقیق فریرا و همکاران (Ferreyra, Vina, Mugridge, & Chaves, 2007) و شجاع و همکاران (Shojah, Ghasemnejad, & Mortazavi, 2011) آمده است و با تحقیق حاضر مطابقت دارد. ارتباط نزدیکی بین محتوای فنل‌ها و فعالیت آنتی اکسیدانی در انگور وجود دارد (Çoklar & Akbulut, 2017). چونگ و همکاران (Chong, Law, Figiel, & Wojdylo, 2013) نیز گزارش کردند که روش‌های خشک کردن در هوای آزاد، مقدار آنتی اکسیدان را نسبت به خشک‌کن تحت خلاء بیشتر کم می‌کند. که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

بار میکروبی

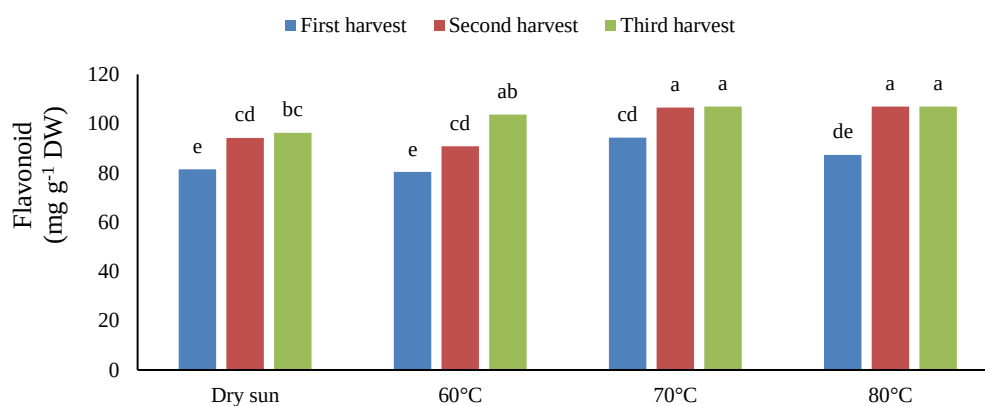
نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده روش خشک کردن بر بار میکروبی کشمش در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در بررسی مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱۳) بیشترین بار میکروبی ($126/51 \text{ Cfu g}^{-1}$) مربوط به کشمش آفتاب خشک بود. تیمارهای تحت خشک‌کن خلاء در هر سه دمای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس کمترین مقدار بار میکروبی (تقریباً صفر) را از خود نشان دادند. تعداد میکروارگانیسم‌ها در کشمش به عوامل بسیاری از جمله نوع آلودگی و اسپور آن‌ها در میوه قبل از خشک شدن بستگی دارد. در روش آفتابی بار میکروبی کلی، کلی فرم‌ها و تعداد کپک و مخمرها بیشتر اما تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک کمتر از روش صفحات گرمایش کنترل‌ی بود (Magnoli et al., 2004).

در پژوهش دیگری چنین گزارش شد که کشمش‌های تیمارشده با قلیا نیز بار میکروبی کلی، کلی فرم و کپک‌ها کمتر اما تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمرها بیشتر از کشمش‌های طبیعی بود. کمتر بودن بار میکروبی کلی و کلی فرم‌ها در کشمش تولیدی توسط صفحات برقی را می‌توان به کم بودن زمان خشک شدن و بالا بودن دمای خشک کردن نسبت داد. در این راستا لانگوا و همکاران (Langová, Juzl, Cwиковá, & Kos, 2020) نیز نشان دادند که بیشترین بار میکروبی کلی در کشمش‌های خشک‌شده در ۴۰ درجه سلسیوس و کمترین آن‌ها در کشمش‌های خشک‌شده در ۷۰ درجه سلسیوس بود. آن‌ها نیز نتیجه گرفتند که دماهای بالاتر در هنگام خشک کردن اثر مخرب بیشتری بر بار میکروبی کلی کشمش تولیدی داشت.



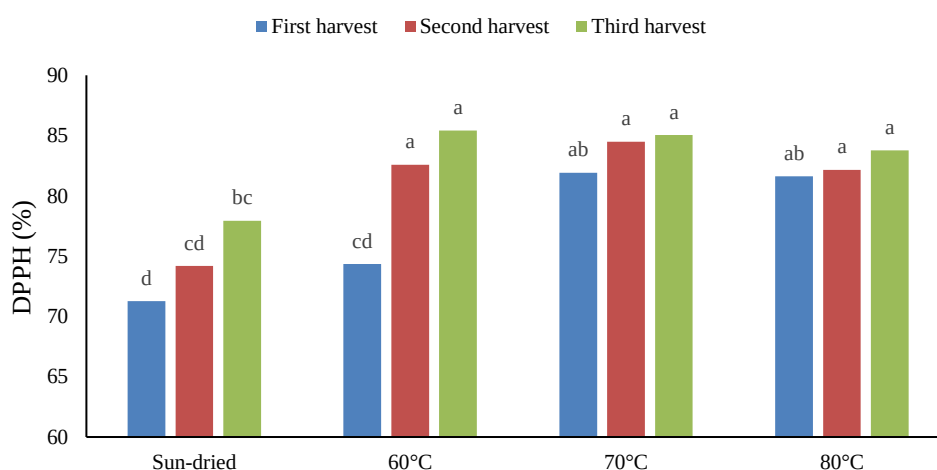
شکل ۱۰- مقایسه میانگین برهمکنش اثر زمان برداشت و خشک کردن بر محتوای فنل کل کشمش

Fig.10. Means comparison of interaction between harvest time and drying method on phenol content of raisins



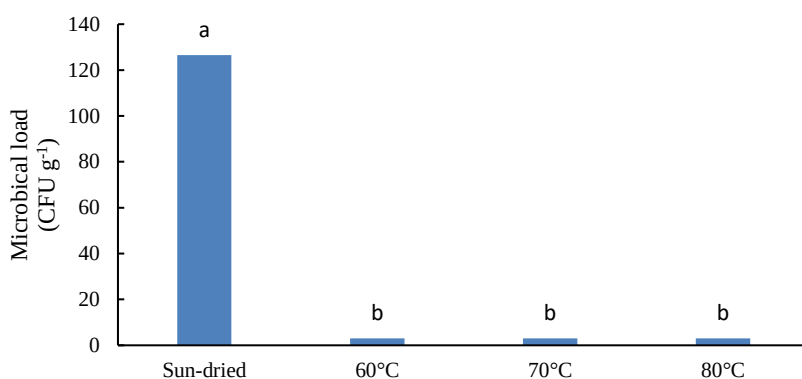
شکل ۱۱- مقایسه میانگین برهمکنش اثر زمان برداشت و روش خشک کردن بر محتوای فلاونوئید کشمش

Fig.11. Means comparison of interaction between harvest time and drying method on flavonoid content of raisins



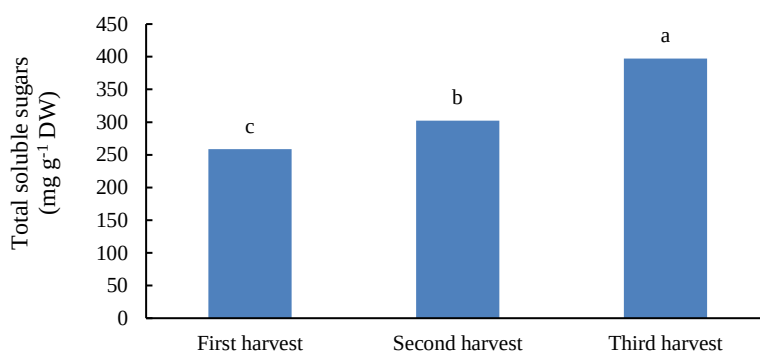
شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر برهمکنش زمان برداشت و روش خشک کردن بر فعالیت آنتی اکسیدانی کشمش

Fig.12. Means comparison of interaction between harvest time and drying method on antioxidant activity of raisins



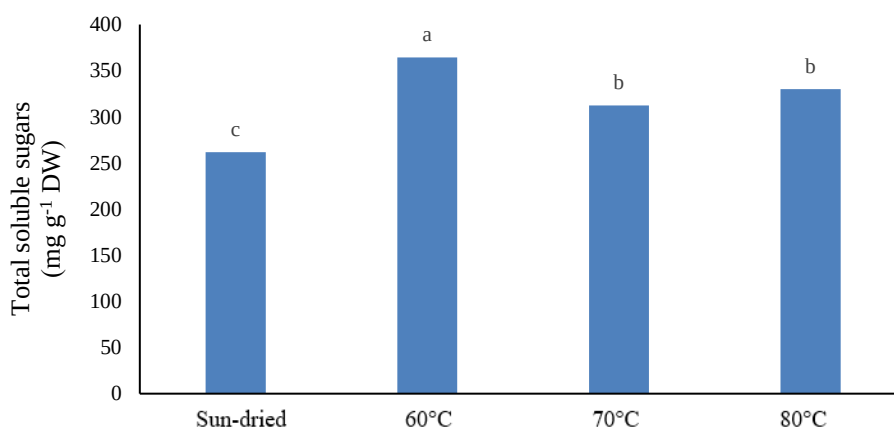
شکل ۱۳- مقایسه میانگین اثر ساده روش خشک کردن بر مقدار بار میکروبی کشمش

Fig.13. Means comparison of the effect of drying method on microbial load of raisins



شکل ۱۴- مقایسه میانگین اثر ساده زمان برداشت بر مقدار قندهای محلول کل کشمش

Fig.14. Means comparison of the effect of harvest time on total soluble sugars of raisins



شکل ۱۵- مقایسه میانگین اثر ساده روش خشک کردن بر مقدار قندهای محلول کل کشمش

Fig.15. Means comparison of the effect of drying method on total soluble sugars of raisins

(2021). پایین بودن آلودگی میکروبی در کشمش‌های تولیدی به روش خلاء در تحقیق حاضر را می‌توان به زمان کوتاه در خشک کردن و همچنین عدم تماس با محیط اطراف نسبت داد.

با بررسی‌های متعدد چنین به نظر می‌رسد که با رسیدن بیشتر انگورها و افزایش pH و قند حبه‌ها، مقدار آلودگی در آن‌ها نیز افزایش پیدا می‌کند (Zomorodi, Amir Shaghaghi, & Gerami,

قندهای محلول کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود اثر ساده زمان برداشت و روش خشک کردن در سطح احتمال ۱ درصد بر مقدار قندهای محلول کل معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار قند کشمش در برداشت سوم و همچنین کمترین مقدار قند محلول در برداشت اول حاصل شد. به‌طور کلی در برداشت سوم مقدار قند کل حدود ۵۳/۶۱ درصد نسبت به برداشت اول افزایش پیدا کرد (شکل ۱۴). در طی بلوغ انگور، رشد آن سریع می‌شود و بدین منظور افزایش حجم اتفاق می‌افتد نه تقسیم سلولی. با انبساط سلولی نیز افزایش هجوم آب و قند به سلول‌ها مشاهده می‌شود (Hellman, 2004). در انگور انبساط سلولی هم‌زمان با متابولیسم قندها و اسیدهای آلی اتفاق می‌افتد. مالات یکی از اسیدهای مهم در انگور است و این امر نشان می‌دهد که با افزایش زمان برداشت و تجزیه مالات در حبه‌ها، قندهای هگزوز نیز افزایش پیدا می‌کند (Piazzolla, Pati, Amodio, & Colelli, 2016). در پژوهش حاضر، بیشترین مقدار قند کل در بین روش‌های مختلف خشک کردن به دمای ۶۰ درجه سلسیوس خشک‌کن تحت خلاء اختصاص یافت (شکل ۱۵). همچنین کمترین مقدار قند در روش آفتابی حاصل گردید. به‌طور میانگین مقدار قندهای محلول کل در روش آفتابی حدود ۲۲/۶۸ درصد کمتر از روش خشک‌کن خلاء مشاهده شد. با افزایش دما خشک کردن، مقدار قند در نهایت کاهش پیدا می‌کند. این کاهش قند را می‌توان به فرایند میلارد و کارملیزاسیون^۱ نسبت داد. با افزایش دما و طولانی‌تر شدن دوره گرما، مقدار قند بیشتر کاهش می‌یابد (Karaman et al., 2014).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی برهمکنش زمان برداشت و روش خشک کردن بر اکثر صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری داشت. روش‌های خشک

کردن انگور به‌منظور تهیه کشمش بی‌دانه سفید در این پژوهش تاثیر معنی‌داری بر میزان ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کشمش تولیدی داشت. میزان این ترکیبات در کشمش آفتاب خشک کمتر از کشمش حاصل از روش خشک‌کن خلاء بود. میانگین مقدار قندهای محلول کل در کشمش روش آفتاب خشک حدود ۲۲/۶۸ درصد کمتر از روش خشک‌کن خلاء مشاهده شد. از نظر شمارش کلی میکروب، بیشترین بار میکروبی (۱۲۶/۵۱ Cfu g⁻¹) مربوط به کشمش آفتاب خشک بود. تیمارهای تحت خشک‌کن خلاء در هر سه دمای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس کمترین مقدار بار میکروبی (تقریباً صفر) را از خود نشان دادند. پایین بودن آلودگی میکروبی در کشمش‌های تولیدی به روش خلاء در تحقیق حاضر را می‌توان به زمان کوتاه در خشک کردن و همچنین عدم تماس با محیط اطراف نسبت داد. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که کشمش تولیدشده در برداشت سوم و خلاء ۶۰ درجه سلسیوس از نظر صفات بیوشیمیایی نسبت به سایر تیمارها کیفیت مطلوب‌تری داشت و می‌توان چنین اظهار کرد که روش خشک‌کن خلاء، جایگزین مناسبی برای روش‌های خشک کردن سنتی محسوب می‌شود.

مشارکت نویسندگان

فائزه کیومرثی دربندی: جمع‌آوری داده‌ها، پردازش داده‌ها، تحلیل آماری، خدمات نرم‌افزاری، تصویرسازی نتایج، استخراج و تهیه متن اولیه، ویرایش متن

یحیی سلاح ورزی: نظارت و مدیریت، مفهوم‌سازی

بهرام عابدی: نظارت و مدیریت، مشاوره فنی

حسن صدرنیا: روش‌شناسی، اعتبارسنجی

مریم کمالی: پردازش داده‌ها، خدمات نرم‌افزاری، تحلیل آماری

References

- Adiletta, G., Russo, P., Senadeera, W., & Di Matteo, M. (2016). Drying characteristics and quality of grape under physical pretreatment. *Journal of Food Engineering*, 172, 9-18. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.06.031>
- 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*, 226-238. (in Persian). <https://doi.org/10.22067/iftstrj.v1395i2.32219>
- Bahmanpour, H., Sajadiye, M., Sheykh davoodi, M. J., & Zolfaghari, M. (2016). The Effect of Temperature and Drying Method on Drying Time and Color Quality of Mint. *Journal of Agricultural Machinery*, 7(2), 415-426. (in Persian). <https://doi.org/10.22067/jam.v7i2.51268>
- Baloch, M. K., & Bibi, F. (2012). Effect of harvesting and storage conditions on the post harvest quality and shelf life of Mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *South African Journal of Botany*, 83, 109-116. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2012.08.001>

1- Maillard process and caramelization

5. Bozkir, H. (2020). Effects of hot air, vacuum infrared, and vacuum microwave dryers on the drying kinetics and quality characteristics of orange slices. *Journal of Food Process Engineering*, 43(10), e13485. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13485>
6. Busta, F. F., Peterson, E. H., Adams, D. M., & Johnson, M. G. (1984). Colony count methods. In M. L. Speck (Ed.), *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (2nd ed., pp. 62–83). American Public Health Association.
7. Cemeroglu, B. S. (2011). *Meyve ve sebze işleme teknolojisi*. Nobel Akademik Yayıncılık.
8. Chang, C., Yang, M., Wen, H. & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178-182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>
9. Chen, P. M., & Mellenthin, W. M. (1981). Effect of harvest date on ripening capacity and post harvest life of Anjou pears. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 106(1), 38-42. <https://doi.org/10.21273/JASHS.106.1.38>
10. Chiou, A., Karathanos, V. T., Mylona, A., Salta, F. N., Preventi, F., & Andrikopoulos, N. K. (2007). Currants (*Vitis vinifera* L.) content of simple phenolics and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 102(2), 516-22. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.009>
11. Chong, C. H., Law, C. L., Figiel, A., Wojdylo, A., & Oziemblowski, M. (2013). Colour, phenolic content and antioxidant capacity of some fruits dehydrated by a combination of different methods. *Food Chemistry*, 141(4), 3889-3896. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.042>
12. Chung, H. S., Kim, J. K., Moon, K. D., & Youn, K. S. (2014). Changes in Color Parameters of Corn Kernels during Roasting. *Food Science Biotechnology*, 23(6), 1829-1835. <https://doi.org/10.1007/s10068-014-0250-x>
13. Çoklar, H., & Akbulut, M. (2017). Effect of sun, oven and freeze-drying on anthocyanins, phenolic compounds and antioxidant activity of black grape (Eksikara) (*Vitis vinifera* L.). *South African Journal of Enology and Viticulture*, 38(2), 264-272. <https://doi.org/10.21548/38-2-2127>
14. Dai, J. W., Rao, J. Q., Wang, D., Xie, L., Xiao, H. W., Liu, Y. H., & Gao, Z. J. (2015). Process-based drying temperature and humidity integration control enhances drying kinetics of apricot halves. *Drying Technology*, 33(3), 365-376. <https://doi.org/10.1080/07373937.2014.954667>
15. Deng, L. Z., Yang, X. H., Mujumdar, A. S., Zhao, J. H., Wang, D., Zhang, Q., ... & Xiao, H. W. (2018). Red pepper (*Capsicum annuum* L.) drying: Effects of different drying methods on drying kinetics, physicochemical properties, antioxidant capacity, and microstructure. *Drying Technology*, 36(8), 893-907. <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1361439>
16. Dissa, A. O., Desmorieux, H., Bathiebo, J., & Koulidiati, J. (2008). Convective drying characteristics of Amelie mango (*Mangifera Indica* L. cv. 'Amelie') with correction for shrinkage. *Journal of Food Engineering*, 88(4), 429-43. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.03.008>
17. FAO & OIV. (2016). *Table and dried grapes: Non-alcoholic products of the viticultural sector intended for human consumption*. Food and Agriculture Organization of the United Nations & International Organisation of Vine and Wine. <http://www.fao.org/3/a-i7042e.pdf>
18. Ferreyra, M. R., Vina, S. Z., Mugridge, A., & Chaves, A. R. (2007). Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of Strawberry cultivar selva. *Scientia Horticulturae*, 112(1), 27-32. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.001>
19. Ghodsvali, A., Mohamadi, M., Mohamadi Chianeh, S., & Rashizadeh, S. (2016). An Investigation on the Effect of Harvest Time and Storage on the Quality Properties of Red Grape, the Variety of Fakhri Shahrood. *Journal of Crop Production and Processing*, 5(18), 1-13. (in Persian). <https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.5.18.1>
20. Gholami parshokohi, M., Mohammadi shamami, M., Mohseni, Sh., Mashallah kermani, A., & Abdolalizadeh, E. (2014). Determination of some physical properties of pistachio and its kernel (local cultivars of Qazvin). *Journal of Food Science and Nutrition*, 43, 47-58. (in Persian).
21. Guiné, R. P. F., Almeida, I. C., Correia, A. C., & Gonçalves, F. J. (2015). Evaluation of the physical, chemical and sensory properties of raisins produced from grapes of the cultivar crimson. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 9, 337-346. <https://doi.org/10.1007/s11694-015-9241-8>
22. Hayat, K., Zhang, X., Chen, H., Xia, S., Jia, C., & Zhong, F. (2010). Liberation and separation of phenolic compounds from citrus mandarin peels by microwave heating and its effect on antioxidant activity. *Separation and Purification Technology*, 73(3), 371-376. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2010.04.026>
23. Hellman, E. W. (2004, February 27–28). *How to judge grape ripeness before harvest*. Paper presented at the Southwest Regional Vine & Wine Conference, Albuquerque, NM, USA.
24. Irigoyen, J. J., Emerich, D. W., & Sanchez-Diaz, M. (1992) Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. *Physiologia Plantarum*, 84, 55-60. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1992.tb08764.x>
25. Karaman S., Said Toker O. S., Çam M., Hayta M., Mahmut Doğan M., & Kayacier A. (2014). Bioactive and Physicochemical Properties of Persimmon as Affected by Drying Methods Drying Technology: *An International*

- Journal*, 32(3), 258-267. <https://doi.org/10.1080/07373937.2013.821480>
26. Karimi, R., & Mirzaei, F. (2017). The effect of three drying methods on biophysical and biochemical properties of raisin. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 49(2), 475-491. (in Persian). <https://doi.org/10.22059/ijhs.2017.232628.1249>
27. Kerdpi boon, S., Kerr, W. L., & Devahastin, S. (2006). Neural network prediction of physical property changes of dried carrot as a function of fractal dimension and moisture content. *Food Research International*, 39(10), 1110-1118. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.07.019>
28. Khiari, R., Zemni, H., & Mihoubi, D. (2019). Raisin processing: Physicochemical, nutritional and microbiological quality characteristics as affected by drying process. *Food Reviews International*, 35(3), 246-298. <https://doi.org/10.1080/87559129.2018.1517264>
29. Kruge, E., Dietrich, H., Schopplein, E., Rasim, S., & Kurbel, P. (2011). Cultivar, storage conditions and ripening effect on physical and chemical quality of red raspberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 60(1), 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.12.001>
30. Langová, R., Juzl, M., Cwiková, O., & Kos, I. (2020). Effect of Different Method of Drying of Five Varieties Grapes (*Vitis vinifera* L.) on the Bunch Stem on Physicochemical, Microbiological, and Sensory Quality. *Foods*, 9(9), 1183. <https://doi.org/10.3390/foods9091183>
31. Li, Y., Wang, X., Wu, Z., Wan, N., & Yang, M. (2020). Dehydration of hawthorn fruit juices using ultrasound-assisted vacuum drying. *Ultrasonics Sonochemistry*, 68, 105219. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105219>
32. Magnoli, C. A., Astroeca, L., Ponsone, M., Combina, G., Palacio, C. A. R., Rose, A. M., & Dalcero, M. (2004). Survey of mycoflora and ochratoxin A in dried vine fruit from Argentina markets. *Letters in Applied Microbiology*, 39(4), 326-331. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2004.01583.x>
33. Magwaza, L. S., & Tesfay, S. Z. (2015). A review of destructive and non-destructive methods for determining Avocado fruit maturity. *Food Bioprocess Technology*, 8(10), 1995-2011. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1568-y>
34. Mandal, G., & Thakur, A. K. (2015). Preparation of raisin from grapes varieties grown in Punjab with different processing treatments. *International Journal of BioResource, Environment and Agriculture Science*, 1(1), 25-31.
35. Moreno, J., Gonzales, M., Zúñiga, P., Petzold, G., Mella, K., & Muñoz, O. (2016). Ohmic Heating and Pulsed Vacuum Effect on Dehydration Processes and Polyphenol Component Retention of Osmodehydrated Blueberries (cv. Tifblue). *Innovative Food Science Emerging Technologies*, 36, 112-119. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.06.005>
36. Papoutsis, K., Pristijono, P., Golding, J. B., Stathopoulos, C. E., Bowyer, M. C., Scarlett, C. J., & Vuong, Q. V. (2017). Effect of vacuum-drying, hot air-drying and freeze-drying on polyphenols and antioxidant capacity of lemon (*Citrus limon*) pomace aqueous extracts. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(4), 880-887. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13351>
37. Parikh, D. M. (2015). Vacuum Drying: Basics and Application. *Chemical Engineering*, 122(4), 48.
38. Piazzolla, F., Pati, S., Amodio, M. L., & Colelli, G. (2016). Effect of harvest time on table grape quality during on-vine storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(1), 131-139. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7072>
39. Pileh, F., Farokhzad, A., Esmaili, M., & Dolati Baneh, H. (2015). Effect of harvest time and storage duration on some biochemical attributes of table grape cv 'Bidaneh Sefid. *Food Research Journal*, 25(4), 564-576. (in Persian).
40. Sabanci, S., & Icier, F. (2017). Applicability of ohmic heating assisted vacuum evaporation for concentration of sour cherry juice. *Journal of Food Engineering*, 212, 262-270. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.06.004>
41. Sawheny, R. L., Pangavhane, D. R., & Sarsavadia, P. N. (1999). Drying kinetics of single layer Thompson Seedless grape under heated ambient air conditions. *Drying Technology*, 17(1-2), 215-236. <https://doi.org/10.1080/07373939908917526>
42. Serratos, M. P., Marquez, A., Lopez-Toledano, A., Medina, M., & Merida, J. (2011). Changes in hydrophilic and lipophilic antioxidant activity in relation to their phenolic composition during the chamber drying of red grapes at a controlled temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(5), 1882-1892. <https://doi.org/10.1021/jf1042536>
43. Shojah, A., Ghasemnejad, M., & Mortazavi, S. N. (2011). The Changes of Antioxidant Capacity and Post Harvest Quality of Thompson navel and Blood Orange Fruits during Storage. *Journal of Horticultural Science*, 25(2), 147-155. (in Persian). <https://doi.org/10.22067/jhort4.v1390i0.9984>
44. Sotiropoulos, T. E. (2008). Performance of the apple (*Malus domestica* Borkh) cultivar 'Imperial Double Red Delicious' grafted on five rootstocks. *Horticultural Science*, 35(1), 7-11. <https://doi.org/10.17221/645-HORTSCI>
45. Topalovic, A., & Mikulic-Petkovsek, M. (2010). Changes in sugars, organic acids and phenolics of grape berries of cultivar cardinal during ripening. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(3-4), 223-227.
46. USDA. (2018). *Raisins: World markets and trade*. U.S. Department of Agriculture. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/raisins>
47. Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., & Oomah, B. D. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected

- fruits, vegetables and grain products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46(10), 4113-4117. <https://doi.org/10.1021/jf9801973>
48. Wang, J., Law, C. L., Nema, P. K., Zhao, J. H., Liu, Z. L., Deng, L. Z., ... & Xiao, H. W. (2018). Pulsed vacuum drying enhances drying kinetics and quality of lemon slices. *Journal of Food Engineering*, 224, 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.01.002>
49. Wang, J., Mu, W. S., Fang, X. M., Mujumdar, A. S., Yang, X. H., Xue, L. Y., ... & Zhang, Q. (2017). Pulsed vacuum drying of Thompson seedless grape: Effects of berry ripeness on physicochemical properties and drying characteristic. *Food and Bioprocess Technology*, 106, 117-126. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.09.003>
50. Wang, J., Mujumdar, A. S., Mu, W., Feng, J., Zhang, X., Zhang, Q., ... & Xiao, H. W. (2016). Grape drying: Current status and future trends. *Grape and Wine Biotechnology*, 7, 145-165. <https://doi.org/10.5772/64662>
51. Xie, L., Mujumdar, A. S., Fang, X. M., Wang, J., Dai, J. W., Du, Z. L., Xiao, H. W., Liu, Y. H., & Gao, Z. J. (2017) Far-infrared radiation heating assisted pulsed vacuum drying (FIR-PVD) of Wolfberry (*Lycium barbarum* L.): effects on drying kinetics and quality attributes. *Food and Bioprocess Technology*, 102, 320-331. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.01.012>
52. Yousefi, S., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, S. M. A., & Askari, G. R. (2012). Comparing the effects of microwave and conventional heating methods on the evaporation rate and quality attributes of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 1328-1339. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0603-x>
53. Zhou, X., Li, R., Lyng, J. G., & Wang, S. (2018). Dielectric properties of kiwifruit associated with a combined radio frequency vacuum and osmotic drying. *Journal of Food Engineering*, 239, 72-82. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.006>
54. Zomorodi, Sh., Amir Shaghaghi, F., & Gerami, K. (2022). Modification of the traditional grape drying place using control heating plates and evaluate its energy consumption. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 19(127), 167-176. (in Persian). <https://doi.org/10.22034/FSCT.19.127.167>