

بررسی و مقایسه تغییرات رایحه، رنگ و ویتامین ث بر گه‌های خشک‌شده پرتقال در خشک‌کنهای فریز درایر و هوای داغ

مازیار روشن مقدم^۱، رضا امیری چایجان^{۲*}، ناهید عقیلی ناطق^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(mazyarm546@gmail.com)

۲. دانشیار مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی همدان، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(amirreza@basu.ac.ir)

۳. استادیار مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی سنقر، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران (N.aghili@razi.ac.ir)

چکیده

در این پژوهش اثر خشک‌کردن فریز درایر و هوای داغ بر رایحه، ویتامین ث و تغییر رنگ برگه پرتقال مطالعه شد. فرآیند خشک‌کردن فریز درایر در دمای ۵۰- درجه سلسیوس و هوای داغ در دمای ۶۰ درجه سلسیوس صورت گرفت. نتایج نشان داد خشک‌کن فریز درایر، کیفیت رنگ و رایحه‌ای مشابه با پرتقال تازه را حفظ نموده (پرتقال تازه $L^*=48/79$ ، $a^*=-3/17$ و $b^*=44/25$ و فریز درایر $L^*=82/26$ ، $a^*=-2/71$ و $b^*=50/68$) ولی در مورد هوای داغ، کیفیت رنگ ($L^*=58/09$ ، $a^*=10/78$ و $b^*=45/51$) کاهش پیدا کرد و به سمت قهوه‌ای شدن تمایل یافت. بیشترین پاسخ حسگرهای بویایی در پرتقال تازه، خشک‌کن فریز درایر و خشک‌کن هوای داغ به ترتیب MQ9، MQ7 و MQ3 و کمترین پاسخ حسگرهای بویایی در هر سه روش، MQ6 بود. تفاوت بیشترین پاسخ حسگرها نشان از تغییر عطر محصول در حین خشک‌کردن است. مقدار ویتامین ث در روش فریز درایر نسبت به پرتقال تازه (پرتقال تازه 798 mg/100g و خشک‌کن فریز درایر 902/4 mg/100g) ۱۳/۰۸٪ افزایش داشت ولی غلظت ویتامین ث در خشک‌کن هوای داغ (956/6 mg/100g) حدود ۱۹/۷۸٪ بیشتر بود.

کلمات کلیدی:



سیزدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران
(مکانیک بیوسیستم ۱۴۰۰)
۲۶-۲۴ شهریور ۱۴۰۰



خشک کن فریز درایر، هوای داغ، ماشین بویایی، ویتامین ث، شاخص رنگ
*نویسنده مسئول: amirreza@basu.ac.ir

بررسی و مقایسه تغییرات بو، رنگ و ویتامین ث بر گه‌های خشک‌شده پرتقال در خشک کردن فریز درایر و هوای داغ

مقدمه

غذاها به صورت طبیعی یا فرآوری شده، مواد مغذی زندگی انسان را فراهم می‌کنند. یک رژیم غذایی غنی از مواد مغذی تأثیر مثبتی بر سلامت انسان دارد. میوه‌های تازه حاوی مواد مغذی ضروری برای انسان هستند، اما اکثر این مواد مغذی به دلیل حساسیت به دما، رطوبت، اکسیژن و نور دارای عمر کوتاهی می‌باشند، بنابراین به منظور حفظ کیفیت و مواد مغذی موجود در مواد غذایی به ویژه ویتامین-ها، فرآوری آنها باید تحت شرایط مناسب انجام گیرد [۱۷].

خشک کردن به طور گسترده‌ای در صنایع غذایی استفاده می‌شود. هدف آن کاهش محتوای آب است، که باعث ماندگاری مواد غذایی می‌شود. مزایای دیگر این فرآیند در مقایسه با ماده اولیه با کاهش جرم مرتبط است که منجر به هزینه‌های کمتر بسته بندی، حمل و نقل و ذخیره سازی می‌شود [۲۷]. در طی فرآیند خشک کردن، تغییراتی در عطر، طعم، بافت، رنگ و تخریب اجزاء غذایی محصول ایجاد می‌گردد [۲۱]. گرما و اکسیداسیون طی فرآیند خشک شدن، موجب ایجاد تغییرات شیمیایی در رنگدانه‌های کلروفیل و کاروتنوئیدها شده و افت کیفیت رنگ محصول را به همراه دارد. معمولاً زمان-های طولانی‌تر و درجه حرارت‌های بالاتر، اتلاف بیشتر رنگدانه‌ها را به همراه دارد [۹]، بنابراین حفظ رنگ محصول نهایی به عنوان شاخصی مهمی برای بررسی کیفیت محصول نهایی از دیدگاه ارزش غذایی آن پس از انجام فرآیندهای فرآوری می‌باشد [۲۸].

ویتامین ث یکی از ناپایدارترین مواد مغذی در غذا می‌باشد که در طی فرآیندهای فرآوری این ویتامین به شدت تخریب می‌شود [۲۵]. طبق نتایج پژوهش‌های انجام شده ثابت شده است که اگر طی فرآیندهای غذایی بتوان ویتامین ث را حفظ کرد میتوان گفت که سایر مواد مغذی نیز حفظ خواهند شد [۱۰].

در طول سال‌ها، روش‌های مختلف خشک کردن توسعه یافته است. بسته به نیاز بازار، روش‌های خشک کردن را می‌توان با بهره‌وری انرژی، زمان خشک کردن و کیفیت محصول ارزیابی کرد [۷]. پژوهش‌های زیادی در مورد روش‌های مختلف خشک کردن و تحقیق در مورد بقای عطر محصولات انجام شده مانند فلفل [۱۴]، کاکائو [۲۴]، نعنای [۱۸]، قهوه [۲۰].

بو یکی از مهمترین ویژگی‌های حسی غذاها است. اندازه‌گیری آن یک روش پیشرفته و مخصوصاً موثر برای بدست آوردن پارامترهای تأثیرگذار بر کیفیت غذا است، زیرا بوی ساطع شده از غذاها به تغییرات در مواد تشکیل دهنده آنها بسیار حساس است. بینی الکترونیکی به عنوان ابزاری برای تشخیص، می‌تواند رایحه‌های ساده و پیچیده را از طریق ویژگی‌هایی مانند حذف حسگرهای غیراختصاصی و یک

سیستم تشخیص مناسب شناسایی کند. برخی از محققان متذکر شده‌اند که رایحه مواد کم آب به راحتی می‌تواند در طی فرایندهای خشک کردن تغییر یابد [۲۲].

در خصوص استفاده از بینی الکترونیکی تحقیقاتی انجام شده است. در تحقیقی مروری، بینی الکترونیک به عنوان ابزاری ابداعی جهت پایش لحظه‌ای محصول به منظور افزایش کیفیت آن در خشک‌کن‌های مواد غذایی معرفی شده است [۱۳]. پیش‌بینی زمان برداشت و میزان رسیدگی محصول [۲۹]، تعیین کیفیت محصولات در طول دوره انبارداری [۲۶] [۱۶]، تشخیص گیلاس سمی و غیرسمی در طول دوره رسیدگی با استفاده از بینی الکترونیکی [۴] و امکان سنجی تشخیص واریته‌های مختلف نیشکر با تکنیک بینی الکترونیک در شربت نیشکر [۱].

درجه‌بندی مواد غذایی براساس رنگ از مهمترین کاربردهای سیستم بینایی کامپیوتر می‌باشد. به طور کلی استفاده از پردازش تصویر به دلیل قابلیت بالای این تکنیک در پردازش پارامترهای کل تصویر و جداسازی ناحیه‌ای خاص از نمونه، درمورد محصولاتی با ظاهر غیریکنواخت کاربرد فراوانی دارد [۱۱]. در تحقیقی با استفاده از تکنیک پردازش تصویر، زمان واقعی تغییر رنگ برش‌های سیب هنگام خشک شدن همرفتی ماکروویو مورد بررسی قرار گرفت [۵].

با مطالعه بر روی کاربرد برگه‌های خشک‌شده پرتقال در صنایع مواد غذایی، سه عامل رایحه، رنگ و ویتامین ث در تعیین کیفیت و نیاز صنعت تأثیر بسزایی دارند. از این نظر، نوع خشک‌کن می‌تواند باعث تغییرات در اندازه این سه عامل گردد. از آنجا که هیچ تحقیقی برای تعیین رایحه، ویتامین ث و تغییر رنگ پرتقال توسط ماشین بویایی انجام نشده است. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی اثر خشک کردن فریز درایر و هوای داغ برخواص برگه‌های خشک شده پرتقال انجام شد.

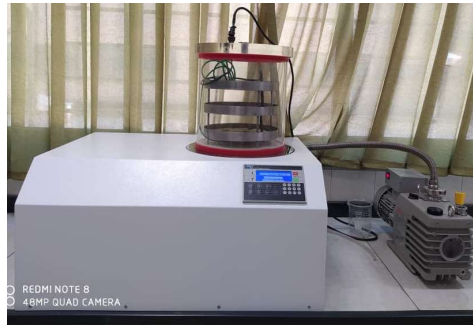
مواد و روش‌ها:

تهیه نمونه

در این تحقیق از نمونه‌های پرتقال رقم والنسیا استفاده شد. به منظور کاهش تنفس و از دست‌دادن رطوبت، پرتقال‌ها تا زمان انجام آزمایش‌ها، در داخل یخچال و در دمای 4 ± 0.5 درجه سلسیوس نگهداری شدند. قبل از آزمایش‌های خشک کردن، نمونه‌ها به مدت ۱۲۰ دقیقه در دمای محیط نگهداری شدند. سپس آنها را پوست گرفته و لایه‌های نازک و یکنواختی به ضخامت ۳ الی ۴ میلی‌متر از آن ایجاد شد و داخل خشک‌کن قرار داده شد. فرآیند خشک کردن و کاهش وزن نمونه‌ها تا زمان کاهش رطوبت نمونه‌ها به ۱۰ درصد پایه خشک ادامه یافت.

آزمایش‌های خشک کردن:

آزمایش‌های خشک کردن در خشک‌کن فریز درایر شامل ۱۰ نمونه مجزا در دمای ۵۰- درجه سلسیوس (شکل ۱)، خشک‌کن هوای داغ شامل ۱۰ نمونه مجزا در دمای ۶۰ درجه سلسیوس (شکل ۲) انجام شدند که به همراه ۱۰ نمونه برگه پرتقال تازه برای آزمون‌های کیفی مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱- خشک کن فریز درایر



شکل ۲- خشک کن هوای داغ

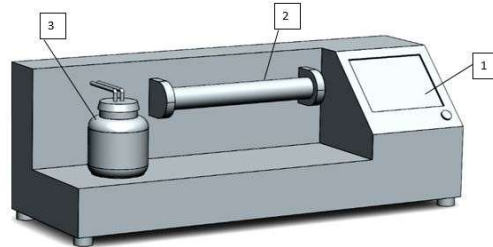
پس از فرآیند خشک کردن به منظور حفظ رایحه محصول، نمونه‌ها داخل پلاستیک‌های مخصوص جمع‌آوری و داخل فریزر در دمای 19 ± 0.5 - درجه سلسیوس نگهداری شدند. قبل از شروع آزمایش- های بینی مصنوعی، نمونه برگه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط قرار داده شدند. سپس مقدار ۵ گرم برگه پرتقال تولیدی را داخل ظرف نمونه ریخته و آزمایش‌های بینی الکترونیک انجام شدند.

سامانه بینی الکترونیکی

در این پژوهش از یک سامانه چند حسگری بینی الکترونیک ساخته شده بر پایه حسگرهای نیمه‌هادی اکسید فلزی^۱ (MOS) استفاده شد (شکل ۳). این سیستم شامل حسگرها، محفظه حسگرها، محفظه نمونه، سامانه تحویل داده، نمایشگر، منبع تغذیه، شیرهای برقی، پمپ و کپسول اکسیژن است. حسگرهای نیمه-

¹MOS

هادی اکسید فلزی (MOS) از متداول‌ترین حسگرهای مورد استفاده در بینی الکترونیکی است که از حساسیت و پایداری شیمیایی بالایی برخوردار هستند. همچنین ارزانی و تبدیل کمیت‌های شیمیایی به سیگنال الکتریکی از مزایای این حسگرها می‌باشد [۳].



شکل ۳- سامانه بینی الکترونیکی مورد استفاده: ۱- محفظه نمونه، ۲- حسگرهای گازی و ۳- نمایشگر

مراحل کاری سامانه بینی الکترونیکی شامل سه مرحله تصحیح خط مبنا، تزریق بوی نمونه و پاک کردن حسگرها و محفظه نمونه بود. تعداد نمونه‌های بینی الکترونیک ۱۸۰ عدد بود که هر نمونه خشک کن‌های فریز درایر و هوای داغ و پرتقال تازه به شش قسمت تقسیم شد و آزمون بینی الکترونیک انجام شد.

مرحله بعدی در تجزیه و تحلیل داده‌ها، پیش‌پردازش سیگنال‌های حسگرها است. پیش‌پردازش اطلاعات، تاثیر زیادی بر روی عملکرد روش‌های تشخیص الگو دارد و تا حدی وابسته به نوع حسگرها بوده و معمولاً متفاوت است [۱۹]. در این پژوهش از روش کسری برای پیش‌پردازش سیگنال‌های حسگرها استفاده شد (رابطه ۱). پاسخ پیش‌پردازش شده، بی‌بعد و نرمال شده است و حسگرهایی که ذاتاً سطح پاسخ بالا و پایینی دارند را جبران می‌کند [۱۵].

$$y_s(t) = \frac{x_s(t) - x_s(0)}{x_s(0)} \quad (1)$$

که در آن $y_s(t)$ پاسخ پیش‌پردازش شده (بدون بعد)، $x_s(0)$ خط مبنا و $x_s(t)$ پاسخ حسگر می‌باشد.

اندازه‌گیری غلظت ویتامین ث

غلظت ویتامین ث به روش تیتراسیون دو مرحله‌ای اندازه‌گیری شد [۱۲]. برای محاسبه میزان رنگ مصرفی از رابطه ۶ استفاده شد. از هر ۱۰ نمونه خشک کن‌های فریز درایر و هوای داغ، مقادیر ویتامین ث اندازه‌گیری شد.

$$\text{غلظت ویتامین ث (۱۰۰ گرم میوه/ میلی گرم)} = \frac{B \times E \times D}{C \times A} \times 100 \quad (2)$$

A وزن نمونه گیاهی (گرم)، B حجم متافسفریک مصرفی برای نمونه اولیه (میلی لیتر)، C حجم نمونه مورد استفاده برای تیتراسیون (میلی لیتر)، D فاکتور رنگ و E حجم رنگ مصرفی در تیتراسیون (میلی لیتر) است.

اندازه گیری رنگ و محاسبه تغییرات آن

به منظور اندازه گیری شاخص‌های رنگی از روش پردازش تصویر توسط نرم‌افزار متلب نسخه ۲۰۱۷a استفاده گردید و مقادیر رنگی L^* ، a^* و b^* به دست آمده محاسبه شدند. در پایان با استفاده از روابط (۳) تا (۵) تغییرات رنگ برگه پرتقال محاسبه گردید [۲].

$$\Delta L^* = (L_0^* - L_1^*) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a_0^* - a_1^*) \quad (4)$$

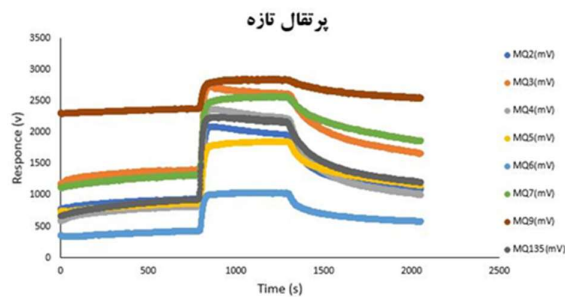
$$\Delta b^* = (b_0^* - b_1^*) \quad (5)$$

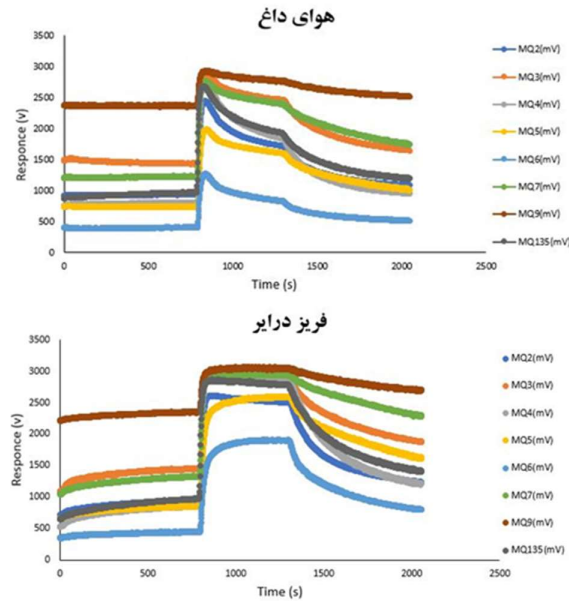
که مقدار L^* مقدار تیرگی (۰) تا روشنایی (۱۰۰)، a^* مقدار قرمزی (+۱۲۰) تا سبزی (-۱۲۰) و b^* مقدار زردی (+۱۲۰) تا آبی (-۱۲۰) هستند. برای هر نمونه از خشک‌کن‌های فریز درایر و هوای داغ و برگه‌های پرتقال تازه، شاخص‌های رنگی اندازه‌گیری شد که در مجموع ۳۰ شاخص رنگی مورد بررسی قرار گرفت و میانگین آنها گزارش شد.

نتایج و بحث:

پاسخ حسگرها

شکل ۴ نمونه‌ای از پاسخ‌های آرایه حسگرها به رایحه برگه پرتقال را نشان می‌دهد. بیشترین پاسخ حسگرهای بویایی در پرتقال تازه، خشک‌کن فریز درایر و خشک‌کن هوای داغ به ترتیب MQ9 و MQ7 و MQ3، و کمترین پاسخ حسگرهای بویایی در هر سه MQ6 بود. تفاوت بیشترین پاسخ حسگرها نشان از تغییر عطر محصول در حین خشک‌کردن است. علت این تغییر در عطر، تفاوت در حرارتی است که در روش هوای داغ وجود دارد که باعث تغییر در ساختار ویژگی‌های کیفی محصول خشک‌شده شد.





شکل ۴ - پاسخ حسگرها به رایحه نمونه پرتقال تازه، خشک کن هوای داغ، خشک کن فریز درایر

غلظت ویتامین ث

بعد از آزمایش شیمیایی برای محاسبه میزان رنگ مصرفی با استفاده از رابطه ۵ غلظت ویتامین ث بر گه پرتقال به دست آمد (جدول ۱).

جدول ۱- غلظت ویتامین ث محاسبه شده

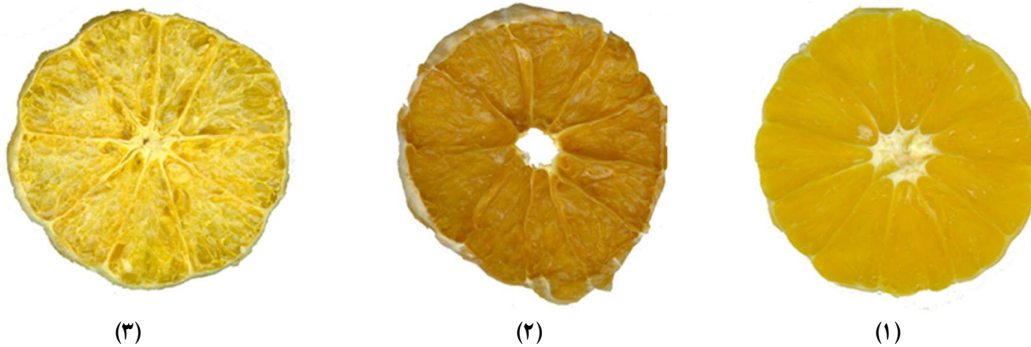
مدل	نمونه ۱	نمونه ۲	نمونه ۳	نمونه ۴	نمونه ۵	نمونه ۶	نمونه ۷	نمونه ۸	نمونه ۹	نمونه ۱۰	میانگین غلظت ویتامین ث (mg/100g)
پرتقال تازه	۷۹۸/۱	۷۹۹/۳	۷۹۸/۱	۷۹۷/۳	۷۹۷/۹	۷۹۹	۷۹۷/۲	۷۹۷/۹	۷۹۷	۷۹۸/۱	۷۹۸
خشک کن هوای داغ	۹۵۶/۲	۹۵۵/۸	۹۵۷	۹۵۷/۴	۹۵۷/۶	۹۵۶/۸	۹۵۶/۸	۹۵۵/۷	۹۵۶/۴	۹۵۷/۱	۹۵۶/۶
خشک کن فریز درایر	۹۰۳/۲	۹۰۲/۱	۹۰۲/۴	۹۰۲/۵	۹۰۱/۸	۹۰۲/۲	۹۰۲/۲	۹۰۲/۹	۹۰۲/۴	۹۰۱/۶	۹۰۲/۴

باتوجه به مقادیر محاسبه شده می توان به این نتیجه رسید با خشک کردن بر گه پرتقال غلظت ویتامین ث در ۱۰۰ گرم میوه افزایش پیدا کرد، که نشان از کاهش رطوبت دارد. از طرف دیگر می توان نتیجه گرفت غلظت ویتامین ث بیشتری در خشک کن هوای داغ نسبت به خشک کن فریزدرایر وجود داشت، ولی تفاوت زیادی بین این دو روش وجود نداشت. دلیل کاهش غلظت نهایی ویتامین ث خشک کن فریز درایر را می توان در افزایش مدت انجام عمل خشک کردن را بیان کرد. همچنین از آنجاییکه ویتامین ث، یک ویتامین محلول در آب است با افزایش محتوای رطوبتی، سرعت انجام واکنش تخریب

آن بیشتر می‌گردد، ضمن آنکه افزایش محتوای رطوبتی، زمان انجام فرآیند خشک‌شدن را افزایش داده که سبب می‌شود محصول مدت بیشتری در معرض حرارت و اکسیژن قرار گیرد که همین مسئله نرخ تخریب ویتامین ث آن را افزایش می‌دهد [۸ و ۲۳].

شاخص‌های رنگ نهایی L^* ، a^* و b^*

نتایج نشان داد با خشک کردن برگه پرتقال در هر دو روش مقدار a^* و b^* افزایش پیدا کرد، که نشان داد به سمت قرمزی میل کرد. این تغییررنگ در نمونه‌های خشک‌شده می‌تواند به علت واکنش‌های قهوه‌ای شدن مایلارد در طول فرآیند خشک شدن و تشکیل رنگدانه‌های قهوه‌ای باشد [۶]. در خشک‌کن هوای داغ به علت افزایش دما، مقدار L^* کمتر (تیرگی بیشتر) شد و واکنش‌های قهوه‌ای شدن را افزایش یافت. ولی در خشک‌کن فریز درایر مقدار L^* بیشتر (روشنایی بیشتر) شد.



شکل ۵ - نمونه برگه: ۱- برگه پرتقال تازه، ۲- برگه خشک شده با هوای گرم و ۳- برگه خشک‌شده با فریز درایر

جدول ۲ - شاخص‌های رنگ نهایی محاسبه شده

پرتقال تازه	خشک‌کن هوای داغ	خشک‌کن فریز درایر		
۸۰/۹۲	۵۸/۷۰	۷۷/۹۹	L^*	نمونه ۱
-۳/۹۷	۱۱/۷۲	-۴/۲۳	a^*	
۴۲/۶۱	۴۸/۱۴	۴۴/۸۴	b^*	
۸۰/۹۶	۶۴/۴۷	۷۹/۶۶	L^*	نمونه ۲
-۲/۴۲	۵/۶۱	-۰/۷۲	a^*	
۴۸/۱۹	۴۲/۱۵	۶۰/۵۷	b^*	
۷۶/۹۷	۶۵/۹۷	۸۰/۳۵	L^*	نمونه ۳
۰/۷۷	۴/۴۵	-۵/۰۶	a^*	
۵۲/۴۹	۳۲/۴۹	۴۳/۸۴	b^*	
۷۹/۸۲	۵۷/۵۳	۷۵/۸۰	L^*	نمونه ۴
-۳/۸۴	۱۳/۱۹	-۱/۳۹	a^*	
۴۰/۱۶	۴۹/۵۹	۵۵/۶۱	b^*	
۷۹/۵۷	۵۵/۴۵	۸۸/۷۷	L^*	نمونه ۵
-۲/۸۴	۱۲/۸۷	-۳/۰۵	a^*	
۳۳/۶۴	۴۷/۲۳	۲۹/۶۰	b^*	

۸۷/۵۲	۵۲/۷۹	۷۸/۷۶	L*	نمونه ۶
-۳/۵۷	۱۳/۲۸	-۴/۱۲	a*	
۴۷/۲۳	۴۷/۸۲	۴۶/۳۲	b*	
۸۷/۷۲	۵۵/۱۶	۷۷/۳۰	L*	نمونه ۷
-۴/۰۱	۱۱/۶۰	-۲/۷۵	a*	
۴۳/۰۰	۵۰/۳۱	۵۱/۸۱	b*	
۸۳/۸۳	۵۳/۲۰	۷۹/۷۴	L*	نمونه ۸
-۱/۷۳	۱۴/۹۶	-۴/۴۳	a*	
۶۴/۴۴	۴۵/۲۳	۴۳/۰۸	b*	
۷۵/۵۵	۶۰/۴۹	۷۹/۲۸	L*	نمونه ۹
-۰/۸۱	۸/۱۳	-۴/۹۲	a*	
۵۴/۸۹	۴۴/۳۵	۴۳/۴۷	b*	
۸۵/۴۳	۵۷/۲۱	۸۱/۴۲	L*	نمونه ۱۰
-۲/۵۷	۱۲/۰۱	-۳/۱۹	a*	
۶۲/۸۵	۴۷/۸۱	۴۰/۷۵	b*	
۸۲/۲۶	۵۸/۰۹	۷۹/۴۸	L*	میانگین
-۲/۷۱	۱۰/۷۸	-۳/۱۷	a*	
۵۰/۶۸	۴۵/۵۱	۴۴/۲۵	b*	

نتیجه گیری:

اثر نوع خشک کن بر متغیرهای خواص برگه خشک شده پرتقال معنی دار بود. نتایج تغییرات رایحه، ویتامین ث و تغییر شاخص‌های رنگی نشان می‌دهد که خشک کردن با هوای گرم داده‌های حسگرهای بوایی را تخریب کرده و به علت افزایش حرارت باعث کاهش کیفیت رنگ می‌شود ولی از طرف دیگر مقدار تخریب ویتامین ث نسبتاً کمتری در مقایسه با روش فریز درایر داشت. تطابق داده‌های حسگرهای بوایی در برگه پرتقال تازه و خشک کن فریز درایر نشان از حفظ رایحه برگه پرتقال در این خشک کن بود. همچنین تغییرات رنگ در روش فریز درایر قابل قبول بود، زیرا واکنش قهوه‌ای شدن بسیار کمتری را تجربه کرد. به صورت کلی می‌توان نتیجه گرفت که خشک کردن با هوای گرم تخریب ویتامین ث کمتری داشت، ولی خشک کردن با فریز درایر رایحه و رنگ بهتری را شامل شد.

مراجع:

- ادیب زاده، ع. ذکی دیزجی، ح. و عقیلی ناطق، ن. ۱۳۹۹. امکان سنجی تشخیص واریته‌های مختلف نیشکر با تکنیک بینی الکترونیک در شربت نیشکر. مجله مهندسی بیوسیستم ایران، ۵۱(۱): ۱-۱۰.
- <https://doi.org/10.22059/IJBSE.2019.287027.665209>

۲. احمدی قویدلان، م. امیری چایجان، ر. ۱۳۹۶. بهینه سازی خشک کردن مغز فندق در خشک کن مادون قرمز با پیش تیمار مایکروویو به کمک روش سطح پاسخ. علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۴(۶۴): ۱۶۵-۱۷۸. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=268613>
۳. ثنایی فر، ع. محتسبی، س. قاسمی ورنامخواستی، م. و احمدی، ح. ۱۳۹۴. طراحی، ساخت و ارزیابی عملکرد ماشین بویایی (بینی الکترونیکی) بر پایه حسگرهای نیمه هادی اکسید فلزی (MOS) به منظور پایش رسیدگی موز. نشریه ماشین های کشاورزی، ۵ (۱): ۱۱۱-۱۲۱. <https://doi.org/10.22067/jam.v5i1.27159>
4. Aghili Nategh, N., Dalvand, M. J., Anvar, A. 2020. Detection of toxic and non-toxic sweet cherries at different degrees of maturity using an electronic nose. *Journal of Food Measurement and Characterization*. Springer. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00724-6>.
 5. Aghilinategh, N., Rafiee, S., Hosseinpour, S., Omid, M., Mohtasebi, S.S. 2016. Real-time color change monitoring of apple slices using image processing during intermittent microwave convective drying. *Food Science and Technology International*. 22(7): 634-646. <https://doi.org/10.1177/1082013216636263>.
 6. Arslan, D., and Özcan, M. 2011. Drying of tomato slices: changes in drying kinetics, mineral contents, antioxidant activity and color parameters Secado de rodajas de tomate: cambios en cinéticos del secado, contenido en minerales, actividad antioxidante y parámetros de color. *CyTA-Journal of Food*. 9(3): 229-236. <https://doi.org/10.1080/19476337.2010.522734>.
 7. Chen, X.D. 2008. Food drying fundamentals. In: Chen, X.D., Mujumdar, A.S. (Eds.), *Drying Technologies in Food Processing*. Blackwell Publishing, pp. 1-3.
 8. Ekow, A. E., Haile, M. A., John, O. W. U. S. U., and Narku, E. F. 2013. Microwave-vacuum drying effect on drying kinetics, lycopene and ascorbic acid content of tomato slices. *Journal of Stored Product and Postharvest*. 4(1): 11-22. <https://doi.org/10.5897/JSPPR12.030>.
 9. Fellows, P.J. 2009. *Food processing technology: principles and practice*. Elsevier.
 10. Figiel, A. 2010. Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum microwave methods. *Journal of Food Engineering*. 98(4): 461-470. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.029>.
 11. Franco, P., J.L.n.d.M.P.M. 2006. Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. *Food Research International*. 39(10): 1092-1098. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.03.009>.
 12. Ghasemi, A., and Chayjan, R. A. 2019. Numerical simulation of vitamin C degradation during dehydration process of fresh tomatoes. *Journal of Food Process Engineering*. 42(6): 13189. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13189>.
 13. Ghasemi-Varnamkhasti, M., and Aghbashlo, M. 2014. Electronic nose and electronic mucosa as innovative instruments for real-time monitoring of food dryers. *Trends in Food Science and Technology*. 38(2): 158-166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.05.004>.
 14. Guclu, G., Keser, D., Kelebek, H., Keskin, M., Sekerli, Y.E., Soysal, Y., Selli, S., 2020. Impact of production and drying methods on the volatile and phenolic

- characteristics of fresh and powdered sweet red peppers. *Food Chem.* 338: 128129, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128129>.
15. Heidarbeigi, K., Mohtasebi, S.S., Foroughirad, A., Ghasemi-Varnamkhasti, M., Rafiee, S., Rezaei, K. 2015. Detection of adulteration in saffron samples using electronic nose. *Int. J. Food Prop.* 18(7): 1391-1401. <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.915850>.
 16. Hui, G., Jin, J., Deng, S., Ye, X., Zhao, M., Wang, M., & Ye, D. 2015. Winter jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) quality forecasting method based on electronic nose. *Food Chemistry.* 170(1): 484- 491. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.009>
 17. Jin, X., Oliviero, T., van der Sman, R.G.M., Verkerk, R., Dekker, M. 2014. Impact of different drying trajectories on degradation of nutritional compounds in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *LWT - Food Science and Technology.* 59(1): 189-195. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.031>.
 18. Kiani, S., Minaei, S., Ghasemi-Varnamkhasti, M. 2018. Real-time aroma monitoring of mint (*Mentha spicata* L.) leaves during the drying process using electronic nose system. *Measurement.* 124: 447-452, <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2018.03.033>.
 19. Kiani, S., Minaei, S. & Ghasemi-Varnamkhasti, M. 2016. portable electronic nose as an expert system for aroma-based classification of saffron. *Chemo metrics and Intelligent Laboratory Systems.* 156(15): 148-156. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2016.05.013>.
 20. Kulapichitr, F., Borompichaichartkul, C., Suppavorasatit, I., Cadwallader, K.R., 2019. Impact of drying process on chemical composition and key aroma components of Arabica coffee. *Food Chem.* 291(1): 49-58, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.152>.
 21. Lemus-Mondaca, R., Ah-Hen, K., ega-Gálvez, A., Honores, C. and Moraga, N.O. 2016. Stevia rebaudiana leaves: effect of drying process temperature on bioactive components, antioxidant capacity and natural sweeteners. *Plant foods for human nutrition.* 71(1): 49-56. <https://doi.org/10.1007/s11130-015-0524-3>.
 22. Pei, F., Yang, W., Ma, N., Fang, Y., Zhao, L., An, X., Xin, Z., Hu, Q. 2016. Effect of the two drying approaches on the volatile profiles of button mushroom (*Agaricus bisporus*) by headspace GC-MS and electronic nose. *LWT Food Sci. Technol.* 72: 343-350. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.004>.
 23. Purkayastha, M. D., Nath, A., Deka, B. C., and Mahanta, C. L. 2013. Thin layer drying of tomato slices. *Journal of food science and technology.* 50(4): 642-653. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0397-x>.
 24. Sanchez-Reinoso, Z., Osorio, C., Herrera, A., 2017. Effect of microencapsulation by spray drying on cocoa aroma compounds and physicochemical characterization of microencapsulates. *Powder Technol.* 318: 110-119, <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2017.05.040>.
 25. Spínola, V., Llorent-Martínez, E.J., and Castilho, P.C., 2014, Determination of vitamin C in foods: Current state of method validation. *Journal of Chromatography A.* 1369(21): 2-17. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.09.087>.

26. Wei, Z., Wang, J., & Zhang, W. 2015. Detecting internal quality of peanuts during storage using electronic nose responses combined with physicochemical methods. *Food Chemistry*. 177(15): 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.100>.
27. Wiktor, A., Nowacka, M., Dadan, M., Rybak, K., Lojkowski, W., Chudoba, T., Witrowa- Rajchert, D. 2016. The effect of pulsed electric field on drying kinetics, color, and microstructure of carrot. *Dry. Technol.* 34(11): 1286–1296. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1105813>.
28. Yousuf, B., Gul, K., Wani, A.A. and Singh, P. 2016. Health benefits of anthocyanins and their encapsulation for potential use in food systems: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 56(13): 2223-2230. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.805316>.
29. Zhang, W., Pan, L., Zhao, X., & Tu, K. 2016. A study on soluble solids content assessment using electronic nose: persimmon fruit picked on different dates. *International Journal of Food Properties*. 19(1): 53-62. <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.940535>

Assessment and comparison of changes in aroma, color and vitamin C of dried orange slices in freeze and hot air dryers

Maziar Roshan Moghaddam¹, Reza Amiri Chayjan^{1*}, Nahid Aghili Nategh²

1. Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2. Department of Agricultural Machinery Engineering, Sonqor Agriculture Faculty, Razi University, Kermanshah, Iran.

Abstract

In this study, the effects of freeze and hot air dryings on aroma, vitamin C and color change of orange slices were studied. The freeze dryer was dried at -50°C and the hot air at 60°C . The results showed that the freeze dryer maintained the color quality and aroma similar to fresh oranges (fresh oranges $L^*=48.79$, $a^*=-3.17$ and $b^*=44.25$ and freeze dryer $L^*=82.26$, $a^*=-2.71$ and $b^*=50.68$) but in case of hot air, the color quality decreases ($L^*=58.09$, $a^*=10.78$ and $b^*=45.51$) and towards the browning is gone. The highest response of olfactory sensors in fresh orange, freeze dryer and hot air dryer were MQ9 and MQ7, MQ3, respectively, and the lowest response of olfactory sensors in all three MQ6. The biggest difference in the sensors' response is the change in the product's aroma during drying. The value of vitamin C in the freeze dryer increased by 13.08% compared to fresh oranges (fresh oranges 798 mg/100g and freeze dryer 902.4 mg/100g) but the concentration of vitamin C in hot air dryers (956.6 mg/100g) was about 19.78% more.

Key words: Freeze dryer, hot air, odor machine, vitamin C, color index

*Corresponding author

E-mail: amirireza@basu.ac.ir