



## بررسی تغییرات ظاهری برگ خشک گیاه چوجاق (*Eryngium cearuleum* L.) در دوره‌های مختلف نگهداری

سودابه نورزاد<sup>۱\*</sup>، حسنعلی نقدی‌بادی<sup>۲،۳</sup>، سپیده کلاته‌جاری<sup>۴</sup>، علی مهرآفرین<sup>۵</sup>، سکینه سعیدی‌سار<sup>۶</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول: s.nourzad13@gmail.com)

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۳- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۴- استادیار، گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۵- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران

۶- استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران

چکیده	شناسه مقاله	
به منظور بررسی تغییرات ظاهری برگ گیاه چوجاق طی روش‌های مختلف خشک کردن و زمان نگهداری، تحقیق حاضر در بهار ۱۳۹۹ در قالب طرح کاملاً تصادفی بصورت فاکتوریل در سه تکرار انجام شد. برگ سبز چوجاق از باغات شهرستان نور در مرحله رویشی جمع‌آوری شد. تیمارهای این مطالعه روش‌های خشک کردن در چهار سطح (سایه اتاق با دمای $25 \pm 3$ درجه سانتی‌گراد و تهویه مناسب، آون در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد، آون خلأ در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد و مایکروویو با توان ۵۰۰ وات) و زمان‌های نگهداری در سه سطح (روزهای اول، ۷۵ ام و ۱۵۰ ام) بودند. میزان رنگیزه‌های گیاهی، شاخص‌های رنگ‌سنجی Lab، زاویه هیو، شاخص قرمزی، قهوه‌ای شدن و روشنایی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد، اثر متقابل روش‌های مختلف خشک کردن و مدت زمان نگهداری بر صفات مورد مطالعه تاثیر معنی‌داری داشته‌اند. کمترین میزان رنگیزه‌های سبز گیاهی مربوط به نمونه‌های سایه‌خشک بودند که ۱۵۰ روز مورد نگهداری قرار گرفتند. خصوصیات کیفی نمونه‌های گیاهی که به ترتیب در آون خلا و آون معمولی در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند بیش از سایر تیمارها در تمامی زمان‌های نگهداری حفظ شد. آزمون رنگ‌سنجی نشان داد گیاهان خشک شده در روش آون خلا ۵۵ درجه سانتی‌گراد بر خلاف گیاهان سایه‌خشک به خوبی رنگ سبز خود را حفظ کردند، البته افزایش مدت زمان نگهداری تا ۱۵۰ روز موجب کاهش کیفیت ظاهری نمونه‌های گیاهی به‌علت تجزیه رنگیزه‌های فتوسنتزی شد. در مجموع این مطالعه نشان داد که بیشترین سبزی‌نگی و کیفیت ظاهری مربوط به گیاهان خشک شده در آون خلا ۵۵ درجه سانتی‌گراد بود و در صورت ضرورت انبارداری، نهایتاً کمتر از ۷۵ روز نگهداری بهتر از انبارداری طولانی مدت خواهد بود.	تاریخ دریافت مقاله: بهمن ۱۴۰۱	
		تاریخ پذیرش مقاله: اسفند ۱۴۰۱
		نوع مقاله: علمی-پژوهشی
		موضوع: فیتوشیمی
	واژگان کلیدی: انبارداری، آون، تغییر رنگ، شاخص روشنایی، کلروفیل.	

## ۱. مقدمه

گیاهان خودرو با مصارف خوراکی و دارویی یکی از منابع بسیار ارزشمند در گستره وسیع منابع طبیعی ایران هستند (Zargari, 2013). تعدادی از گیاهان عرصه‌های منابع طبیعی با وجود اهمیتی که می‌توانند در تأمین سلامت و زندگی بشر داشته باشند کمتر مورد توجه واقع شده‌اند. اغلب گونه‌های جنس چوچاق (زولنگ) (*Eryngium L.*) با سنتز پلی‌فنل‌های ثانوی به‌عنوان ضد التهاب، مقوی و آنتی‌اکسیدان گزارش می‌شوند (Sepanlou et al., 2019) و این در حالی است که مردم شمال ایران از چوچاق به عنوان سبزی محرک، مقوی، اشتهاآور، مدر، خلط‌آور، ضدالتهاب و ضدعفونی کننده، درمان کننده کم‌خونی، عفونت‌های گوارشی و سنگ کلیه یاد کرده و از ارزش فوق‌العاده‌ای برخوردار است (Sardarbandeh et al., 2021).

سبزی‌های دارویی امروزه بخش مهمی از صنعت غذایی و دارویی را به خود اختصاص داده‌اند که به دلیل ارزش همزمان غذایی و دارویی و نیاز بدن به ترکیب‌های آن‌ها به سرعت در حال گسترش هستند (Ivanišová et al., 2021). عمر انباری این محصولات به شدت در اثر میزان تنفس و تعرق بالای آن‌ها و همچنین فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی می‌تواند کاهش یابد (EI-) (Beltagi et al., 2023).

گیاه چوچاق (زولنگ - بوقناق) (*Eryngium caeruleum M.B. (E. caucasicum Trautv.)*) گیاهی علفی و چندساله است که به وفور در نواحی مرطوب و جنگلی شمال ایران یافت می‌شود و از دیرباز مورد توجه بومیان این منطقه بوده است. برگ‌های جوان چوچاق (قابلیت مصرف تا قبل از مرحله گلدهی و فاز زایشی) عمدتاً از مناطق مرطوب جمع‌آوری می‌شوند و در بازارهای محلی به فروش می‌رسند. برگ‌های چوچاق به عنوان سبزی خوراکی و عامل طعم‌دهنده به مقدار زیادی در تهیه غذاهای محلی کاربرد دارد (Khoshbakht et al., 2007).

کمیت و کیفیت مواد موثره وابسته به ژنوتیپ، شرایط رویشگاهی، منشأ جغرافیایی، زمان برداشت، اندام مصرفی، شرایط انبارداری، نحوه فرآوری، روش استخراج و بعضاً نوع حلال است که در عملکرد دارویی گیاه اثربخش است (Rossi et al., 2018). خشک کردن یک روش مرسوم برای نگهداری مواد غذایی و سبزیجات و گیاهان دارویی می‌باشد. از مهمترین مزایای خشک کردن مواد گیاهی علاوه بر جلوگیری از ضایعات شیمیایی در آن، کاهش هزینه نگهداری و حمل و نقل می‌باشد (Alonge and Onwude, 2013). تغییرات زیادی در پارامترهای مربوط به کیفیت محصول در طی عمل خشک کردن و ذخیره‌سازی محصول اتفاق می‌افتد. مقدار این تغییرات بستگی به نوع عملیات خشک کردن و دقت آماده‌سازی مواد قبل از خشک کردن دارد. به طور کلی تغییرات کیفیت را می‌توان به چهار گروه فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و مواد مغذی تقسیم کرد:

الف. تغییرات فیزیکی مربوط به کیفیت: این تغییرات شامل تغییرات ساختمانی محصول، سفت شدن پوسته، از هم پاشیدگی، تشکیل حفره‌ها، ترک، آبگیری، شکل‌گیری و چسبناکی است که می‌توانند روی کیفیت محصول نهایی موثر باشند.

ب. تغییرات شیمیایی کیفیت محصول: این تغییرات شامل قهوه‌ای شدن، اکسیداسیون چربی‌ها، از دست رفتن رنگ و تغییرات در طعم ماده غذایی در طی خشک کردن و ذخیره‌سازی می‌باشد.

پ. تغییرات میکروبی کیفیت محصول: محصولات خشک شده از نظر خطر میکروبی، محصولات مطمئنی هستند. چون بخاطر فعالیت آبی کم، فعالیت میکروارگانیسم‌ها بسیار محدود می‌شود. باکتری‌های بیماری‌زا در فعالیت آبی زیر ۰/۸۵-۰/۸۶ نمی‌توانند رشد کنند و کپک‌ها و مخمرها در فعالیت آبی کمتر از ۰/۸ غیرفعال می‌شوند. معمولاً زیر فعالیت آبی ۰/۶۲ رشدی اتفاق نمی‌افتد.

ت. کیفیت مواد مغذی: میوه‌ها و سبزی‌ها و مواد خشک شده آن‌ها از منابع خوب انرژی، مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند. اما در طی خشک کردن تغییراتی در کیفیت مواد مغذی دیده می‌شود (Sablani et al., 2006). ویژگی‌های حسی مواد خشک شده در تعیین کیفیت محصول خشک شده نیز مهم هستند که شامل رنگ، عطر، طعم، بافت و مزه می‌باشند. عطر و طعم می‌توانند به علت از دست رفتن مواد مغذی ناپایدار (Volatile Organic Compounds) تغییر کنند که معمول‌ترین حالت کاهش کیفیت از این جنبه می‌باشد. از خشک کردن در دمای پایین برای محصولات با ارزش اقتصادی بالا، از قبیل گیاهان دارویی، ادویه‌جات و گیاهان طعم‌دار استفاده می‌شود (Bhatta et al., 2020). مشخص شده است که خشک‌کن‌های با دمای پایین، باعث کمترین صدمه به سبزیجات برگی می‌شوند و مواد غذایی بیشتری را نسبت به سایر خشک‌کن‌ها حفظ می‌کنند. خشک کردن بدون وجود اکسیژن، ترکیبات حساس به اکسیداسیون را حفظ می‌کند (Sing and Pandey, 2012). با توجه به اینکه مطالعات کمی در زمینه شناسایی و بهره‌برداری گیاه چوچاق انجام شده است، هدف از این پژوهش بررسی تغییرات ظاهری و ارزیابی خصوصیات کیفی برگ خشک گیاه چوچاق (*Eryngium cearuleum* L.) در دوره‌های مختلف نگهداری می‌باشد.

## ۲. مواد و روش‌ها

### - مواد گیاهی

به منظور ارزیابی کیفیت ظاهری گیاه دارویی چوچاق این تحقیق در بهار ۱۳۹۹ انجام شد. نمونه‌های گیاهی مورد استفاده در تحقیق حاضر پیکره رویشی گیاه چوچاق (قبل از ورود به مرحله زایشی) بود که از قسمت ریشه چندساله گیاه مجدداً رویش نمود، از یکی از باغات شهرستان نور (مازندران) (طول جغرافیایی ۲۸' ۵۲° و عرض جغرافیایی ۴۶' ۳۶°)، جمع‌آوری شدند.

### - تیمارهای آزمایشی

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل با ۲ فاکتور در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول روش‌های مختلف خشک کردن (سایه اتاق با دمای حدود  $25 \pm 3$  درجه سانتی‌گراد و تهویه مناسب، آون ۵۵ درجه سانتی‌گراد، آون خلا ۵۵ درجه سانتی‌گراد و مایکروویو ۵۰۰ وات) و فاکتور دوم زمان‌های مختلف نگهداری (روز اول، روز ۷۵ و روز ۱۵۰) بود.

### - اندازه‌گیری میزان رنگی‌های گیاهی

برای مقایسه میزان رنگی‌های گیاهی؛ مقدار نیم گرم از ماده گیاهی در هاون چینی ریخته، سپس با استفاده از نیتروژن مایع خرد و به خوبی له شد. ۲۰ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد به نمونه اضافه، سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ به بالن شیشه‌ای منتقل شد. مقداری از نمونه داخل بالن، در کووت اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda ریخته و سپس به طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b توسط اسپکتروفتومتر مقدار جذب قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a و b بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به دست آمد (Hu et al., 2013).

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{645}) V/100W \quad (1)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663}) V/100W \quad (2)$$

V: حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)

A: جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر

W: وزن تر نمونه بر حسب گرم

### - بررسی کیفیت ظاهری نمونه‌ها پس از خشک شدن

نتایج به صورت شاخص‌های رنگ هانتر (\*L: روشنایی، \*a: نماد سبزی تا قرمزی و \*b: نماد آبی تا زردی) بیان گردید. تغییر رنگ کلی (Total Colour Difference) ( $\Delta E$ ) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد و برای برآورد تغییر رنگ طی خشک کردن مورد استفاده قرار گرفت (Nadian et al., 2015).

$$\Delta E = \sqrt{(l^* - l_i^*)^2 + (a^* - a_i^*)^2 + (b^* - b_i^*)^2} \quad (3)$$

افزون بر این، شدت یا اشباع رنگی (کروما - شاخص درخشندگی) و زاویه هیو با استفاده از معادلات زیر تعیین شد (Hammond, 2007).

$$Chroma = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad (4)$$

$$Hue\ angle = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (5)$$

شاخص I نماد روشنایی رنگ بوده و از صفر برای رنگ سیاه تا ۱۰۰ برای رنگ سفید متغیر می‌باشد. حوزه تغییرات نماد a از مقادیر - برای رنگ سبز تا + برای رنگ قرمز و نماد b از مقادیر - برای رنگ آبی تا + برای رنگ زرد تعیین شده است. زاویه هیو (برحسب درجه) برای قرمز - صورتی ۰°، زرد ۹۰°، خاکستری-سبز ۱۸۰° و برای رنگ آبی ۲۷۰° تعریف شده است (Ebrahimi et al., 2014).

بر مبنای سه مؤلفه \*a\*b، پارامتر شاخص روشنایی<sup>۱</sup> (WI) به شرح زیر محاسبه شد.

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (6)$$

این شاخص نشان‌دهنده تمایل نمونه‌ها به رنگ روشن (سفید) می‌باشد و هر چه مقدار آن به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد، بیانگر روشنی بیشتر نمونه‌ها است.

در این آزمایش، شاخص قهوه‌ای شدن نیز با استفاده از رابطه ۷ محاسبه شد. مقدار X در رابطه ۷ با استفاده از رابطه ۸ تعیین گردید (Ergunes and Tarhan, 2006). برای محاسبه شاخص قرمزی نیز از رابطه ۹ استفاده شد (Pathare et al., 2013).

$$BI = \frac{[100(x-0.31)]}{0.17} \quad (7)$$

$$x = \frac{(a^* + 1.75l^*)}{(5.645l^* + a^* - 3.012b^*)} \quad (8)$$

$$RI = a^*/b^* \quad (9)$$

در پایان داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD حفاظت شده در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

### ۳. نتایج و بحث

#### - رنگیزه‌های فتوسنتزی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر ساده تیمار روش‌های مختلف خشک کردن و زمان نگهداری بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a, b و کل) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج همچنین نشان داد اثر متقابل تیمارها بر کلروفیل a و b در سطح احتمال پنج درصد و بر میزان کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه دارویی چوچاق

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
روش خشک کردن	۳	۰/۳۱**	۰/۲۲**	۱/۰۳**
زمان نگهداری	۲	۳/۰۷**	۰/۵۵**	۶/۰۸**
روش خشک کردن × زمان نگهداری	۶	۰/۰۶*	۰/۰۲*	۰/۱۳**
خطا	۲۴	۰/۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۳
ضریب تغییرات (درصد)	-	۵/۳۰	۵/۷۴	۴/۴۵

\*\* و \* به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمارها نشان داد که با افزایش زمان نگهداری میزان رنگیزه‌های گیاهی نشان داد، میزان کلروفیل a و کل در گیاهان خشک شده به روش آون خلا ۵۵ درجه سانتی‌گراد از نظر عددی بیش از سایر تیمارها بود. مقدار عددی کلروفیل b در روش آون ۵۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود. کمترین میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط ۱۵۰ روز نگهداری در گیاهان سایه خشک ارزیابی شد. (جدول ۲).

با اعمال روش‌های مختلف خشک کردن میزان رنگیزه‌های گیاهی شامل کلروفیل a, b و کل کاهش نشان داد. با تجزیه کلروفیل رنگ گیاه تیره و گاهی به سمت زرد شدن میل نمود که از اثرات بارز فرایندهای پس از برداشت از جمله خشک کردن گیاهان سبز می‌باشد. گیاهانی که در سایه خشک شدند بعلاوه زمان طولانی در فرایند خشک شدن، تجزیه کلروفیل در آنها بیشتر رخ داد، اگرچه در خشک کردن با مایکروبو ۵۰۰ وات به علت شدت حرارت و دمای بالا نیز تجزیه کلروفیل تشدید شد.

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های خشک کردن × زمان نگهداری بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی

تیمارها	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
روز اول	b	ef	b
روز ۷۵	e	fg	ef
	۲/۶۳	۰/۹۴	۳/۵۷
	۲/۱۳	۰/۸۶	۲/۹۹

(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)

۲/۷۹	f	۰/۷۲	h	۲/۰۷	e	۱۵۰	روز
۴/۷۷	a	۱/۴۷	a	۳/۳۰	a	روز اول	
۳/۵۶	b	۱/۱۹	c	۲/۳۷	c	روز ۷۵	آون ۵۵ درجه سانتی‌گراد
۳/۲۲	cde	۰/۹۵	ef	۲/۲۷	cde	روز ۱۵۰	
۴/۷۸	a	۱/۳۸	ab	۳/۴۰	a	روز اول	
۳/۴۲	bc	۱/۰۸	d	۲/۳۴	cd	روز ۷۵	آون خلا ۵۵ درجه سانتی‌گراد
۳/۲۲	cde	۰/۹۳	ef	۲/۲۸	cde	روز ۱۵۰	
۴/۵۷	a	۱/۳۵	b	۳/۲۲	a	روز اول	
۳/۳۴	bcd	۰/۹۸	de	۲/۳۶	cd	روز ۷۵	مایکروویو ۵۰۰ وات
۳/۱۱	de	۰/۸۲	gh	۲/۲۹	cde	روز ۱۵۰	

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

در تیمارهای حرارتی به دلیل نقش حرارت در تخریب و تجزیه کارتنوئیدها، مقدار این ترکیب به شدت کاهش می‌یابد، مطابق با تحقیق اخیر در گیاه گشنیز عملکرد مثبت مایکروویو در خصوص افزایش کارتنوئید نسبت به تیمار آون مشاهده شد (Divya et al., 2012). تیمار خشک کردن به روش طبیعی (سایه) سبب بالاترین ترکیبات کارتنوئید کل در گیاه چوچاق شد. در فلغل برتری روش خشک کردن در دمای اتاق نسبت به دماهای بالا در حصول رنگیزه‌های کارتنوئید گزارش شد (Sablani, 2006). اگر چه روش‌های خشک کردن اثرات قابل توجهی بر محتویات کارتنوئید دارد، اما نوع تغییر به ماهیت ماده گیاهی بستگی دارد (de Ancos et al., 2018).

در طول خشک شدن، تغییرات رنگ به دلیل تخریب رنگیزه‌های گیاهی و واکنش‌های غیر آنزیمی رخ می‌دهد (Onwude et al., 2016). رنگیزه‌های گیاهی در طول خشک شدن به دلیل عواملی مانند زمان پردازش طولانی، دمای فرآوری بالا و تغییرات فصلی دچار تخریب می‌شوند (Akanbi and Oludemi 2004; Nor, 2013). تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی نه تنها بر رنگ جذاب گیاهان بلکه بر ارزش غذایی و طعم آن‌ها نیز تأثیر می‌گذارد (Nor, 2013) مقادیر بدست آمده در این تحقیق برای محتوای کلروفیل a و b مشابه نتایج بدست آمده از مطالعات سایر محققان بود (Goncalves et al., 2009; Hasandokht and Jafari, 2015). مطالعات قبلی ارتباط بین مقدار کلروفیل و مقدار پارامترهای رنگ شامل  $a^*$ ،  $b^*$ ،  $l^*$  هیو و کروما را در محصولات انبار شده بیان می‌کنند (Koca et al., 2006; Hasandokht and Jafari, 2015). افزایش هیو نشان‌دهنده افزایش مقدار رنگ قرمز و نارنجی می‌باشد که می‌تواند در اثر تخریب و از بین رفتن نسبی کلروفیل‌ها و پدیدار شدن کارتنوئیدها باشد (Demirhan and Özbek, 2009). افزایش مقدار هیو نشان داد که گیاه چوچاق روشن‌تر شده و رنگ سبز خود را هر چند به مقدار کم از دست داده‌اند و این امر تخریب کلروفیل‌ها را در طول انبارکردن تأیید می‌کند.

### - شاخص‌های رنگ‌سنجی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر ساده تیمار روش‌های مختلف خشک کردن و زمان نگهداری بر میزان شاخص‌های رنگ‌سنجی ( $a^*$ ،  $b^*$  و  $l^*$ ) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج همچنین نشان داد اثر متقابل تیمارها بر میزان  $a^*$  و  $b^*$  در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر میزان شاخص‌های رنگ‌سنجی  $a^*$ ،  $b^*$ ،  $l^*$  چوچاق

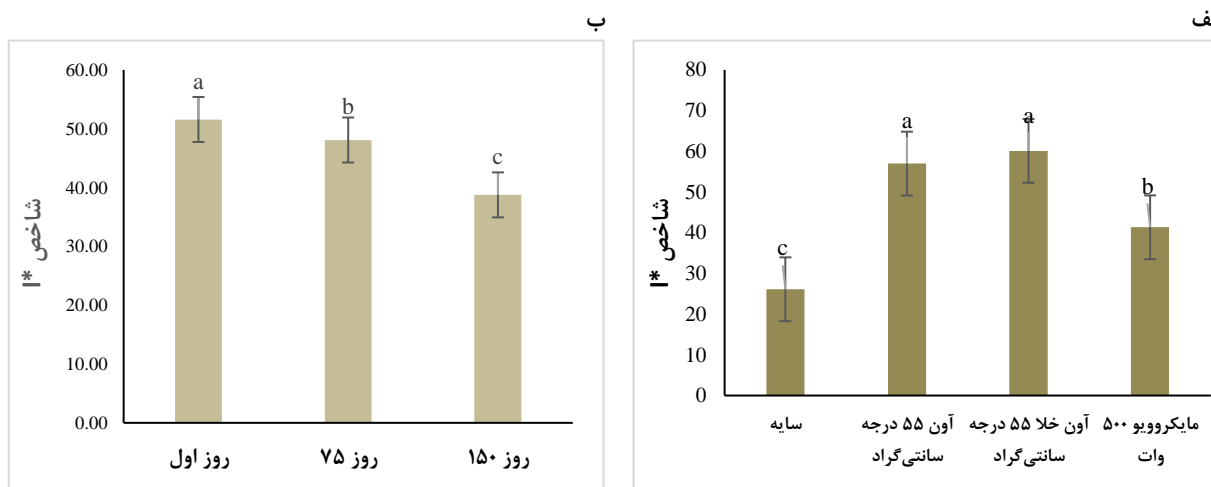
منابع تغییر	درجه آزادی	$l^*$	$a^*$	$b^*$
-------------	------------	-------	-------	-------

۱۶۹۹/۱۸**	۸۴۹/۸۴**	۲۲۱/۷۳**	۳	روش خشک کردن
۱۰۶۴/۷۰**	۱۲۰۴۸/۲۷**	۵۲۷/۰۲**	۲	زمان نگهداری
۵۴/۴۱**	۴۱۴/۷۹**	۲۵/۴۷ns	۶	روش خشک کردن × زمان نگهداری
۴/۲۵	۹/۶۲	۱۳/۳۲	۲۴	خطا
۸/۹۹	۱۶/۰۳	۷/۹۱	-	ضریب تغییرات (درصد)

\*\* و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و نبود تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر ساده روش‌های مختلف خشک کردن حاکی از این بود که میزان شاخص I\* در گیاهان خشک شده در روش آن‌خلا و پس از آن‌آون معمولی بیش از سایر تیمارها بود که بیانگر روشنایی بیشتر نمونه‌های گیاهی می‌باشد (شکل ۱، الف).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد اثر زمان نگهداری بر شاخص رنگ سنجی به این گونه بود که در روز اول میزان عددی I\* بیش از سایر تیمارها بود با گذر زمان شاخص I\* کاهش یافت که رنگ نمونه به سمت سیاه شدن میل نمود (شکل ۱، ب).



شکل ۱. نتایج مقایسه میانگین‌های شاخص I\* تحت اثر مستقل روش خشک کردن (الف) و زمان نگهداری (ب)

نتایج اثر متقابل تیمارها بیانگر تغییر شاخص‌های رنگ‌سنجی بود به طوری که گیاهان سایه خشک با دوره نگهداری ۱۵۰ روز دارای شاخص a\* بیشتر و به نوعی رنگ قرمز بودند. اگرچه حفظ سبزی (شاخص a\* کمتر) مربوط به نمونه‌های خشک شده در آن‌خلا ۵۵ درجه سانتی‌گراد در روز اول بود (جدول ۸).

شاخص b\* (آبی-زرد) در گیاهان سایه خشک پس از ۱۵۰ روز کاهش بسیار زیاد داشت که بیانگر آبی شدن نمونه بود در حالی که در گیاهان خشک شده با آن‌خلا ۵۵ درجه سانتی‌گراد در روز اول این شاخص بیانگر رنگ زرد نمونه‌های گیاهی بود (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های خشک کردن × زمان نگهداری بر میزان

شاخص‌های رنگ سنجی I\*a\*I\*b\* گیاه دارویی چوچاق

b*	a*	تیمارها
۹/۶۷ h	۱۷/۳۳ f	روز اول سایه

۵/۳۳	i	۳۷/۳۳	cd	روز ۷۵	
-۳/۰۰	j	۴۵/۶۷	a	روز ۱۵۰	
۴۰/۰۰	b	-۳۰/۶۷	h	روز اول	آون ۵۵ درجه سانتی‌گراد
۳۷/۹۳	bc	۲۹/۹۳	e	روز ۷۵	
۱۷/۹۳	fg	۴۲/۹۳	ab	روز ۱۵۰	
۴۷/۱۱	a	-۳۲/۰۰	h	روز اول	آون خلا ۵۵ درجه سانتی‌گراد
۳۵/۱۱	c	۲۸/۱۱	e	روز ۷۵	
۲۰/۱۱	ef	۳۹/۷۸	bc	روز ۱۵۰	
۲۷/۳۳	d	-۲۱/۶۷	g	روز اول	مایکروویو ۵۰۰ وات
۲۲/۳۳	e	۳۳/۳۳	de	روز ۷۵	
۱۵/۳۳	g	۴۲/۰۰	ab c	روز ۱۵۰	

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

فرآیند خشک کردن بر خصوصیات سطحی مواد گیاهی اثر می‌گذارد و در نتیجه قابلیت انعکاس نور و رنگ مواد گیاهی را تغییر داده، دمای بالا و اکسیداسیون طی خشک کردن باعث تغییرات شیمیایی در رنگدانه‌های کلروفیل و کارتنوئید می‌شود (Fernandes and Rodrigues, 2008. Borchani et al., 2011).

با توجه به نتایج حاصل از رنگ سنجی نمونه‌های گیاهی خشک شده، تیمار روش‌های مختلف خشک کردن موجب تغییر رنگ گیاه گردید. بر اساس استاندارد بین‌المللی موجود که از شاخص lab برای رنگ‌سنجی استفاده می‌شود و I بیانگر میزان روشنایی و دامنه‌ای از صفر تا ۱۰۰ دارد که به عبارتی شاخص سیاه و سفید بودن نمونه است. با توجه به نتایج بیشترین میزان عددی از نظر شاخص روشنایی (I\*) مربوط به گیاه خشک شده در آون خلا ۵۵ درجه سانتی‌گراد، آون ۵۵ درجه سانتی‌گراد و مایکروویو ۵۰۰ وات بود که از نظر رنگ شناسی در واقع بیانگر روشنایی نمونه گیاهی است، کمترین میزان شاخص روشنایی (I\*) مربوط به گیاهان خشک شده با سایه بود که گویای تیرگی بیشتر و به نوعی تغییر رنگ بیشتر نمونه‌های گیاهی است، با توجه به نتیجه حاصله با افزایش سرعت خشک شدن، میزان I\* در نمونه گیاهی افزایش یافت.

شاخص a\* که همان تغییر رنگ از طیف سبز تا قرمز است در نمونه‌های گیاهی سایه‌خشک مقدار عددی بیشتری را داشت که بیانگر تغییر رنگ به سمت قرمز است، با افزایش دما، میزان a\* افزایش و با افزایش مدت زمان خشک کردن میزان a\* کاهش یافته است. به طوری که گیاهان خشک شده در آون خلا ۵۵ درجه سانتی‌گراد و آون ۵۵ درجه سانتی‌گراد سبزیگی خود را بیشتر حفظ نمودند.

افزایش دما و نیز مدت زمان خشک شدن موجب کاهش شاخص b\* شده است، بیشترین میزان از این شاخص مربوط به دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد آون خلا و آون و مایکروویو ۵۰۰ وات بود که بیانگر تغییر رنگ نمونه گیاهی به سمت رنگ آبی و به نوعی عدم تجزیه کلروفیل و کاهش زردی نمونه گیاهی است.

دمای خشک کردن تأثیر بسزایی بر رنگ گیاهان دارویی و معطر دارد (Zielinska and Michalska, 2016). خصوصیات رنگ گیاه نعنا فلفلی تازه و خشک شده تحت تأثیر دمای هوای خشک کردن قرار دارد. به طور مثال آزمون‌های آماری نشان می‌دهند که خصوصیات رنگ برگ‌های نعنا فلفلی تازه به نحو بارزی با نعنا فلفلی خشک شده در دماهای مختلف تفاوت دارد. دماهای بالا باعث زوال ناگهانی رنگ و سوختگی محصول می‌شود. در تحقیقی اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر روی رنگ برگ‌های سنبل‌الطیب بررسی شد، در روش مایکروویو رنگ برگ‌ها به میزان بیشتری نسبت به روش خشک کردن خورشیدی حفظ شد



(Mirmostafae et al., 2014). محققان نشان دادند که خشک کردن در آون با درجه حرارت بالا منجر به کاهش قابل توجهی در کیفیت رنگ برگ آویشن شد در حالیکه خشک کردن با ریزموج کوتاه‌ترین زمان، کیفیت بالای رنگ و افزایش عمده ترکیبات را در برداشت (Rahimmalek and Goli, 2013). محققان اثر روش‌های مختلف خشک (انجمادی، سایه و آون) را بر روی رنگ فلفل قرمز مورد بررسی قرار دادند، آن‌ها در این تحقیق دریافتند که خشک کردن انجمادی بهترین روش حفظ رنگ است به خاطر این که رنگیزه‌ها توسط حرارت و اکسیداسیون تخریب نمی‌شوند (Topuz et al., 2009). خشک کردن سریع گیاهان دارویی در راستای حفظ رنگ و جلوگیری از کاهش مواد موثره آن‌ها از موارد مهمی است که در فرآیند پس از برداشت به آن توجه می‌شود (Martinov et al., 2007)، چنین نتایجی در برگ گیاه چای نیز مشاهده شد (Roshanak et al., 2016).

افزایش دما منجر به افزایش نرخ واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی شده (Mounir et al., 2020) و متعاقب آن زردی در گیاه چوچاق افزایش پیدا کرده است. دلیل ثابت ماندن زردی در روش‌های آون، احتمالاً کاهش چروکیدگی در دمای بالا و در نتیجه بازتاب مناسب نور و همچنین تخریب رنگدانه‌ها می‌تواند باشد.

$I^*$  میزان بازتاب نور یا ظرفیت انتقال نور در نمونه‌ها را نشان می‌دهد. تغییر رنگ به دست آمده در نمونه‌ها احتمالاً به دلیل تخریب رنگدانه‌ها و واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیرآنزیمی می‌باشد (Mounir et al., 2020). کاهش مقدار  $I^*$  به واکنش‌های قهوه‌ای غیرآنزیمی و تشکیل رنگدانه‌های قهوه‌ای به دلیل واکنش میلارد (Maillard Reaction) و واکنش میان قندها و اسیدهای آمینه در گیاهان مربوط می‌شود (Baini and Langrish, 2009).

در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به علت بالا بودن دما و شدت واکنش‌های میلارد، انتظار می‌رفت روشنایی ( $I^*$ ) کمتر از تیمارهای دیگر باشد ولی در تمام شرایط آزمایش مقدار آن افزایش یافت. نتیجه اخیر احتمالاً به علت تخریب و تجزیه رنگدانه‌ها باشد (Maskan, 2001).

قرمزی نمونه‌های گیاهی در تمام روش‌های خشک کردن در گیاه چوچاق، افزایش یافت. مقادیر اولیه این پارامتر ( $a^*$ ) در لحظه اول (ابتدای نگهداری) کوچکتر از اعداد حاصل از دوره‌های نگهداری ۷۵ و ۱۵۰ روز به دست آمد که نشان‌دهنده سبزی نمونه‌های گیاهی بود. بعد از خشک شدن دوره نگهداری مقادیر این پارامتر بزرگتر از اعداد اولیه به دست آمد که نشان می‌داد نمونه‌های گیاهی بعد از نگهداری به سمت ناحیه قرمزی حرکت کرده‌اند.

زردی نمونه‌های گیاهی ( $b^*$ ) چوچاق بعد از نگهداری در تمام شرایط آزمایش افزایش پیدا کرد. زردی در طی زمان خشک کردن با توجه به آهنگ کاهش رطوبت محصول، افزایش می‌یابد که می‌تواند مربوط باشد به چروکیدگی حجمی، که سبب افزایش در غلظت کارتنوئید گیاه خشک شده و در نتیجه رنگ محصول را به سمت منطقه زردی سوق می‌دهد (Zielinska and Michalska, 2016).

شاخص  $b^*$  نشان دهنده میزان زردی نمونه بوده و تحت تاثیر غلظت رنگدانه‌های کاروتنوئیدی می‌باشد. هرچه مقدار کاروتنوئید افزایش و میزان کلروفیل کاهش پیدا کند، مقدار  $b^*$  بیشتر خواهد شد (Ayaseh et al., 2014).

## - خصوصیات رنگی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر روش‌های مختلف خشک کردن و زمان نگهداری و نیز اثرات متقابل تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر خصوصیات رنگی گیاه دارویی چوچاق تفاوت معنی‌دار ایجاد کرد (جدول ۵).

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات رنگی گیاه دارویی چوچاق

Hue	SI	$\Delta E$	درجه آزادی	منابع تغییر
۰/۰۶**	۴۳۲/۸۹**	۱۶۱۵/۳۷**	۳	روش خشک کردن
۴/۰۷**	۶۸/۸۹**	۱۷۹۵/۰۷**	۲	زمان نگهداری
۳/۹۰**	۲۲۷/۴۹**	۴۹/۹۲**	۶	روش خشک کردن × زمان نگهداری
۰/۰۱	۷/۵۱	۱۲/۵۳	۲۴	خطا
۱۹/۴۲	۶/۳۸	۷/۳۴	-	ضریب تغییرات (درصد)

\*\* بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمارها تغییر رنگ کلی در گیاهان سایه خشک پس از ۱۵۰ روز بیش از سایر تیمارها محاسبه گردید. بیشترین شاخص کروما در گیاهان خشک شده در آون خلا ۵۵ درجه سانتی‌گراد پس از ۱۵۰ روز مشاهده شد. بیشترین زاویه هیو مربوط به تیمار آون خلا ۵۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۵۰ روز نگهداری بود (جدول ۶).

جدول ۶. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های خشک کردن × زمان نگهداری بر خصوصیات رنگی گیاه دارویی چوچاق

Hue	SI	$\Delta E$	تیمارها
-۱/۵۱ f	۲۰/۰۹ g	۵۳/۵۷ de	روز اول
۱/۰۴ c	۳۷/۷۶ ef	۶۸/۳۴ b	روز ۷۵
۱/۱۰ bc	۴۵/۷۹ c	۷۹/۸۳ a	روز ۱۵۰
-۰/۶۵ e	۴۶/۵۴ bc	۲۹/۸۹ f	روز اول
۰/۶۷ d	۴۸/۳۲ bc	۳۳/۹۶ f	روز ۷۵
۱/۱۷ b	۵۰/۴۶ b	۵۵/۷۱ cd	روز ۱۵۰
-۰/۶۰ e	۴۴/۵۸ cd	۳۲/۲۴ f	روز اول
۰/۶۷ d	۴۴/۹۸ c	۳۱/۴۵ f	روز ۷۵
۱/۴۳ a	۵۷/۰۰ a	۵۰/۰۴ de	روز ۱۵۰
-۰/۶۷ e	۳۵/۰۰ f	۳۴/۵۴ f	روز اول
۰/۹۸ c	۴۰/۲۵ de	۴۸/۴۸ e	روز ۷۵
۱/۲۲ b	۴۴/۷۵ cd	۶۰/۷۴ c	روز ۱۵۰

در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

نتایج تجزیه واریانس حاکی از این است که اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر شاخص روشنایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در حالی که زمان نگهداری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص قهوه‌ای شدن و در سطح احتمال پنج درصد بر شاخص قرمزی گیاه چوچاق تفاوت معنی‌دار ایجاد نمود، اثر متقابل تیمارها بر هر سه شاخص مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷).

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر شاخص‌های رنگی گیاه دارویی چوچاق

Redish	BI	WI	درجه آزادی	منابع تغییر
۵۷/۸۶ <sup>ns</sup>	۵۵/۷۰ <sup>ns</sup>	۶۲۶/۱۲**	۳	روش خشک کردن
۱۳۱/۴۵*	۱۳۱۷۲/۰۵**	۳۴۸/۱۹**	۲	زمان نگهداری
۲۲۳/۴۲**	۸۹۰/۷۴**	۵۹/۵۳**	۶	روش خشک کردن × زمان نگهداری

خطا	۲۴	۱۱/۸۷	۱۳۲/۶۸	۲۶/۱۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۱/۶۷	۱۲/۱۶	-۱۳۸۰/۰۲

\*\*\*، \* و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و نبود تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

با توجه به نتایج اثر متقابل تیمارها، بیشترین شاخص روشنایی در تیمار آن خلا ۵۵ درجه سانتی‌گراد در ابتدای نگهداری و بیشترین شاخص قهوه‌ای شدن در تیمار سایه و نیز آن ۵۵ درجه سانتی‌گراد پس از ۱۵۰ روز نگهداری و بیشترین شاخص قرمزی در تیمار سایه پس از ۱۵۰ روز نگهداری مشاهده شد (جدول ۸).

جدول ۸. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های خشک کردن × زمان نگهداری بر شاخص‌های رنگی گیاه دارویی چوچاق

Redish	BI	WI	تیمارها
-۲/۴۲ c	۷۷/۳۳ de	۲۷/۴۴ ef	روز اول
۲/۷۹ ab	۱۰۷/۶۷ bc	۱۶/۹۱ g	روز ۷۵
۸/۰۶ a	۱۲۸/۵۲ a	۹/۵۴ h	روز ۱۵۰
-۰/۷۶ b	۴۴/۹۲ f	۳۸/۱۳ ab	روز اول
۰/۷۹ ab	۱۱۱/۸۴ abc	۳۷/۶۶ ab	روز ۷۵
۲/۴۰ ab	۱۲۷/۷۷ a	۲۸/۵۱ de	روز ۱۵۰
-۰/۶۸ b	۶۴/۴۵ e	۴۱/۹۶ a	روز اول
۰/۸۰ ab	۱۰۳/۸۲ c	۳۳/۷۸ bcd	روز ۷۵
۱/۹۸ ab	۱۰۹/۸۸ abc	۳۳/۴۶ bcd	روز ۱۵۰
-۰/۸۰ b	۴۰/۴۱ f	۳۵/۰۷ bc	روز اول
۱/۵۱ ab	۹۴/۶۶ cd	۲۹/۶۳ cde	روز ۷۵
۱/۸۸ ab	۱۲۵/۷۵ ab	۲۲/۱۶ fg	روز ۱۵۰

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

تغییر رنگ کلی ( $\Delta E$ ) ترکیب پارامترهای رنگ است و شامل روشنایی، زردی و قرمزی است که منعکس‌کننده تغییرات رنگ در خشک شدن مواد گیاهی می‌باشد. تغییرات رنگ ناشی از انتقال همزمان گرما و جرم است که در سطح محصول اتفاق می‌افتد و بستگی به مدت زمان و دمای خشک شدن دارد (Nadian et al., 2015).

همان‌طور که قبلاً گفته شد دمای بالا و زمان طولانی خشک کردن مطلوب واکنش‌های قهوه‌ای شدن می‌باشند که سبب کاهش روشنایی و افزایش تغییر رنگ می‌شوند (Vega-Galvez et al., 2012). در تحقیق حاضر چنین نتایجی در گیاهان سایه‌خشک با افزایش دوره نگهداری مشاهده گردید.

از آنجایی که واکنش میلارد به دما و شدت رفتار حرارتی بستگی دارد، خشک کردن در دمای بالا نسبت به دمای پایین‌تر و نیز خشک کردن طولانی مدت منجر به تغییر رنگ بیشتر می‌شود. البته طولانی شدن خشک شدن نیز (دماهای پایین) فرصت کافی برای انجام واکنش‌های میلارد و تشکیل رنگدانه‌های قهوه‌ای بیشتر را فراهم می‌کند (Nadian et al., 2015). همچنین کاهش مقدار I\* می‌تواند به کدوری ایجاد شده در محصول به دلیل از دست دادن رطوبت و افزایش چروکیدگی محصول مربوط شود (Contreras et al., 2008). سرعت زیاد خشک شدن باعث شده زمان کمتری برای انجام واکنش‌های میلارد صرف شود و تاثیر زمان خشک شدن بیشتر از تاثیر شدت خشک شدن بوده است. به عبارت دیگر خشک کردن با سرعت کم (دمای محیط) نسبت به خشک کردن

سریع، محصول را مدت زمان بیشتری در حالت مرطوب نگه داشته که به نوبه خود زمان بیشتری را برای انجام واکنش‌های میلارد و تشکیل رنگدانه‌های قهوه‌ای را فراهم خواهد نمود.

شاخص قهوه‌ای شدن میزان درجه خلوص رنگ قهوه‌ای را در نمونه نشان می‌دهد. میزان قهوه‌ای شدن نمونه‌های گیاهی چوچاق در مدت نگهداری، افزایش یافت. بنابراین با افزایش زمان خشک شدن و طولانی شدن مدت نگهداری، افزایش قهوه‌ای شدن را خواهیم داشت (Talebzadeh et al., 2022) که به علت واکنش‌های میلارد، افزایش غلظت کاروتنوئیدها در اثر تغییر اندازه محصول و همچنین قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیرآنزیمی می‌باشد (Contreras et al., 2008). کاهش قهوه‌ای شدن در دمای بالا (۵۵ درجه سانتی‌گراد) نسبت به دمای پایین (دمای محیط و شرایط سایه) در گیاه چوچاق، شاید به علت تخریب و یا تجزیه رنگدانه‌ها باشد (Ergunes and Tarhan, 2006). همچنین با توجه به رابطه ۷ و ۸ می‌توان دریافت که میزان اثر شاخص  $b^*$  در BI بیش از  $a^*$  و  $a^*$  بیش از  $I^*$  است. بنابراین افزایش  $b^*$  گیاهان سایه خشک و نگهداری طولانی مدت گیاه می‌تواند افزایش  $I^*$  را در کاهش BI خنثی کند (افزایش  $I^*$  و کاهش  $a$  و  $b$  باعث کاهش BI می‌شود).

قرمزی با افزایش زمان خشک شدن افزایش پیدا می‌کند. علت افزایش قرمزی با افزایش زمان خشک شدن (سایه) در گیاه چوچاق نیز احتمالاً همان دلیل بیان شده در قسمت روشنایی است یعنی طولانی شدن زمان خشک شدن در دمای پایین (دمای محیط) تاثیر بیشتری نسبت به دمای خشک شدن داشته و این زمان طولانی خشک شدن، فرصت کافی برای واکنش میلارد و متعاقب آن باعث تشکیل بیشتر رنگدانه‌های قهوه‌ای شده است (Aral et al., 2016).

آب و اکسیژن دو مولفه اصلی در واکنش میلارد می‌باشند که در آن ترکیبات قهوه‌ای رنگ تولید می‌شود (Baini and Langrish, 2009). از آنجایی که افزایش دما و سرعت خشک شدن، زمان خشک شدن نمونه‌ها را کاهش می‌دهد واکنش قهوه‌ای آنزیمی و غیرآنزیمی کمتری رخ داده و شدت روشنایی زیاد می‌شود (Kaur et al., 2010).

#### ۴. نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر بر تاثیر فاکتورهای روش‌های خشک کردن و مدت زمان نگهداری نمونه‌های گیاهی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و نیز کیفیت ظاهری گیاه چوچاق دلالت داشت.

کاهش زمان خشک شدن و افزایش دما موجب افزایش سرعت و شدت خشک شدن چوچاق شد. استفاده از دمای هوای خشک کننده ۵۵ درجه سانتی‌گراد (آون خلا و آون)، مطلوب‌ترین مقادیر صفات فیزیولوژیکی و کمترین شاخص قهوه‌ای شدن را به دنبال داشت؛ افزایش مدت نگهداری، کاهش شاخص روشنایی و افزایش شاخص قهوه‌ای و قرمز شدن را سبب شد. نتایج فیزیوشیمیایی بهتر، مربوط به خشک کردن در آون خلا ۵۵ درجه سانتی‌گراد بود. به طور کلی مقایسه ویژگی‌های فیزیوشیمیایی چوچاق نشان داد که در بین شرایط مختلف مورد مطالعه برای نگهداری آن، خشک کردن در آون با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد و عدم نگهداری طولانی مدت شرایط مطلوب‌تری بوده است.

در مجموع به نظر می‌رسد در گیاه چوچاق، فرایند خشک کردن به مدت طولانی و نگهداری موجب کاهش رنگیزه‌های کلروفیلی و در نتیجه افزایش مقدار  $b^*$  می‌شود؛ بنابراین، استفاده از روش‌هایی با سرعت بالا و نیز نگهداری به مدت محدود می‌تواند موجب بهبود خواص ظاهری مرتبط با رنگ و کیفیت ظاهری آن گردد.

## ۵. منابع

- Akanbi, C.T. and Oludemi, F.O. 2004. Effect of Processing and Packaging on the Lycopene Content of Tomato Products. *International Journal of Food Properties*, 7(1): 139-152. **DOI:** <https://doi.org/10.1081/JFP-120024173>.
- Alonge, A.F. and Onwude, D.I. 2013. Estimation of Solar Radiation for Crop Drying in Uyo, Nigeria Using a Mathematical Model. *Advanced Materials Researc*, 824: 420-428. **DOI:** <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.824.420>
- Aral, S. and Beş, A.V., 2016. Convective Drying of Hawthorn Fruit (*Crataegus* spp.): Effect of Experimental Parameters on Drying Kinetics, Color, Shrinkage, and Rehydration Capacity. *Food Chemistry*, 210, 577–584. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.128>
- Ayaseh, A., Alizadeh, M., Esmaili, M., Mehrdad, A. and Javadzadeh, Y. 2014. Effect of thermosonication on peroxides enzyme activity and color parameters of carrot juice. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 3(3): 267-282. (In Persian). **DOI:** <https://doi.org/10.22101/JRIFST.2014.10.23.336>
- Baini, R. and Langrish, T.A.G. 2009. Assessment of color development in dried bananas measurements and implications for modelling. *Journal of Food Engineering*, 93(2): 177-182. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.01.012>
- Bhatta, S., Stevanovic Janezic, T. and Ratti, C. 2020. Freeze-Drying of Plant-Based Foods. *Foods*, 9(1): 87. **DOI:** <https://doi.org/10.3390/foods9010087>
- Borchani, C., Besbes, S., Masmoud, M., Blecker, C., Paquot, M. and Attia, H. 2011. Effect of drying methods on physico-chemical and antioxidant properties of date fiber concentrates. *Food chemistry*, 125(4): 1194-1201. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.030>
- Contreras, C., Martín-Esparza, M.E., Chiralt, A. and Martínez-Navarrete, N. 2008. Influence of microwave application on convective drying: effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry. *Journal of Food Engineering*, 88(1): 55–64. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.01.014>
- De Ancos, B., Sanchez-Moreno, C., Zacarias, L., Rodrigo, M.J., Sayago Ayerdi, S., Blancas Benitez, F.J., Dominguez Avila, J.A. and Gonzalez-Aguilar, G.A. 2018. Effects of Two Different Drying Methods (Freeze-Drying and Hot Air-Drying) on the Phenolic and Carotenoid Profile of 'Ataulfo' Mango By-Products. *Food Measure*, 12: 2145–2157. **DOI:** <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9830-4>
- Demirhan E. and Özbek B. 2009. Color Change Kinetics of Microwave-Dried Basil. *Drying Technology*, 27(1): 156-166. **DOI:** <https://doi.org/10.1080/07373930802566101>
- Divya, P., Puthusseri, B. and Neelwarne, B. 2012. Carotenoid content, its stability during drying and the antioxidant activity of commercial coriander (*Coriandrum sativum* L.) varieties. *Food Research International*, 45: 342-350. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.09.021>
- Ebrahimi, R., Jalili Marandi, R., Doolati Baneh, H., Esmaeili, M. and Haji Taghiloo, R., 2014. Effect of pre harvest sprays of ethephon on fruit quality attributes of seedless grape (*Vitis vinifera* L.). *Plant Production Journal*, 37(1), 11-25. [In Persian with English Summary]. **DOI:** <https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V0I0.14679>
- El-Beltagi, A., Hossam, S., Hazam Al-Otaibi, H. and Marwa R.A. 2023. A New Approach for Extending Shelf-Life of Pomegranate Arils with Combined Application of Salicylic Acid and Methyl Jasmonate. *Horticulture*, 9(2): 225. **DOI:** <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020225>
- Ergunes, G. and Tarhan, S. 2006. Color retention of red peppers by chemical pretreatments during greenhouse and open sun drying. *Journal of Food Engineering*, 76: 446–452. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.05.046>
- Fernandes, F.A.N. and Rodrigues, S., 2008. Application of Ultrasound and Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration in Drying of Fruits. *Drying Technology*, 26(12): 1509-1516. **DOI:** <https://doi.org/10.1080/0737393080241226>
- Goncalves, E.M., Cruz, R.M.S., Abreu, M., Brandao, T.R.S. and Silva, C.L.M. 2009. Biochemical and colour changes of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) during freezing and frozen storage. *Journal of Food Engineering*, 93: 32-39. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.027>
- Hammond, D.A. 2007. Analysis of Soft Drinks and Fruit Juices. In P. R. Ashursts (Ed.), Chemistry and Technology of Soft Drinks and Fruit Juices (2nd ed., pp. 236-278). *Oxford, Willey*, **DOI:** <https://doi.org/10.1002/9781118634943.ch10>
- Hasandokht, M.R. and Jafari, S. 2015. Effect of time, temperature and storage condition on the some of phyto-chemical and physicochemical traits of watercress (*Nasturtium officinale* L.) medicinal plant. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(5): 776-787.

- Hu, X., Tanaka, A. and Tanaka, R. 2013. Simple extraction methods that prevent the artifactual conversion of chlorophyll to chlorophyllide during pigment isolation from leaf samples. *Plant Methods*, 9(1): 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4811-9-19>
- Ivanišová, E., Kačániová, M.A., Savitskaya, T. and Grinshpan, D. 2021. Medicinal Herbs: Important Source of Bioactive Compounds for Food Industry. *Herbs and Spices - New Processing Technologies*. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.98819>
- Kaur, K., Sharma, H.R. and Verma, R. 2010. Effect of Drying on the Physico-Chemical and Organoleptic Characteristics of Chayote (*Sechium edule* Sw.). *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 1: 29-33.
- Khoshbakht, K., Hammer, K. and Pistrick, K. 2007. *Eryngium caucasicum* Trautv. Cultivated as a vegetable in the Elburz Mountains (Northern Iran). *Genetic resources and crop evolution*, 54(2): 445-448. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-006-9121-5>
- Koca, N., Karadeniz, F. and Burdurlu, H.S. 2006. Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss in blanched green peas. *Food Chemistry*, 100(2): 609-615. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.079>
- Martinov, M., Oztekin, S. and Muller, J. 2007. Medicinal and Aromatic Crops. Harvesting, drying, and processing. *Haworth Food and Agricultural Press*, 390 Pp.
- Maskan, M. 2001. Kinetics of colour change of Kiwi fruits drying hot air and microwave drying. *Journal of food engineering*, 48: 169-175. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00154-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00154-0)
- Mirmostafae, S., Azizi, M., Bahreini, M., Arouiee, H. and Oroojalian, F. 2014. The effects of different drying methods on speed of drying, essential oil and microbial load in Peppermint (*Mentha × piperita* L.). *Journal of Plant Production*, 20(4): 133-147.
- Mounir, S., Tellez-Perez, C., Sunooj, K.V. and Allaf, K. 2020. Texture and Color Characteristics of Swell-Dried Ready-to-Eat Zaghoul Date Snacks: Effect of Operative Parameters of Instant Controlled Pressure Drop Process. *Journal of Texture Studies*, 51: 276-289. DOI: <https://doi.org/10.1111/jtxs.12468>
- Nadian, M.H., Rafiee, S., Aghbashlo, M., Hosseinpour, S. and Mohtasebi, S.S. 2015. Continuous real-time monitoring and neural network modeling of apple slices color changes during hot air drying. *Food and Bioprocess Processing*, 94: 263-274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2014.03.005>
- Nor, N.M. 2013. Development of expanded snack foods containing pumpkin flour and corn grits using extrusion. Massey University, Palmerston North, New Zealand. URL: <http://hdl.handle.net/10179/4720>
- Onwude, D.I., Hashim, N., Janius, R., Nawi, N. and Abdan, K. 2016. Evaluation of suitable thin layer model for drying of pumpkin under forced air convection. *International Food Research Journal*, 23(3): 1173-1181.
- Pathare, P., Opara, U. and Al Said, F. 2013. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*. 6: 36-60. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Rahimmalek, M. and Goli, S.A.H. 2013. Evaluation of six drying treatments with respect to essential oil yield, composition and color characteristics of *Thymys daenensis* subsp. daenensis. Celak leaves. *Industrial Crops and Products*, 42: 613-619. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.012>
- Roshanak, S., Rahimmalek, M. and Goli, S.A. 2016. Evaluation of seven different drying treatments in respect to total flavonoid, phenolic, vitamin C content, chlorophyll, antioxidant activity and color of green tea (*Camellia sinensis* or *C. assamica*) leaves. *Journal of Food Science and Technology*. 53(1): 721-9. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2030-x>
- Rossi, S., Cools, K. and Terry, L.A. 2018. The influence of crop maturity and ethylene on postharvest browning in celery. *Acta Horticulturae*, 1194: 13-18. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1194.3>
- Sablani, S.S., Datta, A.K., Rahman, M.S. and Mujumdar, A.S. 2006. Mathematical Modeling Techniques in Food and Bioprocesses. In: Taylor & Francis (Eds.), "Handbook of Food and Bioprocess Modeling Techniques", Boca raton, London, New York.
- Sardarbandeh, A., Delnavazi, M.R., Sharifzadeh, M., Sharifzadeh, M., Ghajarieh Sepanlou, M., Tamiji, Z. and Sadati Lamardi, S.N. 2021. Beneficial hypoglycemic, hypolipidemic effects of aerial branches and roots extract of *Eryngium caeruleum* M. Bieb on streptozotocin-induced diabetes model in rats. *Traditional and Integrative Medicine*, 6(2): 92-102. DOI: <https://doi.org/10.18502/tim.v6i2.6779>
- Sepanlou, M.G., Salami, F., Mirabzadeh Ardakani, M., Sadati Lamardi, S.N., Sadrai, S., Amin, G.R., Sadeghi, N. and Hajimahmoodi, M. 2019. The proximate, mineral and amino acid composition of spring, autumn leaves and roots of *Eryngium caeruleum* M. Bieb. *Res J Pharmacogn*, 6: 1-7. DOI: <https://doi.org/10.22127/RJP.2019.89444>
- Sing, N.J. and Pandey, R.K. 2012. Rehydration characteristics and structural changes of sweet potato cubes after dehydration. *American Journal of food Technology*, 6(8): 709-716. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajft.2011.709.716>

- Talebzadeh, S.L., Fatemi, H., Azizi, M., Kaveh, M., Salavati Nik, A., Szymanek, M. and Kulig, R. 2022. Interaction of Different Drying Methods and Storage on Appearance, Surface Structure, Energy, and Quality of *Berberis vulgaris* var. *asperma*. *Foods*. 11, 3003. **DOI:** <https://doi.org/10.3390/foods11193003>
- Topuz, A., Feng, H. and Kushad, M. 2009. The effect of drying method and storage on color characteristics of paprika. *LWT. Food Science and Technology*, 42: 1667-1673. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.05.014>.
- Vega-Galvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J. And Martinez-Monzo, J. 2012. Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. *Granny Smith*) slices. *Food Chemistry*, 132: 51-59. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.029>
- Zargari, A. 2013. Medicinal plants, first volume. Tehran: Tehran Publishing and Printing Institute.
- Zielinska, M. and Michalska, A. 2016. Microwave-Assisted Drying of Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Fruits: Drying Kinetics, Polyphenols, Anthocyanins, Antioxidant Capacity, Colour and Texture. *Food Chemistry*, 212: 671-680. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.003>