

Effect of Microwave and Oven Drying on Physical, Chemical and Antioxidative Properties of Peel of Sanguine Orange

REZA FARAHMANDFAR^{1*}, EBRAHIM SOHRABI²

1. Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran

2. Department of Food Science and Technology, Khazar Institute of Higher Education, Iran

(Received: Feb. 29, 2020- Revised: June. 9, 2020- Accepted: Sep. 25, 2020)

ABSTRACT

Drying is one of the most important methods of food processing. In this study, the effect of different drying methods, like hot air drying (40 and 50 °C) and microwave drying (180 and 360 W), on physical, chemical and antioxidative properties of peel of sanguine orange (*Citrus sinensis*) was investigated. D-limonene (72.3-78.5 percentage), β -Myrcene (6.9-8.0 percentage), Linalool (1.3-4.6 percentage), and α -Pinene (1.7-2.7 percentage) were main components of essential oil of sanguine orange peel. The different drying methods reduced or increased some components. Drying decreased Lightness, yellowness, and redness of sanguine peel powders. Drying brought about increase in the yield, bulk density, phenol content, and antioxidant activity of essential in comparison with fresh samples. On the other hand, microwave drying 180W showed the highest amount of phenol, DPPH radical scavenging activity and ferric reducing antioxidant power (FRAP) tests. Therefore, considering about the quality of essential oils, the use of microwaves for drying sanguine oranges could be suggested.

Key words: Essential oil, drying, gas chromatography, antioxidant activity, citrus

اثر خشک کردن مایکروویو و آون بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و آنتی‌اکسیدانی پوست پرتقال سانگین

رضا فرهمندفر^{۱*}، ابراهیم سهرابی^۲

۱. گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۲. گروه علوم و صنایع غذایی، موسسه آموزش عالی خزر محمود آباد، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۰ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۳/۲۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۷/۴)

چکیده

خشک کردن یکی از مهمترین روش های فرآوری مواد غذایی است. در این مطالعه، اثر روش های مختلف خشک کردن همچون خشک کردن هوای داغ (۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس) و خشک کردن مایکروویو (۱۸۰ و ۳۶۰ وات) بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و آنتی‌اکسیدانی پوست پرتقال سانگین (*Citrus sinensis*) مورد بررسی قرار گرفت. د-لیمونن (۷۸/۵-۷۲/۳ درصد)، β -میرسین (۹/۰-۶/۸ درصد)، لینانول (۳/۶-۱/۴ درصد) و α -پینن (۷/۷-۱/۲ درصد) مهمترین ترکیبات اسانس پوست پرتقال سانگین بودند. روش های مختلف خشک کردن برخی از ترکیبات را کاهش یا افزایش می دهد. خشک کردن روشنی، زردی و قرمزی پوست سانگین را کاهش داد. خشک کردن باعث افزایش راندمان، دانسیته توده، محتوی فنول و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس در مقایسه با نمونه های تازه شد. از طرف دیگر، خشک کردن ۱۸۰ وات بیشترین میزان فنول، فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH و قدرت آنتی‌اکسیدانی کاهش آهن (FRAP) را داشت. بنابراین، با توجه به کیفیت اسانس ها، استفاده از مایکروویو برای خشک کردن پوست پرتقال سانگین توصیه می شود.

واژه های کلیدی: اسانس، خشک کردن، کروماتوگرافی گازی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مرکبات

مقدمه

مرکبات^۱ از محبوب ترین محصولات میوه ای جهان محسوب می - شوند که با دارا بودن انواع و اقسام فیتوکمیکال ها، می توانند از سلامتی انسان محافظت کنند. علاوه بر آن، منبع مناسبی از ویتامین C، اسید فولیک، پتاسیم و پکتین نیز به حساب می آیند (Rafiq et al., 2018). تولید جهانی مرکبات در سال های اخیر افزایش چشم گیری داشته است (FAOSTAT, 2020). در ایران و براساس آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی، بیشترین میزان تولید محصولات باغی در سال ۱۳۹۷، مربوط به پرتقال با حدود ۳/۱ میلیون تن و سهم ۱۵/۱ درصد از کل میزان تولید محصولات باغی بوده که استان مازندران با سهم ۵۹/۱ درصدی در صدر تولیدکنندگان پرتقال کشور قرار داشت (Agricultural Statistics, 2020).

سهم زیادی از تولید جهانی میوه پرتقال در صنایع آب میوه، صرف تولید آب پرتقال می شود و در این صنایع نیز تنها حدود نیمی از وزن تر پرتقال به آب میوه تبدیل شده و پوست پرتقال (در حدود ۴۴ درصد وزن اولیه میوه) به عنوان پسماند یا دور ریخته شده یا خشک شده و به عنوان خوراک دام به فروش می رسد (Rafiq et al., 2018; Perez-Cacho and Rouseff, 2018).

(2008). پسماندهای مرکبات می توانند فاضلاب های بسیار آلوده از نظر اکسیژن شیمیایی و بیولوژیکی تولید کنند که می توانند تاثیر منفی در خاک، محیط و آب های سطحی داشته باشند. یکی از گزینه ها به منظور بهبود مدیریت این پسماندها اجرای فرآیندهای جدید برای بازیابی آنها به عنوان مثال، از طریق تولید کود آلی، پکتین، اسانس و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می باشد و این روش، جایگزین بسیار عالی برای جلوگیری از آلودگی محیط زیست و افزودن ارزش به این مواد می باشد (Allaf et al, 2013; Rezzadori et al., 2012).

با این حال چالش بزرگ در زمینه پسماندهای مرکبات (از جمله پوست آنها)، محتوای بالای رطوبت در آنها است (۷۵-۶۰ درصد) که آنها را به شدت به یک ماده فسادپذیر با عمر نگهداری بسیار پایین تبدیل می کند (Rafiq et al., 2018). بنابراین به منظور استفاده از آنها در کاربردهای متنوع ذکر شده، باید میزان رطوبت آنها تا حد معینی کاهش پیدا کند.

پوست پرتقال منبع غنی از اسانس است که می توان آنها را استخراج و در صنایع دارویی، بهداشتی و غذایی مورد استفاده قرار داد، چرا که اسانس پرتقال سرشار از فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، کاروتنوئیدها، اسیدهای فنولیک، لیمونوئیدها، کومارین ها و

پرتقال سانگین تازه، سالم و کاملاً رسیده در اندازه مناسب از باغ مرکبات شهرستان بهشهر (پاییز ۱۳۹۷) فراهم گردید. مرکبات پس از شست و شو، بلافاصله پوست گیری و قسمت آلبیدو (مزوکارپ) تا حد امکان از لایه فلاودو (اپی کارپ) جدا شد. سپس پوست (بخش فلاودو) با استفاده از روش‌های زیر خشک شد.

خشک کردن در آون

یک آون آزمایشگاهی با حداکثر دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌ها بر روی یک سینی پهن شده و در دماهای ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس به ترتیب به مدت ۷ و ۶ ساعت تا رسیدن به وزن معین خشک شدند. پس از اعمال فرایندهای ذکر شده نمونه‌ها با کمک آسیاب آزمایشگاهی به ذرات بسیار ریز تبدیل شده و سپس با عبور از الک با مش شماره ۱۶ غربال شده و در بسته‌های پلاستیک در دمای ۱۸- درجه سلسیوس تا زمان آزمایش نگهداری شدند.

خشک کردن در مایکروویو

یک دستگاه مایکروویو (شرکت ال جی، کره جنوبی) با حداکثر توان خروجی ۹۰۰ وات مورد استفاده قرار گرفت و نمونه‌ها پس از قرار گیری در آن در توان‌های ۱۸۰ و ۳۶۰ وات به ترتیب به مدت ۷۵ و ۶۵ دقیقه تا رسیدن به وزن مشخص خشک شدند. پس از اعمال فرایندهای ذکر شده نمونه‌ها با کمک آسیاب آزمایشگاهی به ذرات بسیار ریز تبدیل شده و سپس با عبور از الک با مش شماره ۱۶ غربال شده و در بسته‌های پلاستیک در دمای ۱۸- درجه سلسیوس تا زمان آزمایش نگهداری شدند.

خواص پودری

دانسیته توده ای

دانسیته توده ای نمونه‌های پودری خشک شده با روش Razavi و Farahmandfar (2008) گزارش شد. به طور خلاصه، ۵ گرم از نمونه به استوانه مدرج ۲۵ میلی لیتری منتقل شده و با چند بار ضربه زدن و تکان دادن استوانه نمونه‌ها در استوانه به خوبی قرار داده شدند. مقدار دانسیته توده ای از تقسیم وزن نمونه بر حجمی که در استوانه اشغال کردند بر حسب گرم بر میلی لیتر گزارش شد.

رنگ سنجی

رنگ پودرهای خشک شده با اندازه گیری پارامترهای $L^* a^* b^*$ با استفاده از دستگاه رنگ سنج مدل IMG-Pardazash Cam-system مورد ارزیابی قرار گرفت، که L^* پارامتر روشنایی، a^* تمایل به قرمزی و b^* تمایل به زردی را مشخص می‌کند. رنگ سنج با استفاده از استاندارد بشقاب سفید که توسط تولید کننده

فلاون‌های پلی متوکسیله اند که بسیار با ارزش بوده و در سایر گیاهان به ندرت یافت می‌شوند (Farahmandfar et al., 2020). بنابراین یکی از گزینه‌های استفاده از پسماندهای صنعت تولید آب پرتقال، استخراج اسانس از پوست پرتقال می باشد، اما نکته حائز اهمیت این است که پوست پرتقال به دلیل فسادپذیری بالای آن، به مدت طولانی نمی‌تواند نگهداری شوند، در نتیجه به منظور مدیریت بهینه آنها نیاز به فروری این پسماندها وجود دارد (Olatunya and Akintayo, 2017).

خشک کردن به نظر یک فرایند بسیار کارآمد در مهار رشد میکروبی و افزایش عمر نگه داری پوست پرتقال به شمار می‌رود. روش‌های مختلفی برای خشک کردن محصولات غذایی نظیر خشک کردن تحت سایه، آون گذاری، تحت امواج مایکروویو و غیره وجود دارد که هر یک از این روش‌ها، در مکانیسم‌های متفاوت با انتقال انرژی‌های متفاوت، در سرعت‌ها و زمان‌های مختلفی محصولات را خشک می‌کنند که به طور مسلم بر کیفیت ساختاری (دانسیته، تخلخل)، بصری (رنگ، ظاهر) تغذیه ای (ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی اکسیدانی) محصول نهایی تاثیرگذار خواهند بود (Babu et al., 2018). کاربرد ماکروویو در خشک کردن، گستره وسیعی از صنایع شامل صنایع غذایی، صنایع شیمیایی و ... را در بر می‌گیرد. به طور کلی، سیستم‌های خشک کردن ماکروویو، زمان خشک کردن را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهند (بدون آنکه بر روی کیفیت محصول تاثیر منفی بگذارند) (Zirjani and Tavakolipour, 2012). با توجه اهمیت فرآوری پرتقال در کشور و کمبود اطلاعات در زمینه خشک کردن بهینه پوست آن، هدف این پژوهش بررسی اثرات فرایندهای مختلف خشک کردن بر راندمان و خواص آنتی اکسیدانی اسانس پوست پرتقال سانگین استان مازندران است و سپس مقایسه نتایج به دست آمده با نمونه پوست تازه پرتقال صورت گرفت تا بتوان بهترین و نزدیک ترین تیمار پوست خشک شده پرتقال با نمونه تازه را از لحاظ خواص آنتی اکسیدانی معرفی کرد.

مواد و روش‌ها

مواد شیمیایی اولیه

مواد اولیه (با درصد خلوص بالا) شامل معرف فولین سیوکالتو، رادیکال ۲،۲-دی فنیل پیکریل هیدرازیل (DPPH)، فریک کلرید ($FeCl_3$)، سدیم کربنات، پتاسیم فری سیانید، بافر سدیم فسفات، تری کلرواستیک اسید و متانول، از شرکت سیگما آلدریج خریداری شدند.

تهیه و آماده سازی نمونه

اتاق قرار داده شد. در مرحله بعد ۲۲۵ میکرولیتر سدیم کربنات ۲۰ درصد به محلول اضافه شد. پس از تکان دادن، مخلوط برای انجام واکنش به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. در پایان جذب نوری نمونه‌ها توسط اسپکتروفتومتر (T80+ UV/VIS Spectrophotometer) در ۷۶۰ نانومتر خوانده و به صورت میلی گرم گالیک اسید در گرم اسانس بیان شد (Farahmandfar et al., 2018).

ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی به روش DPPH

در این بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس مورد مطالعه، با استفاده از رادیکال‌های پایدار DPPH انجام گرفت (Farahmandfar et al., 2015). DPPH (۲ و ۲، دی فنیل - ۱- پیکریل هیدرازیل) یک ترکیب رادیکالی پایدار با رنگ بنفش است که با احیا شدن توسط عناصر دهنده الکترون یا هیدروژن (ترکیبات آنتی اکسیدانی) به دی فنیل پیکریل هیدرازیل زرد رنگ تبدیل می‌شود. در این آزمون توانایی دادن اتم هیدروژن یا الکترون توسط ترکیبات و اسانس با میزان بی رنگ کردن یا کاهش جذب نوری محلول بنفش DPPH در متانول مورد سنجش قرار می‌گیرد. برای این منظور ابتدا ۲ میلی لیتر از اسانس با غلظت‌های مختلف با ۲ میلی لیتر محلول متانولی (۱۰۰ میکرومولار) DPPH مخلوط گردید. برای شاهد نیز ۲ میلی لیتر متانول خالص با ۲ میلی لیتر محلول DPPH مخلوط و برای صفر کردن دستگاه هم از متانول خالص استفاده شد. بعد از ۳۰ دقیقه نگهداری در تاریکی و در دمای محیط، جذب محلول در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. و در نهایت غلظتی از اسانس که دارای درصد مهار رادیکالی ۵۰ درصد (IC_{50}) بود، توسط نمودار محاسبه گردید. بدیهی است هر چه این عدد کوچکتر باشد قدرت آنتی اکسیدانی یا مهار رادیکال‌های آزاد، بیشتر می‌باشد. اثر مهار رادیکالی به صورت درصد بیان شده و از معادله زیر محاسبه گردید:

(رابطه ۱)

جذب شاهد / $100 \times$ (جذب شاهد - جذب نمونه) = درصد مهار رادیکال

ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی به روش قدرت احیاء کنندگی آهن

قدرت احیاء کنندگی آهن نمونه‌های اسانس مورد ارزیابی قرار گرفت (Esmaeilzadeh Kenari et al., 2014). ابتدا ۲/۵ میلی لیتر از محلول اسانس با غلظت‌های مختلف را با ۲/۵ میلی لیتر بافر سدیم فسفات ۰/۲ مولار با pH برابر با ۶/۴ و ۲/۵ میلی لیتر محلول ۱ درصد پتاسیم فری سیانید ترکیب شده و سپس در

فراهم شده کالیبره شده و نمونه‌ها در تمام سطح این بشقاب پخش شده و در سه تکرار آنالیز شدند (Cserhalmi et al., 2006).

استخراج اسانس از پوست مرکبات به روش تقطیر با آب (کلونجر)

برای این منظور ۵۰ گرم از پودر پوست مرکبات خشک شده را درون بالن ریخته و بعد به آن ۱۵۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد تا حدی که سطح پودر نمونه را کاملاً پوشاند. استخراج در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس (دمای جوش آب) و به مدت ۳ ساعت (تا زمانی که کلیه اسانس از نمونه خارج شود) انجام شد. سپس با استفاده از سولفات سدیم (Na_2SO_4)، آب باقیمانده خارج گردید. اسانس حاصل تا زمان آنالیز، در فریزر در دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شد. راندمان استخراج اسانس از تقسیم حجم اسانس استخراج شده (بر حسب میلی لیتر) بر وزن نمونه اولیه (بر حسب گرم) حاصل گردید (Farahmandfar et al., 2018).

خواص اسانس

آنالیز کروماتوگرافی گازی

برای آنالیز، دستگاه کروماتوگرافی گازی (مدل Agilent Technologies 7890A، ساخت کشور آمریکا) و طیف سنج جرمی (مدل Agilent Technologies 5975C، ساخت کشور آمریکا) با ستون دستگاه (Agilent Technologies Inc. HP-5MS، ساخت کشور آمریکا) از نوع مویینه با طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر، مورد استفاده قرار گرفت. برنامه ریزی حرارتی از ۵۰ تا ۲۷۰ درجه سلسیوس با افزایش دمای ۳ درجه در دقیقه بود. درجه حرارت محفظه تزریق ۲۸۰ درجه سلسیوس و درجه حرارت آشکارساز ۲۹۰ درجه سلسیوس تنظیم شد. گاز هلیوم به عنوان گاز حامل با درجه خلوص بالا مورد استفاده قرار گرفت. انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت بود. شناسایی ترکیبات تشکیل دهنده اسانس با استفاده از شاخص‌های بازداری و بررسی طیف‌های جرمی ترکیبات و مقایسه آنها با طیف‌های جرمی استاندارد موجود در کتابخانه‌های رایانه ای و مراجع معتبر صورت گرفت (Allaf et al., 2013).

اندازه گیری فنول کل

محتوای فنول کل اسانس پوست مرکبات از طریق رنگ سنجی به روش فولین سیوکالتو^۱ اندازه گیری شد. ابتدا محلول یک میلی گرم بر میلی لیتر از اسانس در اتانول تهیه و سپس ۱۵ میکرولیتر از هر نمونه را با ۱۱۸۵ میکرولیتر آب مقطر و ۷۵ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتو مخلوط کرده و به مدت ۲ تا ۳ دقیقه در دمای

بسته بندی اشغال می‌کنند را مشخص می‌کند. یک محصول خشک با دانسیته توده ای بالا می‌تواند در بسته‌ها و ظروف کوچکتری نسبت به محصولات با دانسیته پایین بسته بندی شود (de Barros Fernandes *et al.*, 2014). یک همبستگی منفی بین تخلخل پودرهای خشک شده و دانسیته توده ای شان وجود دارد، به گونه ای که محصولات پودری با ذرات ریزتر سبب کاهش تخلخل و افزایش چسبندگی و انسجام نمونه خشک شده می‌شوند که منجر به ماده ای با دانسیته بیشتر می‌شود (Sogi *et al.*, 2002). بر طبق شکل ۱، میزان دانسیته توده ای در پودر خشک شده پوست پرتقال بین ۳/۷-۲/۶ گرم بر میلی لیتر بود، که بیش ترین دانسیته به نمونه خشک شده با آون (۴۰°C) و کمترین به نمونه خشک شده با مایکروویو (توان ۳۶۰ W) مربوط بود ($P < 0.05$). در تحقیقات پیشین ثابت شده است که محصولات خشک شده با آون، در مقایسه با سایر روش‌های خشک کردن دارای تخلخل پایین تر و دانسیته توده ای بالاتری هستند. عامل مهم در افزایش دانسیته توده ای محصول خشک شده، تغییرات ساختاری در سلول گیاهی است که در طی حرارت دهی در آون، چروکیدگی قابل توجه و شکست دیواره سلولی گیاهی رخ می‌دهد که این موضوع سبب ایجاد تنش در ساختار سلولی و در نتیجه کاهش در اندازه سلول و افزایش فشردگی و کشیدگی سلول می‌شود که در نهایت افزایش دانسیته را به همراه دارد (Argyropoulos *et al.*, 2011).

دمای ۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه گرمخانه گزاری شد. پس از این مدت ۲/۵ میلی لیتر از محلول تری کلرواستیک اسید ۱۰ درصد (وزنی-حجمی) به نمونه‌ها اضافه شد تا واکنش متوقف شود. سپس نمونه‌ها به مدت ۸ دقیقه در دستگاه سانتریفوژ ۳۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شدند. پس از اتمام این مرحله، ۵ میلی لیتر از قسمت بالای محلول با ۵ میلی لیتر آب مقطر مخلوط شد و ۱ میلی لیتر محلول ۰/۱ درصد فریک کلراید به آن اضافه شد. سپس جذب محلول در طول موج ۷۰۰ نانومتر قرائت شد. نمونه‌های با جذب بالا، قدرت احیاکنندگی بالایی نیز دارند. در این روش IC_{50} به آن غلظت از محلول اسانس نسبت داده می‌شود که جذب ۰/۵ نشان دهد.

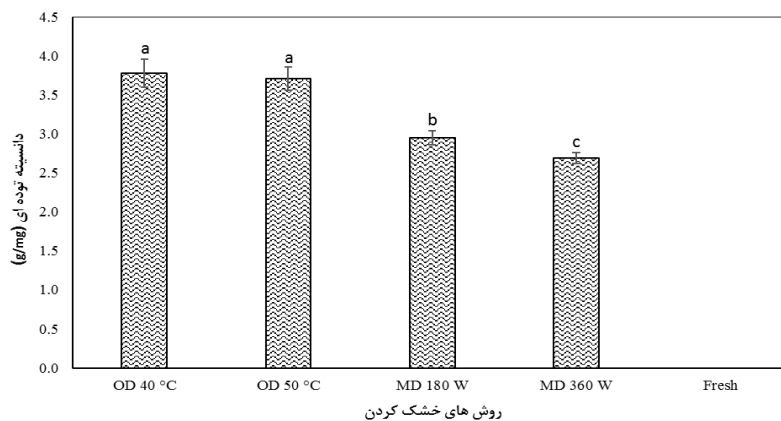
تجزیه و تحلیل آماری

تمامی آزمایشات در سه تکرار انجام و اطلاعات ذکر شده به صورت میانگین بیان شد. نتایج بدست آمده با استفاده از روش آنالیز واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها و معنی‌داری ($P < 0.05$) با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

دانسیته توده ای پوست پرتقال سانگین

دانسیته توده ای رفتار جامدات پودری خشک و حجمی که در



شکل ۱- دانسیته توده ای نمونه‌های خشک شده پوست پرتقال سانگین

OD = خشک کردن آون، MD = خشک کردن مایکروویو

حروف کوچک مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار است ($P < 0.05$).

به ۲/۶ گرم بر میلی لیتر کاهش معنی دار پیدا کرد ($P < 0.05$). نتایج حاصل با تحقیقات Horuz و Maskan (۲۰۱۵) و Calín-Sánchez و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت. محققین گزارش دادند که افزایش توان مایکروویو با افزایش پدیده پف کردن^۱ همراه

ضمن اینکه مطابق شکل ۱، یک رابطه منفی بین توان مایکروویو و دانسیته توده ای پودر حاصل از پوست پرتقال خشک شده دیده شد که متعاقباً، دانسیته توده ای نمونه خشک شده در مایکروویو با افزایش توان دستگاه از ۱۸۰ وات به ۳۶۰ وات، از ۲/۹

است یعنی در اثر افزایش توان، بافت متخلخلی در محصول ایجاد شده که در نهایت با افزایش تخلخل، دانسیته کاهش پیدا می کند (Horuz and Maskan, 2015; Chong *et al.*, 2014).

رنگ پوست پرتقال سانگین

رنگ یکی از مهمترین ویژگی های کیفی میوه ها و سبزیجات خشک شده است. بدون شک، تخریب احتمالی رنگ بر خصوصیات ارگانولپتیک پوست خشک شده مرکبات تاثیرگذار خواهد بود و کاربرد بالقوه آنها را کاهش خواهد داد. لازم به ذکر است که بهترین نمونه خشک شده از حیث رنگ نمونه ای است که بیشترین روشنی و زردی و پایین ترین میزان شاخص قهوه ای شدن را داشته باشد (Ghanem *et al.*, 2012).

جدول ۱- شاخص های رنگی نمونه های خشک شده پوست پرتقال سانگین

تیماها	اندازه گیری رنگ		
	b*	a*	L*
OD 40 °C	66/2 ± 0/1 ^b	18/9 ± 0/0 ^b	61/4 ± 0/1 ^b
OD 50 °C	60/4 ± 0/1 ^d	16/8 ± 0/0 ^e	56/0 ± 0/0 ^d
MD 180 W	65/2 ± 0/0 ^b	17/7 ± 0/0 ^c	61/5 ± 0/1 ^b
MD 360 W	63/0 ± 0/1 ^c	17/3 ± 0/0 ^d	58/9 ± 0/1 ^c
Fresh	73/5 ± 0/0 ^a	33/7 ± 0/0 ^a	67/6 ± 0/1 ^a

* OD = خشک کردن آون، MD = خشک کردن مایکروویو

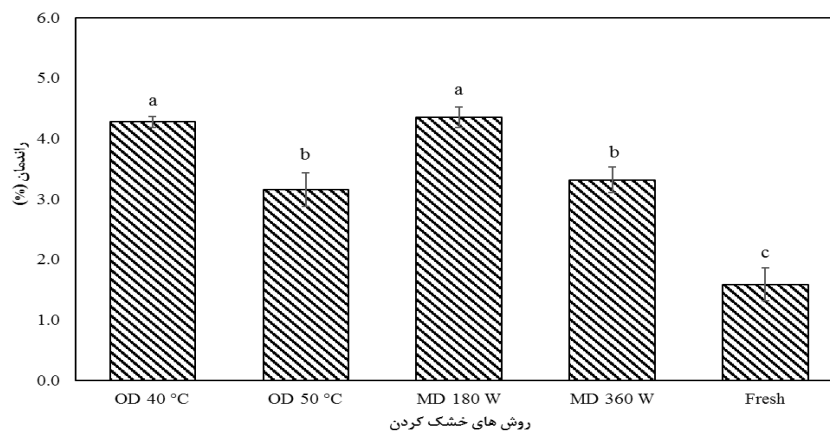
* حروف کوچک مشابه در هر ستون، نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار است (P<0/05).

جدول ۱، به ترتیب مقادیر L*، a* و b* پودر خشک شده حاصل از پوست پرتقال سانگین را نشان می دهد و مشخص است که نمونه ها به شدت تحت تاثیر روش های خشک کردن قرار گرفته و مقادیر متفاوتی را به خود اختصاص داده اند. مطابق جدول ۱ مقادیر L* پوست پرتقال سانگین در دامنه ۵۶/۰-۶۷/۶ و مقدار b* سانگین در دامنه ۶۰/۴-۷۳/۵ قرار داشت. در این راستا،

کمترین روشنی، زردی و قرمزی در بین تمامی نمونه ها متعلق به نمونه خشک شده با آون (۵۰ °C) بود و نمونه تازه دارای بیشترین میزان روشنی، زردی و قرمزی بود (P<0/05). نتایج حاصل با کارهای تحقیقاتی Caparino و همکاران (۲۰۱۲) و Quintero و Ruiz و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت که در آنها نمونه های خشک شده در آون معمولی کمترین میزان روشنی و زردی را دارا بودند. علت کاهش کیفیت رنگ در آون می تواند دمای نسبتا بالا و زمان طولانی فرایند باشد که ممکن است نمونه ها دچار سوختگی جزئی شده باشند (Arsalan *et al.*, 2010). جدول ۱ نشان داد که مقادیر a* (قرمزی) پوست پرتقال سانگین در دامنه ۱۶/۸-۳۳/۷ قرار داشت. تمامی نمونه های پوست سانگین مقادیر a* کمتری نسبت به نمونه تازه داشتند (P<0/05) که نشان از تخریب کاروتنوئیدها در طی خشک کردن است. در مطالعات پیشین شرح داده شده که یک هم بستگی مثبت میان دما-زمان خشک شدن و تغییرات رنگ وجود دارد (Ghanem *et al.*, 2012; Horuz and Maskan, 2015; Salarikia *et al.*, 2017). بنابراین این می تواند توجیه مناسبی برای تغییرات چشم گیر رنگ در نمونه آون نسبت به نمونه تازه باشد.

راندمان اسانس پوست پرتقال سانگین

نتایج راندمان اسانس از پودر خشک پوست پرتقال سانگین به ترتیب در شکل ۲ آورده شده است و مشاهده شد که روش های مختلف خشک کردن به میزان متفاوتی سبب تغییر راندمان استخراج شدند (P<0/05). در نمونه های خشک شده بالاترین راندمان استخراج (۴/۳ درصد) مربوط به نمونه خشک شده با مایکروویو ۱۸۰ وات و کمترین (۱/۵ درصد) مربوط به نمونه تازه پوست آنها بود (P<0/05).



شکل ۲- راندمان استخراج اسانس حاصل از پودرهای خشک شده پوست پرتقال سانگین (O)

= خشک کردن آون، MD = خشک کردن مایکروویو

* حروف کوچک مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار است (P<0/05).

در خصوص نمونه تازه نیز پایین بودن راندمان استخراج می تواند مربوط به اندازه ذرات آن در حین استخراج اسانس باشد.

می‌شود، روش‌های مختلف خشک کردن به طور قابل توجهی سبب تغییر ترکیب شیمیایی اسانس‌های روغنی شدند که این تغییرات شامل کاهش، افزایش و یا حتی تشکیل ترکیبات جدید در اسانس‌های روغنی است (Sanei-Dehkordi و همکاران، ۲۰۱۶). بر اساس جدول ۲، ترکیبات اصلی اسانس پوست پرتقال سانگین حاوی ۷۲/۳-۷۸/۵ درصد د-لیمونن، ۶/۹-۸/۰ درصد بتا-میرسین، ۱/۳-۴/۶ درصد لینانول و ۱/۷-۲/۷ درصد آلفا پینن بود. این نتایج در تطابق با تحقیقات سایر محققین بود (Hojjati, and Barzegar, 2017; Kirbaslar *et al.*, 2009; Nekoei and Mohammadhosseini, 2014; Njoroge *et al.*, 2009; Vahidi *et al.*, 2019) و ترکیبات ذکر شده جزء ترکیبات آروماتیک اصلی اسانس پوست پرتقال بودند. اما لازم به ذکر است که میزان این ترکیبات چه در خصوص اسانس سانگین با منابع ذکر شده شان متفاوت بود چرا که میزان این ترکیبات بسته به فاکتورهای داخلی (ژنتیکی، زیرگونه و سن گیاه) یا خارجی (منطقه جغرافیایی، شرایط آب و هوایی و روش‌های استخراج) بدون شک دچار تفاوت‌هایی خواهند شد. به طور کلی، با اعمال فرآیند خشک کردن، میزان د-لیمونن و آلفا پینن نسبت به نمونه تازه افزایش یافت به طوری که نمونه مایکروویو ۱۸۰ وات و آون ۵۰ درجه سلسیوس به ترتیب بیشترین میزان د-لیمونن و آلفا پینن را به خود اختصاص دادند. بیشترین میزان بتا-میرسین متعلق به نمونه خشک شده با مایکروویو ۳۶۰ وات است. از طرف دیگر، با فرآیندهای مختلف خشک کردن، میزان لینانول کاهش یافت لذا نمونه‌های تازه پرتقال سانگین دارای بیشترین میزان لینانول بودند.

نمونه تازه پوست مرکبات تنها به تکه‌های ریز تبدیل شدند و به دلیل رطوبت بالای آنها فرایند آسیاب به منظور تولید پودر امکان پذیر نبود (چرا که خمیری چسبناک حاصل می‌شد). بنابراین یک هم بستگی منفی بین اندازه ذرات و راندمان استخراج وجود داشت به طوری که اندازه بزرگ ذرات نمونه تازه پایین ترین راندمان استخراج را داشت. با افزایش دمای خشک کردن، راندمان استخراج کاهش یافت. در بین نمونه‌های خشک شده، پایین ترین راندمان استخراج مربوط به نمونه خشک شده در آون ۵۰°C بود (P<۰/۰۵) که علت این امر را می‌توان به تخریب اکسیداتیو مواد معطر نسبت داد (Figiel *et al.*, 2010; Chua *et al.*, 2019).

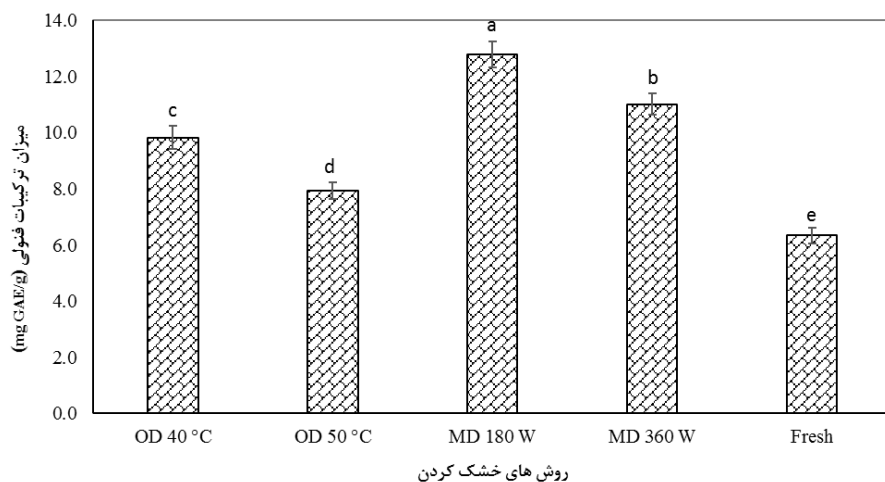
شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس پوست پرتقال سانگین اسانس روغنی به دست آمده از پوست پرتقال سانگین به کمک دستگاه کروماتوگرافی گازی-اسپکتروفتومتر جرمی مورد تجزیه و تحلیل واقع شده و نتایج به ترتیب در جدول ۲ به نمایش در آمده است. در مجموع برای اسانس پوست سانگین حدود ۲۰ ترکیب معطر شامل مونوترپن‌ها (مثل α -Pinene, Sabinene, β -Myrcene, D-Limonene, β -Ocimene و p-Menthene)، مونوترپن‌های اکسیژن دار (مثل ۱-Octanol, Linalool, Nonanal, β -terpineol, Citronellal, Terpinen-4-ol, Decanal, Neral, Geranial و Dodecanal) و سسکوئی ترپن‌ها (مثل α -Copaene, β -Caryophyllene, Germacrene D و Δ -cadinene) شناسایی شد. همان طور که در جدول ۲ مشاهده

جدول ۲- ترکیبات اسانس نمونه‌های خشک شده و تازه پوست پرتقال سانگین

شماره	ترکیبات فرار	درصد				
		Fresh	MD 360 W	MD 180 W	OD 50 °C	OD 40 °C
۱	α -Pinene	۱/۷	۲/۵	۲/۵	۲/۷	۲/۶
۲	Sabinene	۱/۶	۱/۶	۱/۳	۱/۰	۱/۱
۳	β -Myrcene	۷/۲	۸/۰	۷/۶	۷/۱	۶/۹
۴	D-Limonene	۷۲/۳	۷۸/۰	۷۸/۵	۷۶/۳	۷۵/۲
۵	β -Ocimene	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۶	p-Menthene	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۶
۷	1-Octanol	۰/۸	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱
۸	Linalool	۴/۶	۱/۴	۱/۳	۱/۵	۱/۴
۹	Nonanal	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱
۱۰	β -terpineol	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۱
۱۱	Citronellal	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱
۱۲	Terpinen-4-ol	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۸	۰/۴
۱۳	Decanal	۱/۱	۱/۱	۱/۳	۱/۴	۱/۳
۱۴	Neral	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۵
۱۵	Geranial	۰/۸	۰/۵	۰/۵	۱/۱	۱/۲
۱۶	Dodecanal	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۳
۱۷	α -Copaene	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۱۸	β -Caryophyllene	۰/۱	۰/۱	۰/۰	۰/۸	۰/۹
۱۹	Germacrene D	۰/۷	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۱
۲۰	Δ -cadinene	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۳	۰/۲
کل		۹۳/۵	۹۵/۷	۹۵/۷	۹۵/۲	۹۴/۱

* OD = خشک کردن آون، MD = خشک کردن مایکروویو

نمونه‌های خشک شده با آون (۵۰°C و ۴۰) و مایکروویو (۱۸۰ و ۳۶۰ وات) بالاتر از نمونه تازه بود ($P < 0.05$). این موضوع به دو شکل قابل توجه است: (۱) بافت پوست مرکبات شکننده است که سبب شکست آسان تر دیواره سلولی گیاهی شده و قابلیت استخراج آنتی اکسیدان‌ها در طی ایزوله سازی اسانس‌ها افزایش می‌یابد (Hossain *et al.*, 2010). (۲) میزان فنول تام کمتر در نمونه تازه می‌تواند به دلیل دارا بودن محتوای رطوبت بالا باشد که سبب ترویج واکنش‌های قهوه ای شدن آنزیمی و افت آنتی اکسیدان‌ها می‌شود (Chua *et al.*, 2019; Hossain *et al.*, 2010). به طور کلی می‌توان گفت نمونه‌های خشک شده در مایکروویو ۱۸۰ وات به دلیل زمان بسیار کم فرآیند، توجیه مناسبی برای ماندگاری ترکیبات فنولی دارند چون فرصت کافی به منظور تخریب حرارتی آنتی اکسیدان‌ها داده نمی‌شود (Chong and Lim, 2012).



شکل ۳- میزان ترکیبات فنولی اسانس‌های حاصل از پوست پرتقال سانگین (OD = خشک کردن آون، MD = خشک کردن مایکروویو)

یون آبی رنگ Fe^{2+} در شرایط اسیدی است (Shahidi and Zhong, 2015). فعالیت‌های آنتی اکسیدانی اسانس پوست پرتقال سانگین (DPPH و FRAP) در غلظت‌های ۳۰۰۰ تا ۲۴۰۰۰ پی پی ام در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است. در هر دو آزمون با افزایش غلظت اسانس‌ها، فعالیت‌های آنتی اکسیدانی با افزایش همراه بود ($P < 0.05$) که به دلیل افزایش ترکیبات فنولی در غلظت‌های بالاتر اسانس است. این قضیه در تطابق با مطالعات دیگر بوده است (Farahmandfar *et al.*, 2018; Farahmandfar and Sayyad, 2017; Esmaeilzadeh Kenari *et al.*, 2014). همان طور که در جدول ۳ قابل مشاهده است، روش‌های مختلف خشک کردن در میزان متفاوتی بر روی مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH موثر بودند. در این آزمون، ترتیب قدرت آنتی اکسیدانی

میزان ترکیبات فنولی پوست پرتقال سانگین محتوای فنول تام نمونه‌های تازه و خشک شده پرتقال سانگین در شکل ۳ نشان داده شده است. محتوای ترکیبات فنولی در نمونه تازه، آون (۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس) و مایکروویو (۱۸۰ و ۳۶۰ وات) به ترتیب ۶/۳، ۹/۸، ۷/۹، ۱۲/۷ و ۱۱/۰ میلی گرم اسید گالیک بر گرم بود. در بین نمونه‌های خشک شده، پایین ترین میزان فنول در آون ۵۰°C مشاهده شد ($P < 0.05$) که علت آن می‌تواند به دلیل فرایند اکسیداسیونی باشد که در اثر وجود هوای داغ و اکسیژن زیاد در آون معمولی رخ می‌دهد (Chong and Lim, 2012). مشابه این امر، در مطالعه Yi و Wetzstein (۲۰۱۱) مشاهده شد. در این تحقیق، برگ‌های رزماری، مادروت و نعنای در مقابل آون ۷۰°C بیشترین افت ترکیبات فنولی را در مقایسه با سایر روش‌های خشک شدن دارا بودند. محتوای فنول تام در

خواص آنتی اکسیدانی اسانس‌های پوست پرتقال سانگین خواص آنتی اکسیدانی اسانس‌های پوست پرتقال سانگین با دو روش مختلف اندازه گیری شد: آزمون مهار رادیکال آزاد DPPH و آزمون قدرت احیاکنندگی آهن. در آزمون DPPH، رادیکال آزاد پایدار با رنگ بنفش تیره با ترکیبات فنولی فعل و انفعال داده و بلافاصله بعد از دریافت پروتون از آنها، کرومای خودش را از دست داده و به رنگ زرد در می‌آید (Farahmandfar *et al.*, 2018). بنابراین درجه کاهش رنگ DPPH مشخص کننده پتانسیل مهارکنندگی رادیکال آزاد ترکیبات آنتی اکسیدانی خواهد بود (Sayyad and Farahmandfar, 2017). به همین ترتیب، قابلیت احیاء کنندگی آنتی اکسیدان‌ها نیز می‌تواند تعیین کننده فعالیت آنتی اکسیدانی آنها باشد که اساس این روش احیاء یون Fe^{3+} به

فنولی کمترین قدرت مهارکنندگی را دارا بود ($P < 0.05$). احتمالاً فرآیند مایکروبیو باعث شکسته شدن بیشتر واکوئل‌ها و غشاء سلولی و در نتیجه خروج بهتر آنتی‌اکسیدان‌ها می‌گردد. محققین دیگر همچون An و همکاران (۲۰۱۶) مشاهده کردند که در خشک کردن زنجبیل چینی، نمونه‌هایی با بالاترین محتوای فنول تام، بیشترین قدرت مهارکنندگی را دارند.

از بالاترین به پایین ترین متعلق به نمونه‌های حاصل از خشک کردن مایکروبیو ۱۸۰ وات، مایکروبیو ۳۶۰ وات، آون 40°C ، آون 50°C و نمونه تازه بود. نتایج نشان داد که هرچه محتوای فنولی نمونه‌ها بیشتر باشد، قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد بیشتر خواهد بود. به همین دلیل نمونه حاصل از خشک کردن مایکروبیو ۱۸۰ وات بیشترین محتوای فنولی بیشترین مهارکنندگی رادیکال آزاد را داشته و نمونه تازه با کمترین میزان ترکیبات

جدول ۳- میزان قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد اسانس‌های پوست پرتقال سانگین

بازدارندگی (درصد)				
تیمارها	۳۰۰۰ ppm	۶۰۰۰ ppm	۱۲۰۰ ppm	۲۴۰۰۰ ppm
OD 40 °C	۳۵/۴۸ ± ۱/۰ Dc	۵۰/۲۸ ± ۳/۰ Cc	۶۸/۶۲ ± ۱/۵ Bc	۷۵/۱۱ ± ۱/۲ Ac
OD 50 °C	۲۹/۸۵ ± ۰/۹ Dd	۴۷/۲۹ ± ۱/۱ Cd	۵۴/۵۲ ± ۳/۰ Bd	۶۷/۲۲ ± ۳/۷ Ad
MD 180 W	۴۷/۵۴ ± ۱/۲ Da	۵۹/۲۷ ± ۲/۴ Ca	۸۰/۹۴ ± ۴/۰ Ba	۸۹/۲۶ ± ۲/۳ Aa
MD 360 W	۴۰/۰۸ ± ۱/۸ Db	۵۵/۹۹ ± ۲/۰ Cb	۷۱/۸۷ ± ۲/۹ Bb	۸۲/۹۵ ± ۲/۰ Ab
Fresh	۲۴/۱۵ ± ۲/۰ De	۴۱/۶۱ ± ۱/۹ Ce	۵۰/۳۶ ± ۲/۴ Be	۵۵/۸۴ ± ۱/۴ Ae

* حروف کوچک مشابه در هر ستون، نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$).

* حروف بزرگ مشابه در هر ردیف، نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$).

* OD = خشک کردن آون، MD = خشک کردن مایکروبیو

جدول ۴- میزان قدرت احیاکنندگی آهن اسانس‌های پوست پرتقال سانگین

بازدارندگی (درصد)				
تیمارها	۳۰۰۰ ppm	۶۰۰۰ ppm	۱۲۰۰ ppm	۲۴۰۰۰ ppm
OD 40 °C	۰/۱ ± ۰/۰ Db	۰/۲ ± ۰/۰ Cc	۰/۲ ± ۰/۰ Bc	۰/۳ ± ۰/۰ Ac
OD 50 °C	۰/۱ ± ۰/۰ Db	۰/۲ ± ۰/۰ Cd	۰/۲ ± ۰/۰ Bd	۰/۳ ± ۰/۰ Ad
MD 180 W	۰/۱ ± ۰/۰ Da	۰/۳ ± ۰/۰ Ca	۰/۴ ± ۰/۰ Ba	۰/۴ ± ۰/۰ Aa
MD 360 W	۰/۱ ± ۰/۰ Db	۰/۲ ± ۰/۰ Cb	۰/۳ ± ۰/۰ Bb	۰/۴ ± ۰/۰ Ab
Fresh	۰/۱ ± ۰/۰ Dc	۰/۱ ± ۰/۰ Ce	۰/۲ ± ۰/۰ Be	۰/۳ ± ۰/۰ Ae

* حروف کوچک مشابه در هر ستون، نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$).

* حروف بزرگ مشابه در هر ردیف، نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$).

* OD = خشک کردن آون، MD = خشک کردن مایکروبیو

نتیجه گیری

فرآیندهای مختلف خشک کردن اثرات قابل توجه و متفاوتی را بر خواص پودری پوست پرتقال سانگین و خواص آنتی‌اکسیدانی اسانس آنها داشتند. نمونه خشک شده با آون ۴۰ درجه سلسیوس بیشترین دانسیته حجمی و نمونه تازه بیشترین میزان روشنی، زردی و قرمزی را داشت. اسانس حاصل از خشک کردن مایکروبیو ۱۸۰ وات، بالاترین راندمان، محتوای فنولی، محتوای د-لیمونن، قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد و قدرت احیاکنندگی آهن را دارا بود. به طور کلی خشک کردن مایکروبیو ۱۸۰ وات بهترین نتایج

از حیث خواص پودری و خواص شیمیایی و آنتی‌اکسیدانی اسانس را از خود نشان داد لذا می‌توان این روش را برای خشک کردن بهینه پوست پرتقال سانگین ارائه کرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از کلیه عزیزانی که در انجام این پروژه ما را یاری نمودند، کمال تقدیر و تشکر را به عمل آورند.

هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

REFERENCES

- Agricultural statistics. (2020). Garden products (3 ed). Ministry of Agriculture Jihad, Deputy of planning and economics "https://www.maj.ir"
- Allaf, T., Tomao, V., Besombes, C., & Chemat, F. (2013). Thermal and mechanical intensification of

essential oil extraction from orange peel via instant autovaporization. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 72, 24-30.

An, K., Zhao, D., Wang, Z., Wu, J., Xu, Y., & Xiao, G.

- (2016). Comparison of different drying methods on Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): Changes in volatiles, chemical profile, antioxidant properties, and microstructure. *Food Chemistry*, 197, 1292-1300.
- Argyropoulos, D., Heindl, A., & Müller, J. (2011). Assessment of convection, hot-air combined with microwave-vacuum and freeze-drying methods for mushrooms with regard to product quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(2), 333-342.
- Arslan, D., Özcan, M. M., & Mengeş, H. O. (2010). Evaluation of drying methods with respect to drying parameters, some nutritional and colour characteristics of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Energy Conversion and Management*, 51(12), 2769-2775.
- Babu, A. K., Kumaresan, G., Raj, V. A. A., & Velraj, R. (2018). Review of leaf drying: Mechanism and influencing parameters, drying methods, nutrient preservation, and mathematical models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 536-556.
- Calín-Sánchez, Á., Figiel, A., Hernández, F., Melgarejo, P., Lech, K., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2013). Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils and rind as affected by drying method. *Food and Bioprocess Technology*, 6(7), 1644-1654.
- Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., & Fellman, J. K. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. *Journal of food engineering*, 111(1), 135-148.
- Chong, C. H., Figiel, A., Law, C. L., & Wojdyło, A. (2014). Combined drying of apple cubes by using of heat pump, vacuum-microwave, and intermittent techniques. *Food and Bioprocess Technology*, 7(4), 975-989.
- Chong, K. L., & Lim, Y. Y. (2012). Effects of drying on the antioxidant properties of herbal tea from selected vitex species. *Journal of Food Quality*, 35(1), 51-59.
- Chua, L. Y., Chong, C. H., Chua, B. L., & Figiel, A. (2019). Influence of drying methods on the antibacterial, antioxidant and essential oil volatile composition of herbs: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 12(3), 450-476.
- Cserhalmi, Z., Sass-Kiss, A., Tóth-Markus, M., & Lechner, N. (2006). Study of pulsed electric field treated citrus juices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 7(1-2), 49-54.
- de Barros Fernandes, R. V., Marques, G. R., Borges, S. V., & Botrel, D. A. (2014). Effect of solids content and oil load on the microencapsulation process of rosemary essential oil. *Industrial Crops and Products*, 58, 173-181.
- Esmailzadeh Kenari, R., Mohsenzadeh, F., & Amiri, Z. R. (2014). Antioxidant activity and total phenolic compounds of Dezful sesame cake extracts obtained by classical and ultrasound-assisted extraction methods. *Food science and nutrition*, 2(4), 426-435.
- Farahmandfar, R., Tirgarian, B., Dehghan, B., & Nemati, A. (2020). Changes in chemical composition and biological activity of essential oil from Thomson navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) peel under freezing, convective, vacuum, and microwave drying methods. *Food Science and Nutrition*, 8(1), 124-138.
- Farahmandfar, R., Asnaashari, M., Pourshayegan, M., Maghsoudi, S., & Moniri, H. (2018). Evaluation of antioxidant properties of lemon verbena (*Lippia citriodora*) essential oil and its capacity in sunflower oil stabilization during storage time. *Food Science and Nutrition*, 6(4), 983-990.
- Figiel, A., Szumny, A., Gutiérrez-Ortíz, A., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2010). Composition of oregano essential oil (*Origanum vulgare*) as affected by drying method. *Journal of Food Engineering*, 98(2), 240-247.
- Food and Agricultural Organization (FAO) of the United Nations (2020). FAOSTAT Database.
- Ghanem, N., Mihoubi, D., Kechaou, N., & Mihoubi, N. B. (2012). Microwave dehydration of three citrus peel cultivars: Effect on water and oil retention capacities, color, shrinkage and total phenols content. *Industrial Crops and Products*, 40, 167-177.
- Hojjati, M., & Barzegar, H. (2017). Chemical composition and biological activities of lemon (*Citrus limon*) leaf essential oil. *Nutrition and Food Sciences Research*, 4(4), 15-24.
- Horuz, E., & Maskan, M. (2015). Hot air and microwave drying of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 285-293.
- Hossain, M. B., Barry-Ryan, C., Martin-Diana, A. B., & Brunton, N. P. (2010). Effect of drying method on the antioxidant capacity of six Lamiaceae herbs. *Food Chemistry*, 123(1), 85-91.
- Kirbaslar, F. G., Kirbaslar, S. I., Pozan, G., & Boz, I. (2009). Volatile constituents of Turkish orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) peel oils. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12(5), 586-604.
- Nekoei, M., & Mohammadhosseini, M. (2014). Application of HS-SPME, SDME and cold-press coupled to GC/MS to analysis the essential oils of *Citrus sinensis* CV. Thomson Navel and QSRR study for prediction of retention indices by stepwise and genetic algorithm-multiple linear regression approaches. *Analytical Chemistry Letters*, 4(2), 93-103.
- Njoroge, S. M., Phi, N. T. L., & Sawamura, M. (2009). Chemical composition of peel essential oils of sweet oranges (*Citrus sinensis*) from Uganda and Rwanda. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12(1), 26-33.
- Mashkani, M. R. D., Larijani, K., Mehrafarin, A., & Badi, H. N. (2018). Changes in the essential oil content and composition of *Thymus daenensis*

- Celak. under different drying methods. *Industrial Crops and Products*, 112, 389-395.
- Olatunya, A. M., & Akintayo, E. T. (2017). Evaluation of the effect of drying on the chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of peels from three species of citrus group. *International Food Research Journal*, 24(5), 1991-1997.
- Quintero Ruiz, N. A., Demarchi, S. M., & Giner, S. A. (2014). Effect of hot air, vacuum and infrared drying methods on quality of rose hip (*Rosa rubiginosa*) leathers. *International journal of food science and technology*, 49(8), 1799-1804.
- Perez-Cacho, P. R., & Rouseff, R. L. (2008). Fresh squeezed orange juice odor: a review. *Critical Reviews in Food Science And Nutrition*, 48(7), 681-695.
- Rafiq, S., Kaul, R., Sofi, S. A., Bashir, N., Nazir, F., & Nayik, G. A. (2018). Citrus peel as a source of functional ingredient: A review. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(4), 351-358.
- Razavi, S. M. A., & Farahmandfar, R. (2008). Effect of hulling and milling on the physical properties of rice grains. *International Agrophysics*, 22(4), 353-359.
- Rezzadori, K., Benedetti, S., & Amante, E. R. (2012). Proposals for the residues recovery: Orange waste as raw material for new products. *Food and Bioproducts Processing*, 90(4), 606-614.
- Salarikia, A., Miraei Ashtiani, S. H., & Golzarian, M. R. (2017). Comparison of drying characteristics and quality of peppermint leaves using different drying methods. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), e12930.
- Sayyad, R., & Farahmandfar, R. (2017). Influence of *Teucrium polium* L. essential oil on the oxidative stability of canola oil during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 54(10), 3073-3081.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 18, 757-781.
- Sogi, D. S., Garg, S. K., & Bawa, A. S. (2002). Functional properties of seed meals and protein concentrates from tomato-processing waste. *Journal Of Food Science*, 67(8), 2997-3001.
- Vahidi, R., Pourahmad, R., Mahmoudi, R., & Hosseini, S. S. (2019). Chemical compounds and antibacterial and antioxidant properties of citron (*Citrus medica* L.) peel essential oil. *Journal of Food and Bioprocess Engineering*, 3(1), 83-88.
- Yi, W., & Wetzstein, H. Y. (2011). Effects of drying and extraction conditions on the biochemical activity of selected herbs. *HortScience*, 46(1), 70-73.
- Zirjani, L., & Tavakolipour, H. (2012). A Comparison of Hot Air vs. Microwave Drying Methods in Production of Banana Chips. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 43(1), 73-83.