

(مقاله پژوهشی)

مقایسه اثر خشک کردن همرفت و تحت خلاء بر برخی ویژگی های فیزیکوشیمیایی لواشک زغال اخته ی فرموله شده

معصومه حسینی خصال^۱، نارملا آصفی^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۰۸

چکیده

زغال اخته میوه ای فصلی است که پس از برداشت حدود ۲ الی ۳ هفته قابلیت ماندگاری دارد. یکی از روش های نگهداری این میوه و افزایش ماندگاری آن، تهیه ی لواشک است. هدف از این پژوهش، مطالعه و بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی لواشک زغال اخته طی روش های مختلف خشک کردن می باشد. در پژوهش حاضر، سه نوع فرمولاسیون متفاوت (نمک ۱٪، شکر ۲٪ و مخلوط نمک ۲٪ و شکر ۴٪) و شاهد در دو نوع خشک کن هوای داغ و خشک کن تحت خلاء در فشار ثابت ۲۰۰ میلی بار و دماهای ۵۵، ۶۵ و ۷۵ درجه ی سانتی گراد بررسی شد. سپس محتوای رطوبتی، ضریب نفوذ رطوبت، میزان آنتوسیانین کل، هیدروکسی متیل فورفورال، رنگ و ویژگی های حسی نمونه های تهیه شده مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین میزان آنتوسیانین و کمترین تجمع هیدروکسی متیل فورفورال و تغییرات رنگ، مربوط به نمونه های خشک کن تحت خلاء بود. مقایسه نمونه های تیمار شده در هر دو خشک کن، نیز نشان داد که نمونه های شاهد (نمونه فاقد افزودنی) از نظر خواص مورد بررسی، مطلوب ترین و نمونه های فرموله شده با مخلوط نمک ۲٪ و شکر ۴٪ ضعیف ترین نتایج را داشتند. با توجه به نتایج حاصل از بررسی های انجام شده، از بین روش های انتخاب شده برای خشک کردن، خشک کن تحت خلاء به علت عدم وجود هوا و پیش گیری از واکنش های ناخواسته، مناسب تر بوده و باعث حفظ بیشتر کیفیت نمونه ها شده است و به دلیل سرعت خشک کردن و ضریب نفوذ رطوبت بالا و انرژی اکتیواسیون مناسب، مناسب ترین روش جهت خشک کردن نمونه های لواشک زغال اخته بود. به صورت کلی خشک کردن زغال اخته بدون هرگونه ماده افزودنی با خشک کن تحت خلاء در دمای ۵۵ درجه ی سانتی گراد نتایج مطلوب تری نسبت به تیمارهای دیگر داشت.

واژه های کلیدی: خشک کن هوای داغ، خشک کن تحت خلاء، آنتوسیانین، هیدروکسی متیل فورفورال

۱- مقدمه

زغال‌اخته با نام علمی *Cornus mas L.* متعلق به خانواده ی *Cornaceae* است و به طور طبیعی در منطقه ی وسیعی از اروپا، آسیا به خصوص ایران، ارمنستان و قفقاز می‌روید (۶،۷). زغال‌اخته در شکل‌های مختلفی مانند تازه‌خوری، ترشی، مربا، مارمالاد، شربت و لواشک مصرف می‌شود (۱۵). این میوه به دلیل سرشار بودن از ویتامین ث، داشتن خواص مثبت بر بینایی و بیماری‌های قلبی‌عروقی، دیابت، و داشتن خواص ضدتومری، ضدسرطانی، ضدباکتریایی و ضدویروسی کاربرد دارویی داشته و بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۲۰). در کشور ایران روش تهیه لواشک، خشک کردن می‌باشد که یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری مواد غذایی بوده و شامل انتقال همزمان حرارت و جرم می‌باشد (۱۶). در بین روش‌های مختلف خشک کردن، خشک کن هوای داغ جزو متداولترین روش‌ها است که با تسریع در فرآیند خشک شدن، امکان رعایت شرایط بهداشتی را نیز فراهم می‌سازد (۲۴). بنابر پژوهش‌های سابق نویسندگان مقاله حاضر و منابع مختلف نشان می‌دهد استفاده از این روش محدودیتی برای محصولات حاوی ویتامین ث بالا و حساس به حرارت دارد. استفاده از خشک کن تحت خلاء و بدون استفاده از حرارت مستقیم و با بهره‌گیری از بهترین و بالاترین کیفیت پیشنهاد می‌گردد، در خشک کن تحت خلاء به دلیل عدم وجود هوا، واکنش‌های اکسیداسیون به حداقل رسیده و باعث حفظ بیشتر رنگ، طعم و بافت محصول می‌شود (۱۴). بررسی تاثیر روش‌های مختلف بر مقدار آنتوسیانین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی زالزالک، گزارش نشان داد که بیشترین مقدار آنتوسیانین به ترتیب مربوط به نمونه‌های خشک شده در خشک کن انجمادی، میکروویو-خلاء، هوای داغ و خشک کن تحت خلاء بوده است (۱۷). نتایج تحقیقات خرمی و آصفی (۱۳۹۳) نشان داد خشک کردن هویج فرنگی تحت خلاء در فشار ثابت ۲۰۰ میلی بار در دمای ثابت در سینتیک خشک کردن، میزان چروکیدگی، مقدار جذب آب مجدد و گرمای ویژه نمونه‌های هویج خشک شده

اثر معنی‌داری دارد (۲). مورالس-دلگادو و همکاران (۲۰۱۴) از خشک کن هوای داغ در دماهای ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد برای خشک کردن توت‌فرنگی استفاده کرده و گزارش کردند که محتوای آنتوسیانین موجود در توت‌فرنگی، با افزایش دمای خشک کن کاهش یافته است (۱۸). طی تحقیق دیگری ییلماز و همکاران (۲۰۱۵)، اثر روش‌های خشک کردن در خشک کن هوای داغ، تحت خلاء و هوای آزاد، بر لواشک انار را مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که بین روش‌های ذکر شده، بیشترین ترکیبات فنلی، آنتوسیانین و ویتامین ث به ترتیب مربوط به لواشک‌های خشک شده در خشک کن تحت خلاء، هوای داغ و هوای آزاد بوده است (۲۶). فلکی و آصفی (۱۳۹۶) تاثیر پیش تیمارهای اسمزی مختلف نمک و شکر بر میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد محلول قبل از خشک کردن تحت خلاء لیمو ترش بررسی نموده نتایج نشان داد محلول اسمزی ترکیبی (شکر ۲۰٪ و نمک ۲۰٪) نقش عمده‌ای در کاهش رطوبت دارد و استفاده از محلول اسمزی شکر ۴۰٪ توانست مواد مغذی میوه را حفظ کرده و باعث افزایش کیفیت تغذیه ای محصول نهایی می‌شود (۵). آذرپژوه و شرایعی (۱۳۹۴) غلظت‌های مختلف ساکاروز و نمک را به عنوان پیش تیمار در خشک کردن آلودی خشکباری بررسی نموده نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که با افزایش درصد ساکاروز در محلول‌های اسمزی درصد جذب مواد و درصد کاهش آب افزایش می‌یابد و با افزایش غلظت ساکاروز در محلول‌های اسمزی، میزان قهوه ای شدن و درصد چروکیدگی بافت نمونه‌های آلو کاهش یافته است و نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که تیمار با آب نمک و غوطه ور در ساکاروز بهترین تیمار فرآوری از نظر مصرف کننده بوده است (۱). با توجه به ضروری بودن ارائه محصولات با کیفیت و ارزش تغذیه‌ای بالا برای آسیب‌پذیرترین گروه مصرف کنندگان (کودکان)، و استفاده از نمک و شکر در محصولات خشکباری از طرف تولیدکنندگان خشکبار در ایران هدف از این پژوهش یافتن

۲-۲-۲- فرآیند خشک کردن

۲-۲-۱- خشک کردن در آون هوای داغ

به منظور حصول شرایط پایدار در سیستم، خشک کن به مدت ۳۰ دقیقه قبل از فرآیند خشک کردن روشن و سپس سینی‌های حاوی نمونه‌ها در محفظه‌های خشک کن با سرعت هوای ۱ متر بر ثانیه قرار داده شدند. دماهای مورد بررسی در این فرآیند ۵۵، ۶۵ و ۷۵ درجه‌ی سانتی‌گراد بودند. خشک کردن تا زمانی ادامه داشت که وزن آن‌ها به محتوای رطوبتی ۶/۵ درصد بر پایه وزن مرطوب برسد و لواشک از لحاظ بافتی مطلوب باشد. تمامی آزمایشات با سه تکرار انجام گردید.

۲-۲-۲- خشک کردن تحت خلاء

جهت تکمیل فرآیند خشک کردن نمونه‌ها، از خشک کن تحت خلاء آزمایشگاهی (دماهای ۵۵، ۶۵ و ۷۵ درجه‌ی سانتی‌گراد با فشار ۲۰۰ میلی‌بار) استفاده گردید. جهت تعیین افت رطوبت در فاصله زمانی ۳۰ دقیقه، نمونه‌ها توزین شده، سپس تا حصول ۶/۵ درصد رطوبت، عمل خشک کردن ادامه یافت. نمونه‌ها پس از خروج از خشک کن، به مدت ده دقیقه در دسیکاتور خنک شده و توزین گردید. تمامی آزمایشات با سه تکرار انجام شدند.

۲-۳-۲- آزمون‌ها

۲-۳-۱- تعیین محتوای رطوبتی

محتوای رطوبت نمونه‌ها از طریق خشک کردن آن‌ها در آون کنوکسیون (به‌داد، ایران) در دمای 105 ± 1 درجه‌ی سانتی‌گراد، تا رسیدن به وزن ثابت انجام شد و در نهایت بر حسب گرم رطوبت بر گرم ماده‌ی خشک، گزارش گردید (۱۱).

۲-۳-۲- تعیین ضریب نفوذ رطوبت و انرژی فعال-کننده

معادله انتشار قانون دوم فیک برای انتشار جرم در طی دوره‌ی سرعت نزولی خشک کردن محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای تعیین ضریب نفوذ مؤثر رطوبت، از

شرایط بهینه جهت تهیه لواشک زغال‌اخته فرموله شده با کیفیت فیزیکی - شیمیایی و حسی مناسب با استفاده از دو نوع خشک کن هوای داغ و خشک کن تحت خلاء می‌باشد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده سازی نمونه‌ها

شهرستان کلپروواقع در آذربایجان شرقی در ۴۷ درجه و ۰۲ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۸ درجه و ۵۲ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۱۲۴۰ متری از سطح دریا واقع شده است و قطب تولید زغال‌اخته در ایران می‌باشد. این محصول بیشتر به صورت تازه خوری به بازار عرضه می‌شود. صنایع تبدیلی این محصول به صورت صنعتی در منطقه وجود ندارد اما به صورت خانگی در اکثر خانه‌ها و یا کارگاه‌های کوچک خانگی فرآوری‌های مختلفی از آن استحصال و به فروش می‌رسد. با معرفی سازمان جهاد کشاورزی زغال‌اخته به مقدار ۱۲ کیلوگرم از یکی از باغات این شهرستان در ۲۳ ماه شهریور که محصول کاملاً به شکل رسیده بود خریداری شد و به علت رسیدگی کامل بلافاصله در یخچال دستی به آزمایشگاه صنایع غذایی دانشگاه انتقال داده شده و بعد از شستن، دم‌گیری و هسته‌گیری به صورت دستی، داخل مخلوط‌کن مخلوط گردید. سپس پالپ مورد نظر با مشخصات ۸۱ درصد رطوبت، ۱۹ درصد ماده خشک کل و ۲۶/۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم آنتوسیانین و صفر درصد هیدروکسی متیل فورفورال^۱ (HMF)، جهت خشک شدن در خشک کن هوای داغ و تحت خلاء با شکر و نمک طعام با ۴ فرمولاسیون متفاوت شامل نمک ۱٪، شکر ۲٪، مخلوط نمک ۲٪ - و شکر ۴٪ و شاهد (بدون افزودنی)، فرموله گردید. در نهایت ۵۴ تیمار فرموله شده و ۱۸ تیمار شاهد، جهت تهیه لواشک به دو خشک کن هوای داغ (به‌داد، ایران) و تحت خلاء (Memmert، آلمان) انتقال داده شد.

از رابطه ۳ میزان آنتوسیانین کل بر حسب میلی گرم مالویدین ۳-گلیکوزید در لیتر محاسبه شد (۳).

رابطه ۳

$$Anth(mg/L) = \frac{A \times Mw \times Df \times 1000}{\varepsilon \times L}$$

$$A = (A_{520} - A_{700}) pH_{1.0} - (A_{520} - A_{700}) pH_{4.5}$$

A: اختلاف جذب نمونه در دو بافر (pH ۱ و ۴/۵)، D_f : فاکتور رقت، M_w : وزن مولکولی آنتوسیانیدین غالب در میوه‌ها (مالویدین-۳-گلیکوزید برابر با ۴۴۲/۹ گرم بر مول)، L: طول سل (۱ سانتی‌متر)، ε : ضریب ثابت خاموشی (۲۶۹۰۰ لیتر بر مول. سانتی‌متر برای سیانیدین-۳-گلیکوزید).

به منظور تعیین هیدروکسی متیل فورفورال، ۱۰ گرم از نمونه در داخل ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر خیسانده و حل شد، سپس در دو لوله‌ی آزمایشگاهی، ۲ میلی‌لیتر از محلول به‌دست آمده به همراه ۵ میلی‌لیتر محلول پاراتولنیدین آماده شد، در داخل یکی از لوله‌ها ۱ میلی‌لیتر آب مقطر، و در لوله‌ی آزمایشگاهی دیگر ۱ میلی‌لیتر از محلول اسید باربیوتیک ۰/۵ درصد استفاده شد. در نهایت اندازه‌گیری میزان جذب نمونه‌ها در اسپکتروفتومتری با طول موج ۵۵۰ نانومتر انجام شد (۱۲).

۲-۳-۴- رنگ

ارزیابی خواص رنگی با استفاده از روش پردازش تصویر صورت گرفت. هم‌چنین ΔE به عنوان شاخص میزان تغییرات رنگ بر اساس رابطه ۴ محاسبه شد. برای ارزیابی پارامترهای روشنایی (L^*)، قرمزی-سبزی (a^*)، زردی-آبی (b^*)، در این سیستم، ابتدا نمونه‌های بیسکویت در جعبه مخصوص با لامپ D65 قرار داده شد با استفاده از دوربین عکاسی (سامسونگ، ساخت کره) با زاویه ۹۰ درجه عمودی از بالای پنجره جعبه، عکس‌برداری شد. تصاویر با فرمت JPG ذخیره گردیده و مراحل پردازش تصویر با نرم افزار فتوشاپ انجام گرفت (۹).

رابطه ۴

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

داده‌های خشک کردن استفاده شد. با استفاده از این داده‌ها، در هر دمایی ضریب نفوذ مؤثر رطوبت از طریق رسم $Ln(MR)$ و با استفاده از رابطه ۱ به عنوان تابعی از زمان تعیین گردید. ضریب نفوذ مؤثر همان شیب زاویه‌ی بخش خطی است (۲۶).

رابطه ۱

$$MR = \frac{x - x_e}{x_0 - x_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{1}{2n+1} \right) \exp\left(-\frac{(2n-1)^2 \pi^2 D t}{4L_t^2} \right)$$

D: ضریب نفوذ مؤثر رطوبت (متر مربع بر ثانیه)، L_t : نصف ضخامت نمونه در زمان t (متر)، X: رطوبت میانگین نمونه در زمان t (گرم ماده خشک/گرم)، X_e : رطوبت در حال تعادل نمونه (گرم ماده خشک/گرم)، X_0 : رطوبت اولیه نمونه (گرم ماده خشک/گرم).

وابستگی واکنش‌ها به حرارت با محاسبه انرژی فعال‌کننده (Ea) از طریق رابطه آرنیوس (رابطه ۲) امکان‌پذیر می‌باشد (۲۶).

رابطه ۲

$$k = k_0 \times \exp^{-Ea/RT}$$

K: ثابت سرعت واکنش، K_0 : فاکتور فرکانس، E_a : انرژی فعال‌کننده (ژول/مول)، R: ثابت گازها، T: دما بر حسب کلوین.

۲-۳-۳- تعیین مقدار ویتامین‌ث، آنتوسیانین کل و هیدروکسی متیل فورفورال

تعیین مقدار ویتامین‌ث، با روش تیتراسیون و با استفاده از معرف ۲ و ۶ دی‌کلروفل اندوفنل انجام شد (۲۶). میزان آنتوسیانین کل در نمونه‌ها بر طبق تفاوت pH اندازه‌گیری شد. اساس روش اندازه‌گیری آنتوسیانین بر مبنای تغییررنگ آنتوسیانین‌های مونومریک با تغییر pH است. در این روش میزان جذب با اسپکتروفتومتری (مدل Ultrospec 2000، ساخت انگلیس) در طول موج‌های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر همراه با بافرهای با pH متفاوت ۱ و ۴/۵ اندازه‌گیری شد و با استفاده

رسیدن مقدار رطوبت اولیه به رطوبت ۶/۵ درصد در مبنای مرطوب، در خشک‌کن هوای داغ و خشک‌کن تحت خلاء، با افزایش دما کاهش یافته است. روند کاهش رطوبت در دو نوع خشک‌کن مشابه یکدیگر بوده ولی طول زمان خشک شدن در نمونه‌های تحت خلاء (منحنی‌های ت، ث و ج) به مراتب کمتر از خشک‌کن هوای داغ (منحنی‌های الف، ب و پ) بود. از میان نمونه‌های خشک شده در خشک‌کن هوای داغ و تحت خلاء در دماهای ۵۵، ۶۵ و ۷۵ درجه سانتی‌گراد، بیشترین و کم‌ترین سرعت خشک شدن به ترتیب مربوط به نمونه‌ی شاهد و نمونه‌ها با فرمولاسیون مخلوط (۲٪ نمک- و ۴٪ شکر) بود. مقایسه‌ی تیمارهای فرموله شده با نمک و تیمارهای فرموله شده با شکر به صورت تک به تک در منحنی‌های الف تا ج نیز نشان داد که مدت زمان و سرعت خشک کردن در این دو تیمار مساوی یکدیگر بوده‌اند به صورتی که نقاط مربوط به خشک شدن در منحنی‌های مربوط به این دو تیمار بر روی هم قرار گرفته‌اند. در دماهای بالا نیروی محرک برای انتقال جرم و حرارت افزایش می‌یابد (۲۳). بنابراین کم‌ترین زمان مورد نظر برای کاهش رطوبت در هر دو نوع خشک‌کن مربوط به دمای ۷۵ درجه‌ی سانتی‌گراد بود. بیشترین زمان خشک کردن در نمونه‌ها با فرمولاسیون مخلوط نیز ناشی از افزایش ماده جامد بوده است (۲۶). اوکتای (۲۰۱۳) طی بررسی ویژگی‌های پستیل (نوعی لواشک ترک) تهیه شده از پالپ میوه‌ی توت حاوی عسل، آرد، ساکارز و شیر، با سه فرمولاسیون متفاوت حاوی گردو، فندق (با نسبت ۱ به ۵ افزودنی به پالپ) و نمونه شاهد نتایج مشابهی را گزارش کرد (۲۵). بیلماز و همکاران (۲۰۱۵) نیز طی خشک کردن کنسانتره انار حاوی ۵ درصد نشاسته با درجه بریکس ۳۰ و میزان رطوبت ۶۲ درصد به نتایج مشابهی دست یافتند (۲۶). زمان خشک شدن نمونه‌های لواشک در تمامی دماهای مورد بررسی در خشک‌کن تحت خلاء کوتاه‌تر بوده است. دلیل این امر می‌تواند پدیده اسفنجی ایجاد شده در خشک‌کن تحت خلاء باشد که باعث آمدن آب نمونه به

L_0^* : میزان روشنایی در نمونه شاهد، L_i^* : میزان روشنایی در نمونه خشک شده به مدت t ثانیه، a_0^* : میزان رنگ سبز تا قرمز در نمونه شاهد، a_i^* : میزان رنگ سبز تا قرمز در نمونه خشک شده به مدت t ثانیه، b_0^* : میزان آبی تا زرد در نمونه شاهد، b_i^* : میزان آبی تا زرد در نمونه خشک شده به مدت t ثانیه.

۲-۳-۵- ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی نمونه‌های لواشک زغال‌اخته شامل رنگ، طعم و بو، بافت (تردی و سفتی)، شکل ظاهری و پذیرش کلی توسط ۱۰ نفر ارزیاب غیرماهر در قالب آزمون هدونیک پنج نقطه‌ای (۱= خیلی ضعیف، ۲= ضعیف، ۳= نسبتاً ضعیف، ۴= خوب و ۵= خیلی خوب) انجام شد. از ارزیاب‌ها خواسته شد در فواصل بین نمونه‌ها از آب استفاده کنند (۱۹).

۲-۳-۶- تجزیه و تحلیل آماری

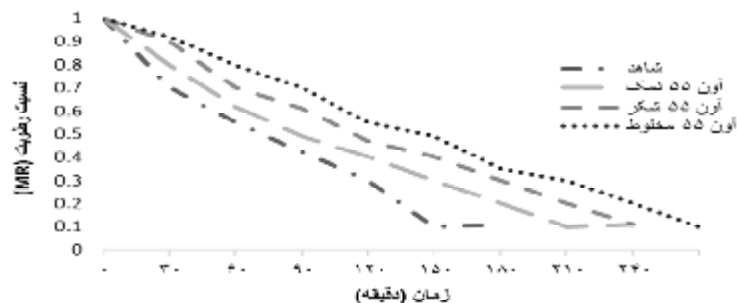
طرح آزمایشی مورد استفاده آزمون فاکتوریل با دو فاکتور و سه تکرار بوده که بر پایه طرح کامل تصادفی و بطور جداگانه برای هر خشک‌کن انجام شد. فاکتور اول دما در سه سطح (۵۵°C، ۵۶°C، ۵۷°C) و فاکتور دوم (نوع ترکیب)، دارای چهار سطح (نمک ۱ درصد، شکر ۲ درصد و مخلوط نمک ۲ درصد و شکر ۴ درصد و شاهد) می‌باشند. تحلیل و ارزیابی (ANOVA) با استفاده از نرم افزار آماری Design Expert 7 در سطح احتمال ۹۵٪ ($P < 0.05$) و آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای تأیید وجود اختلاف بین میانگین‌ها انجام گرفت. رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel 2013 انجام گردید.

۳-نتایج و بحث

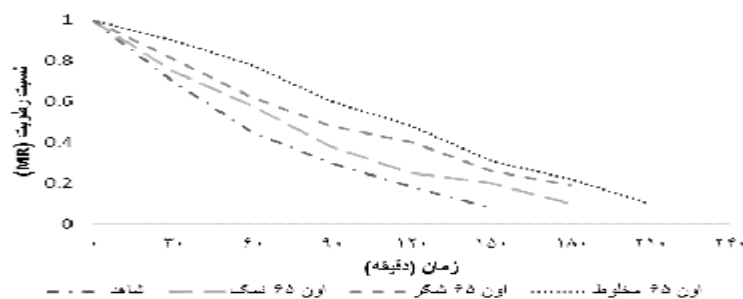
۳-۱- تعیین محتوای رطوبتی

نتایج مربوط به محتوای رطوبتی در شکل ۱ نشان داد که دمای خشک‌کن اثر معنی‌داری روی زمان خشک کردن داشته است، به طوری که زمان لازم جهت خشک کردن نمونه‌ی لواشک تا

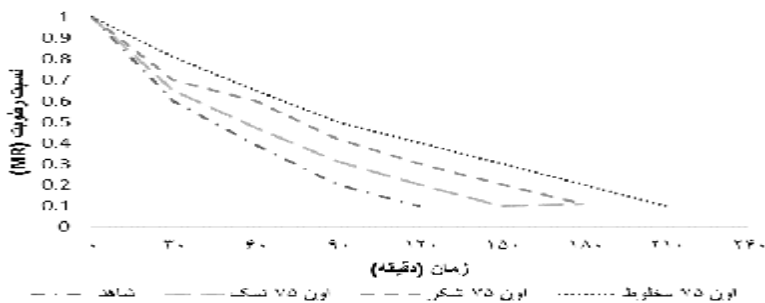
سطح و تبخیر آن از سطح باشد. که در نهایت باعث می شود رطوبت داخل محصول در دمای پایین تری از آن خارج شده و زمان خشک شدن کاهش یابد (۱۳).



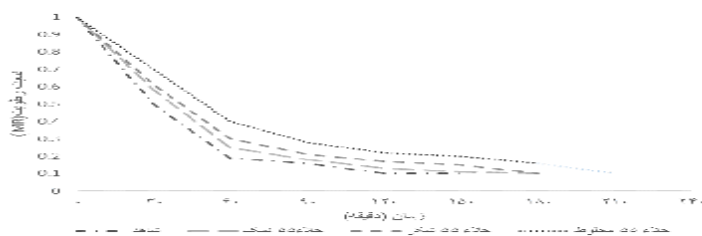
(الف)



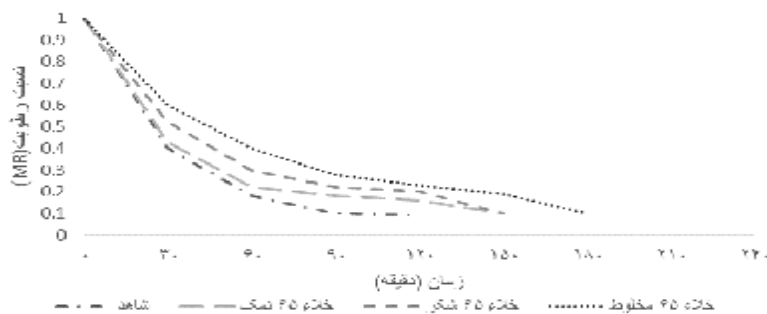
(ب)



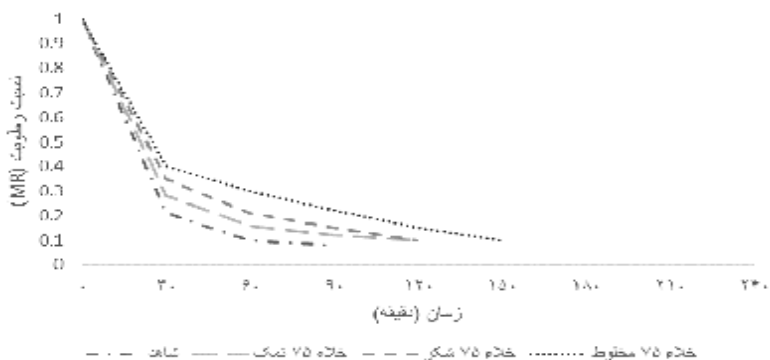
(پ)



(ت)



(ب)



(ج)

شکل ۱- منحنی خشک شدن نمونه‌های لواشک در دماهای ۵۵، ۶۵ و ۷۵ درجه سانتی‌گراد در دو نوع خشک‌کن تحت خلاء و آون

خشک‌کن هوای داغ کم‌تر بود. طبق نتایج، ضریب نفوذ موثر رطوبت در خشک‌کن تحت خلاء بالاتر از خشک‌کن هوای داغ بوده است. و با افزایش دمای خشک‌کن، میزان ضریب نفوذ موثر رطوبت در هر دو نوع خشک‌کن افزایش داشته زیرا افزایش دما باعث کاهش ویسکوزیته آب موجود در نمونه‌ها شده و باعث تسهیل انتشار مولکول‌های آب در نمونه شده و در نهایت منجر به افزایش ضریب نفوذ موثر رطوبت می‌شود (۲۱). خزایی پول و همکاران (۱۳۹۳) طی خشک‌کردن پاستیل هویج تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نشاسته (در سه سطح صفر، ۲ و ۴ درصد) و صمغ گوار (در سه سطح ۰/۵، ۱ و ۲ درصد)، با استفاده از خشک‌کن هوای داغ، بیان کردند که علت این امر می‌تواند بیشتر شدن شدت فعل و انفعالات در طی

۲-۳- تعیین ضریب نفوذ موثر رطوبت و انرژی فعال‌کننده

مقادیر ضریب نفوذ رطوبت با استفاده از داده‌های خشک‌کردن نمونه‌های لواشک، در دماهای مختلف و در دو نوع خشک‌کن در جدول ۱ نمایش داده شده است. طبق نتایج، نمونه‌ی شاهد خشک شده در خشک‌کن تحت خلاء با دمای ۷۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، به دلیل کوتاه بودن زمان خشک شدن از بقیه‌ی نمونه‌های فرموله شده، دارای بیشترین ضریب نفوذ موثر رطوبت بوده و نمونه‌ی فرموله شده مخلوط (۲٪ نمک- ۴٪ شکر) خشک‌شده در خشک‌کن هوای داغ با دمای ۵۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به دلیل بیشتر بودن زمان خشک‌شدن دارای کم‌ترین ضریب نفوذ موثر رطوبت بوده است. هم‌چنین نتایج نشان داد که با افزایش سرعت خشک شدن، انرژی اکتیواسیون کمتر شده به صورتی که در آون تحت خلاء نسبت به

خشک شدن در دمای بالا باشد. هم چنین در رابطه با انرژی اکتیواسیون نیز گزارش کردند که هرچه سرعت خشک شدن کم تر باشد انرژی اکتیواسیون بیشتر می شود (۴). که این گزارشات با نتایج به دست آمده طی این پژوهش هم راستا بود.

جدول ۱- میزان ضریب نفوذ موثر رطوبت و انرژی فعال کننده در نمونه های لواشک خشک شده در دو نوع خشک کن

انرژی فعال کننده (کیلوژول بر مول) (در هر سه دما)	ضریب نفوذ موثر رطوبت (متر مربع بر ثانیه)		تیمارها	دما (سانتی گراد)	
	هوای داغ	تحت خلاء			
۳/۷۷۰	۵/۶۶۰	$7/911 \times 10^{-9}$	$1/135 \times 10^{-9}$	T ₁ (۱٪ نمک)	۵۵
		$6/450 \times 10^{-9}$	$1/054 \times 10^{-9}$	T ₂ (۲٪ شکر)	
		$6/085 \times 10^{-9}$	$8/113 \times 10^{-10}$	T ₃ (۲٪ نمک - و ۴٪ شکر)	
		$8/357 \times 10^{-9}$	$1/501 \times 10^{-9}$	T ₄ (شاهد)	
۳/۷۹۸	۶/۴۹۱	$9/981 \times 10^{-9}$	$1/990 \times 10^{-9}$	T ₁	۲۵
		$9/412 \times 10^{-9}$	$1/541 \times 10^{-9}$	T ₂	
		$9/006 \times 10^{-9}$	$1/520 \times 10^{-9}$	T ₃	
		$1/115 \times 10^{-8}$	$2/028 \times 10^{-9}$	T ₄	
۴/۰۸۶	۷/۲۵۰	$1/290 \times 10^{-8}$	$2/637 \times 10^{-9}$	T ₁	۷۵
		$1/257 \times 10^{-8}$	$2/555 \times 10^{-9}$	T ₂	
		$1/176 \times 10^{-8}$	$2/069 \times 10^{-9}$	T ₃	
		$1/533 \times 10^{-8}$	$3/286 \times 10^{-9}$	T ₄	
۲/۷۴۳	۵/۵۴۸				

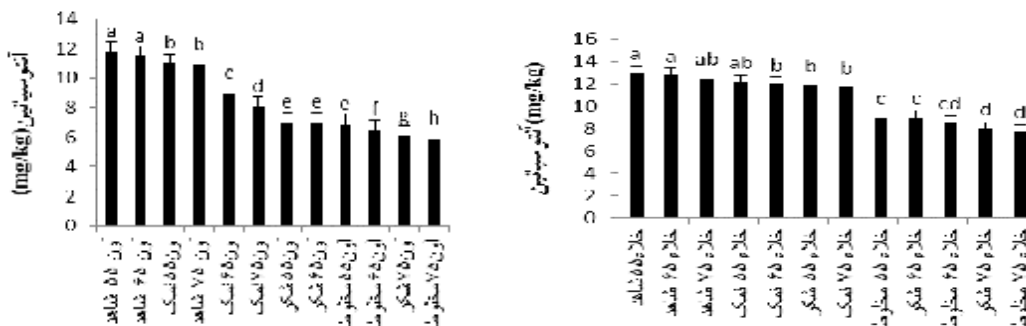
احتمال (P=۰/۰۱) معنی دار بود و نوع فرمولاسیون نیز تاثیر بیشتری بر این پارامترها داشته است. با افزایش دما و با فرموله کردن نمونه ها (افزایش ماده جامد در نمونه ها)، مقدار آنتوسیانین باقی مانده در نمونه ها کاهش، و میزان هیدروکسی متیل فورفورال تشکیل شده در آن ها افزایش یافت. بیشترین مقدار آنتوسیانین و کمترین مقدار هیدروکسی متیل فورفورال مربوط به نمونه شاهد خشک شده در دمای ۵۵ درجه ی سانتی گراد در خشک کن تحت خلاء و کمترین مقدار آنتوسیانین و بیشترین مقدار هیدروکسی متیل فورفورال مربوط

۳-۳- تعیین مقدار ویتامین ث، آنتوسیانین کل و هیدروکسی متیل فورفورال

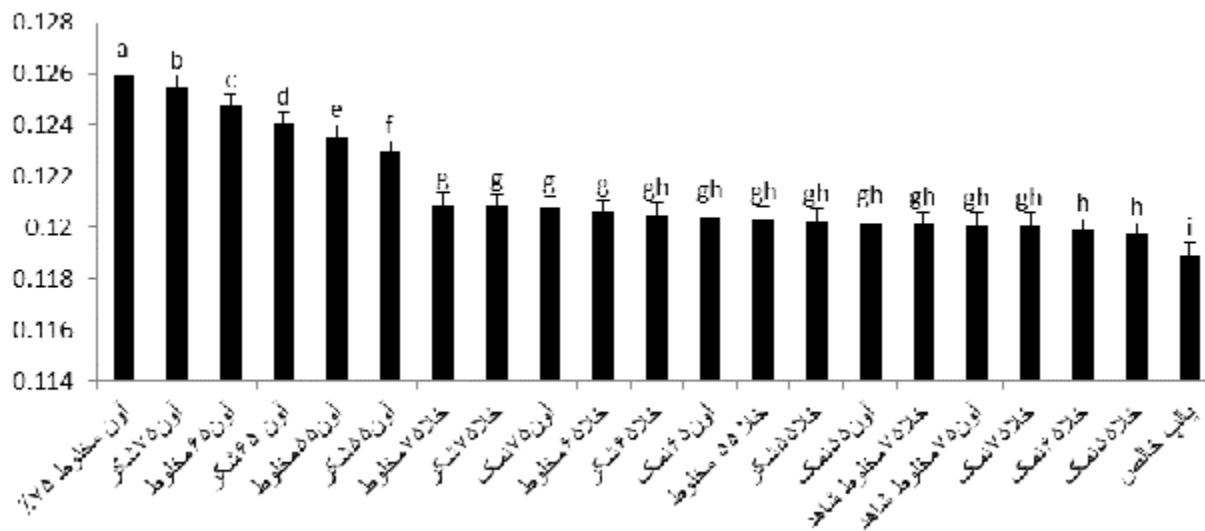
نمونه پالپ اولیه زغال اخته فاقد ویتامین ث بود. که این امر می تواند به دلیل از بین رفتن ویتامین ث، ناشی از قرار گرفتن زغال اخته در هوای آزاد در طول پروسه های آماده سازی (هسته گیری، دم گیری و...) باشد. نتایج حاصل از ارزیابی مقادیر آنتوسیانین کل و هیدروکسی متیل فورفورال نیز در نمونه های خشک شده در هر دو نوع خشک کن در شکل ۲ نمایش داده شده است. طبق آنالیز واریانس، تاثیر فاکتورهای دما و نوع فرمولاسیون، بر این پارامترها در تیمارها، در سطح

بررسی روش‌های مختلف خشک کردن شامل خشک کن هوای داغ، تحت خلاء و هوای آزاد در تهیه لواشک انار حاوی ۵ درصد نشاسته با درجه بریکس ۳۰ و میزان رطوبت ۶۲ درصد، خشک کن تحت خلاء را به عنوان مناسب‌ترین روش خشک کردن بیان کردند (۲۶). آن و همکارانش (۲۰۱۴)، نیز طی خشک کردن نوعی میوه‌ی چینی، گزارش کردند میزان ترکیب سمی هیدروکسی متیل فورفورال در نمونه‌های خشک شده با خشک کن خلاء کمترین مقدار و در خشک کن هوای داغ بیشترین مقدار را داشته است (۱۰). اودمکون و همکارانش (۲۰۱۵) نیز بیشتر شدن درجه‌ی قهوه‌ای شدن را با افزایش دما در میوه انبه گزارش نمودند (۲۲).

به نمونه مخلوط (۲٪ تمک - ۴٪ شکر) خشک شده در خشک کن هوای داغ در دمای ۷۵ درجه‌ی سانتی‌گراد بوده است. این نتایج نشان داد که در خشک کن تحت خلاء، به دلیل عدم وجود اکسیژن در محیط، تولید واکنش‌های ناخواسته در غذا کاهش می‌یابد. هم‌چنین مدت‌زمان مورد نیاز برای خشک کردن کم بوده و در نتیجه صدمات وارده به محصول کاهش یافته و تخریب کمتری در ساختار آن ایجاد می‌شود (۱۴). تخریب در نمونه‌ها با افزایش دما و فرموله کردن (به خصوص افزایش غلظت ساکارز) نیز به ترتیب، به دلیل تجزیه حرارتی و اکسیداسیون آنتوسیانین و وقوع واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی (به خصوص در محیط اسیدی زغال اخته) بوده است (۳۸). ییلماز و همکارانش (۲۰۱۷) طی



شکل ۲- مقادیر آنتوسیانین باقی مانده در نمونه‌های لواشک خشک شده در دو نوع خشک کن هوای داغ (آون) و تحت خلاء.

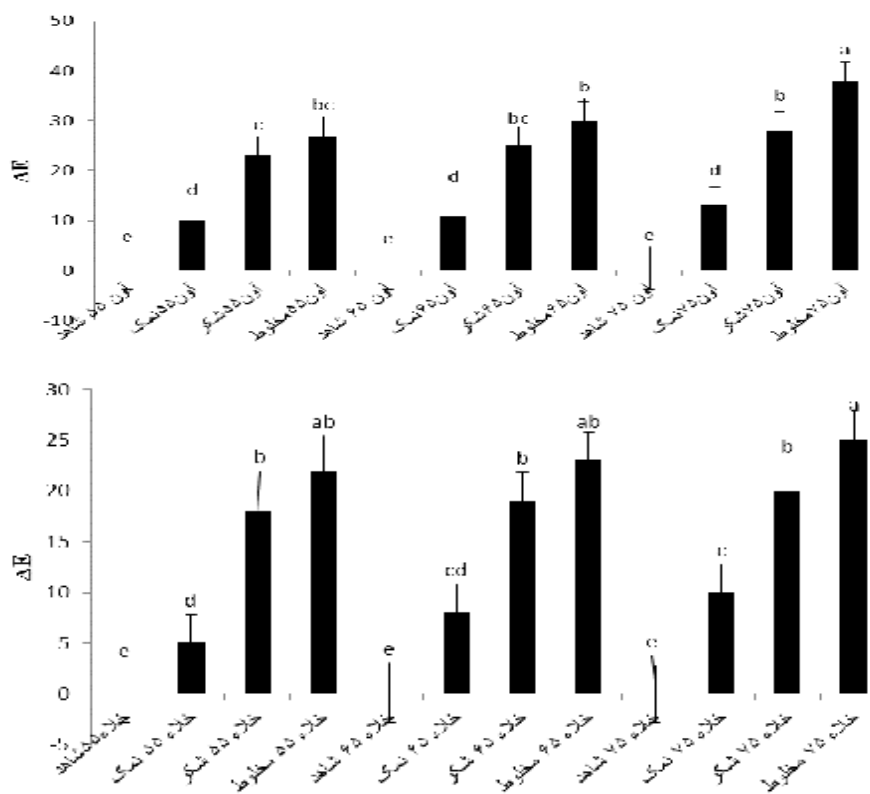


شکل ۳- مقادیر هیدروکسی متیل فورفورال (HMF) در نمونه‌های لواشک خشک شده در دو نوع خشک کن هوای داغ (آون) و تحت خلاء.

۳-۴- رنگ

دمای ۷۵ درجه ی سانتی گراد هوای داغ بود. تغییرات رنگ در خشک کن تحت خلاء، نیز روندی کاملاً مشابه به تغییرات ΔE در خشک کن هوای داغ داشت. با این تفاوت که درصد کاهش تغییرات ΔE در خلاء نسبت به هوای داغ کمتر بوده است. علاوه بر این نمونه های حاوی غلظت بالاتر ساکارز نیز دچار تغییرات رنگ بیشتری بوده اند که دلیل این امر وقوع واکنش قهوه ای شدن غیر آنزیمی و تولید هیدروکسی متیل فورفورال و سپس ایجاد رنگ قهوه ای در نمونه ها بود. نیکخواه و همکاران (۱۳۹۱) طی بررسی پایداری آنتوسانین های استخراج شده از میوه شاه توت در معرض غلظت های متفاوت قند، H_2O_2 ، SO_2 و اسکوربیک اسید، گزارش کردند که دلیل تغییرات رنگی، واکنش آنتوسانین ها با ترکیبات تخریبی حاصل از قندها (فورفورال) می باشد که باعث شکل گیری رنگیزه های پلیمری قهوه ای رنگ می شود (۸).

طبق آنالیز واریانس، اثر خشک کردن تحت هوای داغ و خلاء و نوع فرمولاسیون بر میزان تغییرات رنگ در نمونه های لواشک در سطح احتمال ($P < 0.01$) معنی دار بود. نتایج به دست آمده طی آزمون ارزیابی رنگ، با نتایج به دست آمده از آزمون های انجام شده ی قبلی هم راستا بوده و با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی میزان هیدروکسی متیل فورفورال قابل توجهی می باشد. به صورتی که در رابطه با خشک کن هوای داغ نمونه شاهد، در هر سه دمای مورد بررسی دارای کمترین میزان تغییرات رنگ در مقایسه با نمونه های فرموله شده بود. از میان نمونه های فرموله شده، تیمار مخلوط دارای بیشترین مقدار تغییرات رنگ بوده است و تغییرات ΔE در دماهای بالا بیشتر از دماهای پایین خشک کردن بود. نتیجه کلی مقایسه ها در خصوص بیشترین تغییرات رنگ، مربوط به نمونه لواشک فرموله شده مخلوط (۲. تمک - و ۴. شکر) و خشک شده در



شکل ۴- تغییرات ΔE در نمونه های لواشک خشک شده در دو نوع خشک کن هوای داغ (آون) و تحت خلاء.

۳-۵- ارزیابی حسی

جهت ارزیابی حسی، ابتدا بین نمونه‌های لواشک آماده شده، بهینه‌سازی انجام شد. بهینه‌سازی شرایط فرآیند با حداکثرسازی آنتوسیانین و حداقل‌سازی هیدروکسی متیل فورفورال، نسبت رطوبت و ΔE انجام شد و نمونه شاهد خشک شده در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد در هر دو خشک‌کن به عنوان مناسب‌ترین نمونه انتخاب شد. در این میان نمونه خشک شده در خشک‌کن تحت خلاء در مقایسه با نمونه خشک شده در خشک‌کن هوای داغ دارای میزان آنتوسیانین بیشتر، هیدروکسی متیل فورفورال و تغییرات رنگ کمتر و رطوبت یکسانی بود. بعد از بهینه‌سازی ۸ نمونه، شامل ۴ نمونه‌ی خشک شده در آون تحت خلاء (۱٪ نمک، ۲٪ شکر، مخلوط ۲٪ نمک- و ۴٪ شکر و شاهد) و ۴ نمونه‌ی خشک شده در آون هوای داغ (۱٪ نمک، ۲٪ شکر، مخلوط ۲٪ نمک- و ۴٪ شکر و شاهد) جهت ارزیابی حسی انتخاب شدند. بر اساس نتایج بهینه‌سازی مطلوب‌ترین دما، دمای ۵۵ درجه‌سانتی‌گراد و مطلوب‌ترین نمونه، نمونه شاهد بود. بنابراین نمونه‌های انتخاب

شده جهت ارزیابی حسی نمونه‌های خشک شده در دماهای ۵۵ درجه سانتی‌گراد مربوط به هر دو خشک‌کن بود. نتایج حاصل از ارزیابی حسی در جدول ۲ نمایش داده شده است. طبق این جدول نمونه شاهد خشک شده در خشک‌کن هوای داغ (T₄) بیشترین امتیاز رنگ، بافت، ظاهر و عطر و کمترین امتیاز طعم را از سوی ارزیابان حسی دریافت کرد، و بیشترین امتیاز پذیرش کلی نیز به نمونه‌ها با فرمولاسیون ۲٪ نمک (T₂) و مخلوط ۲٪ نمک- و ۴٪ شکر (T₃) خشک شده در خشک-کن هوای داغ اختصاص داشت. با توجه به نتایج به دست آمده طی آزمون‌های انجام شده طی پژوهش حاضر، در رابطه با ارزیابی حسی انتظار می‌رفت بهترین امتیاز رنگ مربوط به نمونه‌شاهد خشک شده در دمای ۵۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در خشک‌کن تحت خلاء باشد در صورتی که نمونه‌ی شاهد خشک شده در خشک‌کن هوای داغ امتیاز بیشتری داشت. دلیل این امر می‌تواند عام پسند بودن رنگ تیره در لواشک با در نظر گرفتن بالا بودن غلظت میوه‌ی مصرفی از سوی ارزیابان غیرماهر باشد.

جدول ۲- ارزیابی حسی نمونه‌های لواشک خشک شده در دو نوع خشک‌کن در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد

خواص حسی مورد ارزیابی							خشک‌کن
پذیرش کلی	طعم	عطر	ظاهر	بافت	رنگ	تیماها	
۳	۳	۵	۵	۴	۴	T ₁ (۱٪ نمک)	خشک‌کن هوای داغ
۴	۴	۴	۵	۴	۴	T ₂ (۲٪ شکر)	
۴	۵	۵	۴	۵	۴	T ₃ (۲٪ نمک- و ۴٪ شکر)	
۳	۲	۵	۵	۵	۵	T ₄ (شاهد)	
۳	۴	۴	۳	۴	۵	T ₁	خشک‌کن خلاء
۲	۴	۵	۲	۳	۵	T ₂	
۲	۵	۴	۲	۴	۵	T ₃	
۳	۳	۵	۲	۳	۴	T ₄	

۴- نتیجه‌گیری

لواشک به عنوان محصول میوه‌ای خشک شده، با حجم پایین و عطر و طعم کنسانتره و ارزش تغذیه‌ای، به عنوان میان‌وعده یا دسر مصرف بالایی دارد. در این تحقیق، تاثیر فرمولاسیون و دو نوع خشک‌کن شامل خشک‌کن هوای داغ و تحت خلاء در دماهای ۵۵، ۶۵ و ۷۵ درجه سانتی‌گراد بر روی ویژگی‌های لواشک زغال‌اخته‌ی فرموله شده مورد بررسی قرار گرفت. طی بررسی محتوای رطوبتی، ضریب نفوذ رطوبت، میزان آنتوسیانین کل، هیدروکسی متیل فورفورال، رنگ و ویژگی‌های حسی نتایج نشان داد که فرمولاسیون نتایج مطلوبی نداشته و نمونه شاهد مطلوب‌تر از نمونه‌های فرموله شده بود. همچنین از بین روش‌های انتخاب شده برای خشک کردن، خشک‌کن تحت خلاء به علت عدم وجود هوا و پیش‌گیری از واکنش‌های ناخواسته، مناسب‌تر بوده و باعث حفظ بیشتر کیفیت نمونه‌ها شده است و به دلیل سرعت خشک‌کردن و ضریب نفوذ رطوبت بالا و انرژی اکتیواسیون مناسب، مناسب‌ترین روش جهت خشک‌کردن نمونه‌های لواشک زغال‌اخته بود.

۵- منابع

۱. آذر پژوه، ا.، شرایعی، پ. ۱۳۹۵ تاثیر پیش فرآیندهای پوست‌گیری و آبگیری اسمزی بر خصوصیات کیفی و حسی آلوی خشکباری. نوآوری در علوم و فن آوری غذایی، دوره ۸، شماره ۴، ۷۹-۸۸.
۲. آصفی، ن.، ملک خرمی، ا. ۱۳۹۴. تاثیر پیش تیمار آنزیم بری و انجماد در سینتیک خشک کردن هویج فرنگی. بیست و سومین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران. دانشگاه آزاد اسلامی قوچان. ۲۳-۲۲ مهر
۳. احمدی‌راد، م.، امام جمعه، ز.، اسدی، ح. ۱۳۹۴ بهینه‌سازی فرآیند خشک کردن پاششی آب زغال اخته با استفاده از روش سطح پاسخ. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، جلد ۱۳، شماره ۵۰، ۶۷-۷۸.
۴. خزایی پول، ا.، شهیدی، ف.، محب، م.، خلیلیان، ص. ۱۳۹۳ بررسی تغییرات پروفایل بافت پاستیل هویج طی خشک کردن در خشک‌کن هوای داغ. اولین همایش ملی میان‌وعده‌های غذایی، مشهد. ۱۰ اردیبهشت.
۵. فلکی، آ.، آصفی، ن. ۱۳۹۶ تاثیر متابی سولفیت سدیم و پیش تیمار اسمزی بر خواص فیزیکی و شیمیایی و حسی برش لیمو ترش شیرازی خشک شده تحت خلاء. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۳ (۴): ۴۸۰-۴۹۰.
۶. قنبری، س.، زبیری، م.، حشمت‌الواعظین، م.، شامخی، ت. ۱۳۸۹ برآورد میزان تولید میوه درخت زغال اخته (*Cornus mas L.*) و فندق (*Corylus avellana L.*) در جنگلهای ارسباران. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۱۸، شماره ۴، ۶۲۰-۶۰۹.
۷. قنواتی، ف. ۱۳۹۰ بررسی سینتوزنتیکی جمعیت زغال اخته در ایران. مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی-مولکولی، جلد ۱، شماره ۴، ۷۸-۷۱.
۸. نیکخواه، ا.، خیامی، و.، حیدری، ر. ۱۳۹۱ بررسی اثر برخی عوامل شیمیایی بر پایداری آنتوسیانین‌های استخراج شده از میوه شاه توت (*Morus nigra*). مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۲۵، شماره ۱، ۴۳-۳۲، ۲۵.
9. Amjadi, S., Ghorbani, M., Hamishehkar, H. and Roufegarinejad, L. 2018. Improvement in the stability of betanin by liposomal nanocarriers: Its application in gummy candy as a food model. *Journal of Food chemistry*, 256(1): 156-162.

- parenchymal tissue (*Fragaria x ananassa* Dutch). *Journal of Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 13(1): 179-187.
19. Onabanjo, O.O. and Ighere, D.A. 2014. Nutritional, functional and sensory properties of biscuit produced from wheat-sweet potato composite. *Journal of Food Technology Research*, 1(2): 111-121.
 20. Pawlowska, A.M., Camangi, F. and Braca, A. 2010. Quali-quantitative analysis of flavonoids of *Cornus mas* L. (Cornaceae) fruits. *Journal of Food Chemistry*, 119(3):1257-1261.
 21. Toriki- Harchegani, M., Ghasemi-Varnamkhasi, M., Ghanbarian, D., Sadeghi, M. and Tohidi, M. 2016. Dehydration characteristics and mathematical modelling of lemon slices drying undergoing oven treatment. *Heat and Mass Transfer*, 52(2): 281-289.
 22. Udomkun, P., Nagle, M., Mahayothee, B., Nohr, D., Koza, A. and Müller, J. 2015. Influence of air drying properties on non-enzymatic browning, major bio-active compounds and antioxidant capacity of osmotically pretreated papaya. *LWT-Food Science and Technology*, 60(2): 914-922.
 23. Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y. and Tagawa, A. 2007. Vacuum drying characteristics of eggplants. *Journal of Food Engineering*, 83(3): 422-429.
 24. Yemmireddy, V.K., Chinnan, M.S., Kerr, W.L. and Hung, Y.C. 2013. Effect of drying method on drying time and physico-chemical properties of dried rabbiteye blueberries. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2): 739-745.
 25. Yilmaz, O. 2013. Physicochemical and sensory properties of mulberry products: Gümüşhane pestil and köme. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37 (6): 762-771.
 26. Yılmaz, F.M., Yükksekaya, S., Vardin, H. and Karaaslan, M. 2017. The effects of drying conditions on moisture transfer and quality of pomegranate fruit leather (pestil). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(1): 33-40.
 10. An, K.L., Li, D.K., Zhou, D.Z., Ye, Z.L. and Guo, Q.S. 2014. Influence of different drying methods on quality of *Schisandrae Chinensis Fructus*. *Journal of Chinese materia medica*, 39(15): 2900-2906.
 11. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. *Analytica Chimica Acta*, 1991.
 12. Zappala, M., Fallico, B., Arena, E. and Verzera, A. 2005. Methods for the determination of HMF in honey: a comparison. *Journal of Food control*, 16(3): 273-277.
 13. Chen, Z.G., Guo, X.Y. and Wu, T. 2016. A novel dehydration technique for carrot slices implementing ultrasound and vacuum drying methods. *Journal of Ultrasonics sonochemistry*, 30(1): 28-34.
 14. Cui, Z.W., Xu, S.Y. and Sun, D.W. 2003. Dehydration of garlic slices by combined microwave-vacuum and air drying. *Journal of Dry Technology*, 21(7):1173-1184.
 15. Hassanpour, H., Hamidoghli, Y. and Samizadeh, H. 2012. Some fruit characteristics of Iranian Cornelian cherries (*Cornus mas* L.). *Journal of Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(1): 247-52.
 16. Milkova-Tomova, I., Dojkina, P., Zsivanovits, G., Buhalova, D. and Paraskova, P. 2015. Sensory and texture profiles of fruit leather from cornel (*Cornus mas* L.). In Proceeding of International Scientific-Practical Conference, University of food technologies – Plovdiv, Plovdiv, Bulgaria.
 17. Mitra, P., Meda, V. and Green, R. 2013. Effect of drying techniques on the retention of antioxidant activities of Saskatoon berries. *International Journal of Food Studies*, 2(2): 224-37.
 18. Morales-Delgado, D.Y., Téllez-Medina, D.I., Rivero-Ramírez, N.L., Arellano-Cárdenas, S., López-Cortez, S., Hernández-Sánchez, H., Gutiérrez-López, G. and Cornejo-Mazón, M. 2014. Effect of convective drying on total anthocyanin content, antioxidant activity and cell morphometric parameters of strawberry

(Original Research Paper)
**Comparison of Convection and Vacuum Drying on Quality of
Formulated Cornelian Cherry Leather (Pestil)**

Masomueh Hosseiny Khesali¹, Narmela Asefi^{2*}

1. MSc. Student of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

Received:27/02/2020

Accepted:28/06/2020

Abstract

Cornelian cherry is a seasonal fruit which has the durability potential after harvest for 2 to 3 weeks. One way for keeping and increasing shelf life of fruit is preparing fruit leather (pestil). The aim of the present study was to investigate the different drying methods on quality of the formulated cornelian cherry leather (pestil). In the current study, effect of three different formulations (1% salt, 2% sugar, the mixture of 2% salt and 4% sugar) and control sample were investigated in two kinds of dryers (hot air dryer and dryer under vacuum) at the constant pressure of 200 mb in 55° C, 65° C and 75 ° C. Then drying curves, effective moisture diffusivity, total anthocyanin content, hydroxymethyl furfural, color and sensory properties of the prepared samples were evaluated. The results showed that the highest anthocyanin content and the lowest hydroxymethyl furfural accumulation and color changes were observed in vacuum dryer samples. Comparison of the treated samples in both dryers also showed that the control samples were the most favorable in terms of chemical and physical properties and the samples formulated with a mixture of 2% salt and 4% sugar were the most unfavorable. According to the drying curves, the samples formulated with a mixture of 2% salt and 4% sugar had the lowest and the control sample had the highest drying rate. Organoleptic properties showed that the best formulation was 2% sugar and 2% salt and 4% sugar formulation. According to the results, vacuum drying enables some distinctive characteristics such as higher drying rate and effective moisture diffusivity, lower oxygen medium and activation energy and hence high quality and nutritive dried samples. Thus among the selected methods for drying, vacuum dryer was more suitable.

Keywords: Hot Air Dryer, Vacuum Dryer, Anthocyanins, Hydroxymethyl Furfural

* Corresponding Author (n.asefi@iaut.ac.ir)

