



تأثیر شرایط نگهداری بر رنگ و وزن خشک کرده زرشک بی دانه ایرانی بسته بندی شده در سه نوع فیلم بسته بندی

خدیدجه نوینی بیانلوچه^۱، محسن اسمعیلی^{۲*}، ایرج برنوسی

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه ارومیه.

۲- استاد و عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه ارومیه.

۳- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه ارومیه.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	هدف از این پژوهش بررسی تأثیر شرایط متفاوت محیطی «رطوبت نسبی»، «دما» و «نور» هر کدام در دو سطح (بالا و پایین) به مدت ۱۲۰ روز تیمار بر تغییرات درصد اختلاف وزن و شاخص های پارامترهای رنگ خشک کرده زرشک بود. تأثیر شرایط مذکور در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی بر پایه فاکتوریل مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از تنظیم درصد رطوبت زرشک خریداری شده، رنگ سنجی بر هر دو نوع نمونه انجام گرفت. سپس نمونه ها به تفکیک درصد رطوبت در کیسه های فیلم های پلی اتیلن با دانسیته پایین (LDPE)، پلی اتیلن با دانسیته بالا (HDPE) و پلی پروپیلن کست (CPP) در اوزان ۱۰۰ گرمی بسته بندی و کد گذاری شدند و بر اساس کد مربوطه در شرایط متفاوت محیطی قرار گرفتند. بر اساس نتایج حاصل در نمونه های بسته بندی شده در تمامی فیلم ها در شرایط «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین × تاریکی» و «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین × روشنائی» بعد از ۱۲۰ روز نگهداری زاویه هیو و نسبت a/b حفظ شد. کمترین اختلاف وزنی در نمونه های بسته بندی شده در فیلم پلی اتیلن با دانسیته بالا و پایین در شرایط مشابه مشاهده شد. همچنین در تمامی نمونه های بسته بندی شده در شرایط «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین» کمترین زاویه هیو، کمترین کروما و بیشترین نسبت a/b مشاهده گردید و کمترین اختلاف وزنی در نمونه بسته بندی شده در فیلم پلی پروپیلن کست در این شرایط مشاهده شد.
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۳	
کلمات کلیدی: رنگ، زرشک بی دانه، شرایط محیطی، فیلم بسته بندی.	
DOI: 10.22034/FSCT.21.146.1	
* مسئول مکاتبات: m.esmaili@urmia.ac.ir	

۱- مقدمه

انواع متفاوت زرشک سراسر دنیا به خاطر چندین فواید به عنوان مثال مصارف پزشکی، زینتی و غذایی معروف هستند. زرشک بی‌دانه ایرانی (*B. vulgaris* var. *Asperma* یا '*Berberis integerrima* 'Bidaneh) به دلیل میوه‌اش در ایران به خصوص در استان خراسان جنوبی کشت می‌شود [۱]. میوه‌های زرشک به علت محتوی بالای آنتوسیانین و فنولیک منبع خوبی از ترکیبات شیمیایی گیاهی فعال زیستی هستند [۲]. رنگ‌های طبیعی محلول در آب آنتوسیانین‌ها (از کلمات یونانی آنتوس به معنی گل و کیانوس به معنی آبی تیره) مهمترین رنگدانه‌های واکوئولی می‌باشند. این رنگدانه‌ها مسئول رنگ‌های نارنجی براق، صورتی، قرمز، بنفش و آبی در گل‌ها و میوه‌های بعضی گیاهان بوده و با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر از ویتامین C و E نقش حیاتی در جلوگیری از بیماری‌های عصبی و قلبی عروقی، سرطان و دیابت دارند [۳]. رنگ یک نقش خیلی مهم در پذیرش غذا دارد. مصرف‌کنندگان برای اولین بار در مورد کیفیت یک محصول غذایی به وسیله رنگ آن قضاوت می‌کنند و صنعت غذا قرن‌ها از رنگ‌ها برای ارتقاء یا بازگرداندن ظاهر اصلی غذاها یا جهت تضمین یکنواختی کیفیت غذا استفاده کرده است [۴]. از آنجا که رنگ، علاوه بر تغذیه، طعم و قوام، یکی از مهمترین پارامترهای کیفی خواص مواد غذایی است باید کیفیت و کمیت رنگ مواد غذایی کنترل شود [۵]. پایداری آنتوسیانین‌ها در میوه‌ها، سبزیجات و محصولاتشان در طول آماده‌سازی، فرآیند و نگهداری تحت تاثیر pH، دما، نور، اکسیژن، یون‌های فلزی، آنزیم‌ها و قندها قرار می‌گیرد [۶]. رنگ قرمز روشن زرشک تازه به تدریج و با از دست دادن آب به قرمز تیره تبدیل می‌شود و با تخریب و تغییر ترکیبات در رنگدانه‌های موجود در زرشک به خصوص آنتوسیانین‌ها در اثر شرایط نامناسب فرآوری و نگهداری، به رنگ قهوه‌ای تا قهوه‌ای تیره در می‌آید. تغییر و تبدیل رنگدانه‌ها و همچنین بسته‌بندی نامناسب

با کاهش کیفیت ظاهری زرشک از مهمترین عوامل موثر در رکود صادرات این محصول می‌باشد [۷]. استفاده از سیستم رنگ سنجی CIELAB در اندازه‌گیری و مشخصات خواص رنگی آنتوسیانین‌ها بسیار با ارزش است و همچنین ارزش رنگی با غلظت رنگدانه‌ها و خواص فیزیکوشیمیایی در ارتباط می‌باشد [۸]. در بررسی تأثیر دما، لاله و همکاران (۲۰۰۶)، تأثیر دما را بر محتوی آنتوسیانین در چهار گونه زرشک (*B. integerrima*, *B. vulgaris*, *B. khorasanica* & *orthobotrys*) در دماهای ۵، ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتیگراد مطالعه کردند و گزارش دادند که با افزایش دما محتوی آنتوسیانین کاهش می‌یابد [۹]. Sinela و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که دمای نگهداری تأثیر قوی بر تخریب آنتوسیانین‌ها دارد طوری که بعد از ۶۰ روز نگهداری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد تقریباً تمامی آنتوسیانین‌های عصاره آبی پاستوریزه شده گیاه هیبسکس سابدریفا^۱ از بین رفته بود [۱۰]. تغییرات محتوی آنتوسیانین و پارامترهای رنگی آب انار پاستوریزه و بسته‌بندی شده در تتراپک در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نسبتاً کمتر بود ولی در دمای ۲۰ و ۳۷ درجه سانتی‌گراد قابل توجه بود [۱۱]. Wang و همکاران (۲۰۱۵) به این نتیجه رسیدند رنگ آبمیوه توت فرنگی نگه داشته شده در دوره زمانی ۶۰ روزه در دمای یخچالی در مقایسه با آبمیوه نگه‌داشته شده در دمای اتاق (۳۰±۵) درجه سانتیگراد) پایدار باقی ماند و پارامترهای a^* و L^* حفظ شد در حالیکه در دمای اتاق رنگ آبمیوه‌ها بتدریج کم‌رنگ شد و پارامترهای a^* و L^* به ترتیب ۳۴/۸۸ و ۱۴/۲۸ درصد کاهش یافت [۱۲]. Ochoa و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که بیشترین پایداری رنگ و بهترین ظاهر بصری کنسانتره پالپ تمشک پاستوریزه شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بود و آنتوسیانین‌ها در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد بعد از ۵۰ روز نگهداری ناپدید شدند [۱۳].

1-Hibiscus sabdariffa

ایرانی بسته‌بندی شده در فیلم‌های بسته‌بندی طی ۱۲۰ روز دوره نگهداری بود.

۲- مواد و روش‌ها

مواد اولیه

خشک‌کرده زرشک بی‌دانه (پفکی) ایرانی از شهرستان بیرجند خریداری شد. برای بسته‌بندی نمونه‌ها، فیلم‌های پلی‌اتیلن با دانسیته پایین^۴، پلی‌اتیلن با دانسیته بالا^۵ و پلی‌پروپیلن کست^۶ از شرکت توان صنعت کرمانشاه خریداری گردید. ضخامت فیلم‌ها با کولیس میتوتویو^۷ (مدل CD-15CPX) ساخت ژاپن تعیین شد. ضمیمه‌ها با دانسیته پایین (۰/۰۹۳±۰/۰۰۱)، پلی‌اتیلن با دانسیته بالا (۰/۰۷۴±۰/۰۰۲) و پلی‌پروپیلن کست (۰/۰۹۷±۰/۰۰۲) میلی‌متر مشخص گردید. دوخت کیسه‌ها با دستگاه دوخت حرارتی (پاور پرس- ساخت ایران) انجام شد. جهت ایجاد شرایط محیطی تعریف شده، ظروف پلاستیکی با ابعاد (۳۹×۲۹×۲۷ cm) از جنس پلی‌پروپیلن (ساخت کشور ترکیه) به تعداد هشت عدد تهیه شد و ظروف شیشه‌ای بی‌رنگ جهت نگهداری نمونه کنترل استفاده گردید. نمک‌های کلرید سدیم بدون آب با درجه خلوص ۹۹/۵ درصد و کلرید کلسیم بدون آب با درجه خلوص بالای ۹۰ درصد مرک آلمان به ترتیب جهت تنظیم رطوبت نسبی بالا و پایین در ظروف نگهداری استفاده شد. تیمارها در دو سطح دمایی، دمای محیط ۲۵±۲ درجه سانتیگراد به عنوان دمای بالا و ۷±۱ درجه سانتیگراد به عنوان دمای پایین (در یخچال صنعتی ارگ یزد- ساخت ایران) انجام گرفت. جهت ایجاد تاریکی از فویل‌های آلومینیمی ضخیم و برای دربندی ظروف نگهداری از پارافیل آلمانی استفاده گردید.

تنظیم رطوبت، فعالیت آبی^۸ و رطوبت نسبی^۹

Bakhshayeshi و همکاران (۲۰۰۶) مشاهده کردند پیگمان‌های آنتوسیانین استخراجی از ۴ واریته میوه مالوس^۲ در pH=۲ و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در دوره نگهداری در حضور نور کاهش بیشتری یافته است [۱۴]. رطوبت نسبی محیط به دلیل هدایت مهاجرت رطوبت جهت رسیدن به رطوبت تعادلی در ماتریس مواد غذایی، یک عامل حیاتی جهت پایداری مواد غذایی است [۱۵]. Laverde و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تغییرات پارامترهای رنگ و محتوی آنتوسیانین در برش‌های توت فرنگی خشک کرده انجمادی نگه داشته شده در رطوبت نسبی ۱۱، ۳۳ و ۷۵ درصد به مدت ۱۲۰ ساعت در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به این نتیجه رسیدند که با افزایش رطوبت نسبی، زاویه هیو و تخریب آنتوسیانین افزایش و a^* کاهش داشت طوری که در رطوبت نسبی ۷۵ درصد، کمترین a^* و تخریب کل آنتوسیانین مشاهده شد [۱۶]. Laverde و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده کردند که در برش-های گلابی و خربزه خشک کرده سرعت قهوه‌ای شدن تابعی از رطوبت نسبی است. بیشترین سرعت در رطوبت نسبی که آب رفتار یک حلال را دارد اتفاق می‌افتد و در رطوبت نسبی پایین بسته به تک لایه‌ای بودن، سرعت قهوه‌ای شدن نسبتاً پایین است [۱۷]. در نگهداری پودر خشک حاصل از آب میوه بایبری^۳ در رطوبت نسبی ۱۱ تا ۴۴ درصد، بیشترین رطوبت نسبی به بالاترین افت آنتوسیانین منتهی شد. طوری که در $a_{90} = 0/44$ در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، ۹۴ درصد آنتوسیانین‌ها بعد از شش ماه نگهداری کاهش یافت [۱۸].

در بررسی منابع علمی اطلاعات کافی در تاثیر همزمان شرایط نگهداری (رطوبت نسبی، دما و نور) بر شاخص-های کیفی زرشک از جمله رنگ و تغییرات وزنی مشاهده نمی‌شود. هدف از این مطالعه ارزیابی تاثیر شرایط نگهداری بر رنگ و وزن خشک کرده زرشک بی‌دانه

4-Low density polyethylene (LDPE)
5-High density polyethylene (HDPE)
6-Polypropylene cast (CPP)
7-Mitutoyo
8-Water Activity (a_w)
9-Relative humidity (RH)

2-Malus
3-Bayberry

جهت توزین نمونه‌ها از ترازوی آزمایشگاهی AND (مدل HS-300S) با دقت ۰/۰۰۱ استفاده شد. سپس ۱۰۰ گرم زرشک در هر کیسه فیلم‌ها و ظرف شیشه‌ای ریخته شده و دهانه کیسه‌ها با دستگاه دوخت حرارتی دو دوخت گردید. بعد از ۱۲۰ روز دوره نگهداری اختلاف وزن نمونه‌ها به عنوان درصد اختلاف وزن اولیه محاسبه شد.

ارزیابی پارامترهای رنگ

تغییرات در رنگ نمونه‌ها با استفاده از پارامترهای CIELAB به وسیله یک رنگ‌سنج مینولتا (Minolta-CR-400) تعیین شد. ابتدا دستگاه با استفاده از صفحه سفید استاندارد کالیبره شد. با استفاده از پارامترهای L^* (روشنایی)، a^* (قرمزی) و b^* (زردی)، شاخص‌های C^* ، h و ΔE^* از طریق معادلات ۴، ۵ و ۶ محاسبه گردید [۲۱-۲۲]. همچنین نسبت a/b تعیین شد [۲۳].

$$h = \arctan \left(\frac{b}{a} \right) \quad (۳)$$

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (۴)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad (۵)$$

آنالیز آماری نتایج

نتایج حاصل از این پژوهش بر اساس طرح آماری به روش فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی در دو تکرار جهت ارزیابی درصد اختلاف وزن و در ۱۲ تکرار برای ارزیابی پارامترهای رنگ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۹۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

ارزیابی درصد اختلاف وزن

بر اساس نتایج در تأثیر «رطوبت نسبی × دما × نور» (جدول ۲) بر درصد اختلاف وزن نمونه‌های بسته‌بندی شده در هر دو فیلم پلی‌اتیلنی با دانسیته پایین و بالا،

رطوبت اولیه زرشک بین ۲۰-۱۶ درصد تنظیم شد [۱-۱۹]. رطوبت زرشک خریداری شده $19/19 \pm 0/15$ درصد (معادل با $a_w = 0/54 \pm 0/01$ در دمای 25 ± 2 درجه سانتیگراد) بود که جهت کاهش رطوبت، نمونه به مدت ۴۵ دقیقه در پلیت‌های شیشه‌ای بزرگ در آون (ممرت^۱ - ساخت آلمان) با دمای 45 ± 2 درجه سانتیگراد قرار داده شد تا مقدار رطوبت نمونه به $16/47 \pm 0/15$ درصد (معادل با $a_w = 0/40 \pm 0/01$ در دمای 25 ± 2 درجه سانتیگراد) برسد. با استفاده از فرمول‌های زیر مطابق جدول ۱، برای تامین رطوبت نسبی بالا از محلول اشباع نمک کلرید سدیم و رطوبت نسبی پایین از محلول اشباع نمک کلرید کلسیم استفاده شد [۲۰]. نمونه زرشک با رطوبت بالا در شرایط رطوبت نسبی بالا و نمونه زرشک با مقدار رطوبت پایین در شرایط رطوبت نسبی پایین قرار داده شد.

$$\ln a_w = 228.92/T - 1.04 \quad \text{NaCl}$$

(۱)

$$\ln a_w = 893.03/T - 4.149 \quad \text{CaCl}_2 \quad (۲)$$

در فرمول‌های ذکر شده a_w = فعالیت آبی، T = دما بر حسب دمای مطلق می‌باشد.

Table 1 Percentage of relative humidity created

Saturation solution	7±1°C	25±2°C
NaCl	80.01±0.23	76.16±0.39
CaCl ₂	38.23±0.44	31.54±0.63

اندازه‌گیری درصد رطوبت و فعالیت آبی

درصد رطوبت نمونه‌ها با دستگاه رطوبت‌سنج دیجیتالی مدل کرن^{۱۱} اندازه‌گیری شد. فعالیت آبی با دستگاه نواسینا ms1^{۱۲} تعیین گردید.

تعیین درصد اختلاف وزن و بسته‌بندی

10-Memmert
11-Kern
12-Novasina ms1

هر دو فیلم در شرایط «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین × تاریکی» و در شرایط مشابه در روشنایی مشاهده شد. در نمونه‌های بسته‌بندی شده در فیلم CPP و نمونه کنترل در شرایط مشابه تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد ($p > 0.05$).

تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($p < 0.05$). بیشترین اختلاف وزنی (منفی) در شرایط «رطوبت نسبی پایین × دمای بالا × روشنایی»، در نمونه‌های بسته‌بندی شده در فیلم HDPE، و در فیلم LDPE، در شرایط مشابه و همچنین در تاریکی مشاهده شد. کمترین اختلاف وزنی (مثبت) در

Table 2 Investigating the effect of “Relative humidity×temperature×light” on percentage weight difference of samples

Treatment	HDPE	LDPE	CPP	Control
L(RH)×L(T)×Dark	-0.186±0.004 ^f	-0.166±0.018 ^e	-0.112±0.019 ^{ns}	-2.214±0.036 ^{ns}
L(RH)×L(T)×Light	-0.229±0.004 ^e	-0.115±0.003 ^d	-0.125±0.009 ^{ns}	-2.484±0.099 ^{ns}
L(RH)×H(T)×Dark	-0.572±0.014 ^b	-0.541±0.000 ^a	-0.319±0.012 ^{ns}	-3.158±0.060 ^{ns}
L(RH)×H(T)×Light	-0.667±0.001 ^a	-0.573±0.016 ^a	-0.364±0.042 ^{ns}	-3.260±0.097 ^{ns}
H(RH)×L(T)×Dark	+0.083±0.017 ^g	+0.055±0.005 ^e	+0.003±0.00 ^{ns}	+6.508±0.445 ^{ns}
H(RH)×L(T)×Light	+0.077±0.009 ^g	+0.034±0.000 ^e	+0.013±0.00 ^{ns}	+6.663±0.456 ^{ns}
H(RH)×H(T)×Dark	+0.462±0.021 ^d	+0.380±0.021 ^b	+0.131±0.005 ^{ns}	+8.258±0.401 ^{ns}
H(RH)×H(T)×Light	+0.558±0.004 ^c	+0.390±0.002 ^b	+0.167±0.030 ^{ns}	+9.513±0.301 ^{ns}

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$). L: Low, H: High, T: Temperature, RH: Relative Humidity

در حالت کلی، در مقایسه میانگین اختلافات وزنی نمونه کنترل و نمونه‌های بسته‌بندی شده در فیلم‌ها، بیشترین درصد اختلافات وزنی در نمونه کنترل و کمترین درصد در فیلم CPP مشاهده شد. همچنین با توجه به تأثیر معنی‌دار اثرات متقابل در (جدول ۲ و ۳)، بیشترین تأثیر این اثرات متقابل در فیلم‌ها، به تأثیر عوامل اصلی «رطوبت نسبی پایین» و همچنین «دمای بالا» در بیشترین اختلافات وزنی و «رطوبت نسبی بالا» و همچنین «دمای پایین» در کمترین اختلافات وزنی نسبت داده شد و در نمونه کنترل بیشترین اختلاف وزنی در تأثیر «رطوبت نسبی بالا» و کمترین اختلاف وزنی در «رطوبت نسبی پایین» مشاهده شد. در تأثیر نور تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$).

در تأثیر توام «دما × نور» و «رطوبت نسبی × نور» (جدول ۳) بین نمونه کنترل و نمونه بسته‌بندی شده در فیلم CPP تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد ($p > 0.05$). در حالی که اثر «رطوبت نسبی × دما» روی هر دو نمونه تفاوت معنی‌دار داشت ($p < 0.05$). در نمونه بسته‌بندی شده در فیلم CPP در «رطوبت نسبی پایین × دمای بالا» بیشترین اختلاف وزن (منفی) و در «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین» کمترین اختلاف وزن (مثبت) مشاهده گردید در حالیکه در نمونه کنترل در «رطوبت نسبی بالا × دمای بالا» بیشترین اختلاف وزن (مثبت) و در «رطوبت نسبی پایین × دمای پایین» کمترین اختلاف وزن (منفی) مشاهده شد.

Table 3 Investigating the effects of “Relative humidity, temperature and light” and interaction effects “Relative humidity×temperature”, “temperature× light” and “Relative humidity× light” on percentage weight difference of samples

Treatment	HDPE	LDPE	CPP	Control
L(RH)	-0.413±0.079 ^a	-0.349±0.079 ^a	-0.230±0.044 ^a	-2.779±0.170 ^b
H(RH)	+0.295±0.082 ^b	+0.215±0.065 ^b	+0.079±0.028 ^b	+7.735±0.491 ^a
L(T)	0.144±0.025 ^b	0.092±0.020 ^b	0.063±0.021 ^b	4.467±0.811 ^{ns}
H(T)	0.564±0.028 ^a	0.417±0.033 ^a	0.245±0.038 ^a	6.047±1.090 ^{ns}
Dark	0.326±0.075 ^{ns}	0.285±0.071 ^{ns}	0.141±0.043 ^{ns}	5.034±0.934 ^{ns}

Light	0.382±0.090 ^{ns}	0.278±0.081 ^{ns}	0.167±0.049 ^{ns}	5.480±1.067 ^{ns}
L(RH)×L(T)	-0.207±0.012 ^c	-0.140±0.016 ^c	-0.118±0.009 ^c	-2.349±0.089 ^d
L(RH)×H(T)	-0.619±0.028 ^a	-0.557±0.011 ^a	-0.341±0.022 ^a	-3.209±0.055 ^c
H(RH)×L(T)	+0.080±0.008 ^d	+0.044±0.006 ^d	+0.008±0.003 ^d	+6.585±0.264 ^b
H(RH)×H(T)	+0.510±0.029 ^b	+0.385±0.009 ^b	+0.149±0.016 ^b	+8.885±0.416 ^a
L(T)×Dark	0.134±0.031 ^{ns}	0.110±0.033 ^{ns}	0.058±0.032 ^{ns}	4.361±1.253 ^{ns}
L(T)×Light	0.153±0.044 ^{ns}	0.075±0.023 ^{ns}	0.069±0.032 ^{ns}	4.573±1.221 ^{ns}
H(T)×Dark	0.517±0.033 ^{ns}	0.460±0.047 ^{ns}	0.225±0.055 ^{ns}	5.708±1.482 ^{ns}
H(T)×Light	0.612±0.031 ^{ns}	0.481±0.053 ^{ns}	0.265±0.060 ^{ns}	6.386±1.810 ^{ns}
L(RH)×Dark	-0.379±0.112 ^a	-0.353±0.109 ^{ns}	-0.216±0.060 ^{ns}	-2.686±0.274 ^{ns}
L(RH)×Light	-0.448±0.126 ^a	-0.344±0.132 ^{ns}	-0.244±0.071 ^{ns}	-2.872±0.231 ^{ns}
H(RH)×Dark	+0.272±0.110 ^b	+0.217±0.094 ^{ns}	+0.067±0.037 ^{ns}	+7.383±0.561 ^{ns}
H(RH)×Light	+0.317±0.139 ^b	+0.212±0.103 ^{ns}	+0.090±0.046 ^{ns}	+8.088±0.852 ^{ns}

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$). L: Low, H: High, T: Temperature, RH: Relative Humidity

بر اساس نتایج در تاثیر متقابل «رطوبت نسبی × دما × نور» (جدول ۴) بر پارامتر زاویه هیو در نمونه کنترل تفاوت معنی دار مشاهده شد ($p < 0.05$). کمترین زاویه هیو در شرایط «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین × تاریکی» و «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین × روشنایی» مشاهده گردید. در دمای نگهداری بالا، در هر دو رطوبت نسبی کم و زیاد، چه در روشنایی و چه در تاریکی بیشترین زاویه هیو مشاهده شد. بر خلاف انتظار در شرایط «رطوبت نسبی پایین × دمای پایین × تاریکی» زاویه هیو افزایش داشت.

نتایج اختلاف وزن با یافته‌های Castellanos و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی افت وزنی میوه‌های فیجوا^{۱۳} بسته‌بندی شده در فیلم پلی‌پروپیلن کست در شرایط اتمسفر اصلاح شده متعادل^{۱۴} (EMAP) با رطوبت نسبی ۸۵ درصد و بدون بسته‌بندی نگه داشته شده به مدت ۱۴ روز در دمای ۱۷ درجه سانتی‌گراد مطابقت داشت طوری که افت وزنی در نمونه‌های بدون بسته‌بندی به طور قابل توجهی بالا بود، که می‌توان علت را به اختلاف بیشتر فشار جزئی آب در میوه‌های بدون بسته‌بندی و محفظه ذخیره‌سازی (۶۸ درصد رطوبت نسبی) دانست. همچنین دما بیشترین تأثیر را در افت وزن میوه‌ها داشت، زیرا افت وزنی در دمای ۱۷ درجه سانتی‌گراد، کاهش وزن بیشتر از دماهای ۱۲ و ۶ درجه سانتی‌گراد بود [۲۴]. Tu و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی تأثیر رطوبت نسبی ۳۰، ۶۵ و ۹۵ درصد بر سیب-های نگه‌داشته شده در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، بیشترین سرعت افت وزن را در رطوبت نسبی ۳۰ درصد گزارش کردند [۲۵].

ارزیابی پارامترهای رنگ

زاویه هیو

Table 4 Investigating the effect of “Relative humidity×temperature×light” on hue angle of samples

Treatment	HDPE	LDPE	CPP	Control
L(RH)×L(T)×Dark	25.17±0.78 ^{ns}	24.03±0.79 ^{ns}	23.10±0.90 ^{ns}	26.46±0.59 ^a
L(RH)×L(T)×Light	25.00±0.70 ^{ns}	24.25±0.65 ^{ns}	23.45±0.74 ^{ns}	23.56±0.69 ^b
L(RH)×H(T)×Dark	27.26±0.97 ^{ns}	26.93±0.70 ^{ns}	28.30±0.77 ^{ns}	26.32±0.66 ^a
L(RH)×H(T)×Light	28.25±1.25 ^{ns}	27.87±1.10 ^{ns}	28.40±0.75 ^{ns}	28.33±0.97 ^a
H(RH)×L(T)×Dark	19.48±0.87 ^{ns}	18.74±0.38 ^{ns}	18.43±0.31 ^{ns}	18.32±0.35 ^c
H(RH)×L(T)×Light	18.90±0.69 ^{ns}	17.46±0.75 ^{ns}	19.32±0.64 ^{ns}	20.01±0.67 ^c
H(RH)×H(T)×Dark	26.72±1.07 ^{ns}	26.50±0.86 ^{ns}	28.55±1.23 ^{ns}	26.21±1.031 ^a
H(RH)×H(T)×Light	28.91±0.75 ^{ns}	29.46±0.91 ^{ns}	27.78±1.00 ^{ns}	26.82±0.75 ^a

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$). L: Low, H: High, T: Temperature, RH: Relative Humidity

«رطوبت نسبی بالا × دمای پایین» و بیشترین زاویه هیو در دمای بالا در هر دو رطوبت نسبی کم و زیاد مشاهده شد. در بررسی تمامی نمونه‌ها، اثر تخریبی بر رنگ قرمز (زاویه هیو بیشتر) به تأثیر «رطوبت نسبی پایین» و همچنین «دمای بالا» نسبت داده شد، لذا «رطوبت نسبی بالا» در «دمای پایین» به کمترین زاویه هیو منتهی گردید. «نور» اثر معنی‌داری بر زاویه هیو نشان نداد ($p > 0.05$). Crecente-Campo و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده کردند که رنگ سطحی توت فرنگی‌های ارگانیک متمایل به قرمز، زاویه هیو کمتری دارد [۲۳]. هرچه مقدار زاویه هیو به صفر نزدیک شود رنگ نمونه قرمزتر خواهد شد.

چنانچه در جدول ۵ دیده می‌شود، در نمونه‌های بسته-بندی شده در فیلم پلی‌اتیلن با دانسیته کم، اثر متقابل «دما × نور» بر زاویه هیو تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($p < 0.05$) به طوری که کمترین زاویه هیو در دمای پایین هم در تاریکی و هم در روشنائی مشاهده شد و در دمای بالا نیز در هر دو محیط تاریک و روشن، بیشترین زاویه هیو در نمونه‌های نگهداری شده مشاهده گردید. در بقیه نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری در زاویه هیو در شرایط مشابه مشاهده نشد ($p > 0.05$). اثر متقابل «رطوبت نسبی × دما» بر زاویه هیو در نمونه‌های بسته‌بندی شده تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($p < 0.05$). کمترین زاویه هیو در

Table 5 Investigating the effects of “Relative humidity, temperature and light” and intraction effects “Relative humidity×temperature”, “temperature× light” and “Relative humidity× light” on hue angle of samples

Treatment	HDPE	LDPE	CPP	Control
L(RH)	26.42±0.50 ^a	25.77±0.47 ^a	25.81±0.53 ^a	26.17±0.44 ^a
H(RH)	23.50±0.76 ^b	23.04±0.82 ^b	23.52±0.80 ^b	22.84±0.65 ^b
L(T)	22.14±0.57 ^b	21.12±0.55 ^b	21.07±0.46 ^b	22.09±0.54 ^b
H(T)	27.79±0.51 ^a	27.69±0.47 ^a	28.26±0.46 ^a	26.92±0.44 ^a
Dark	24.66±0.64 ^{ns}	24.05±0.59 ^{ns}	24.59±0.74 ^{ns}	24.33±0.61 ^{ns}
Light	25.27±0.72 ^{ns}	24.76±0.79 ^{ns}	24.74±0.66 ^{ns}	24.68±0.60 ^{ns}
L(RH)×L(T)	25.09±0.51 ^b	24.14±0.50 ^b	23.27±0.57 ^b	25.01±0.54 ^b
L(RH)×H(T)	27.76±0.78 ^a	27.40±0.65 ^a	28.35±0.53 ^a	27.33±0.61 ^a
H(RH)×L(T)	19.19±0.55 ^c	18.10±0.43 ^c	18.87±0.36 ^c	19.16±0.41 ^c
H(RH)×H(T)	27.82±0.68 ^a	27.98±0.69 ^a	28.17±0.78 ^a	26.52±0.63 ^{ab}
L(T)×Dark	22.33±0.82 ^{ns}	21.38±0.70 ^b	20.76±0.67 ^{ns}	22.39±0.91 ^{ns}
L(T)×Light	21.95±0.80 ^{ns}	20.86±0.86 ^b	21.38±0.64 ^{ns}	21.78±0.60 ^{ns}
H(T)×Dark	26.99±0.71 ^{ns}	26.72±0.54 ^a	28.42±0.71 ^{ns}	26.27±0.60 ^{ns}

H(T)×Light	28.58±0.71 ^{ns}	28.66±0.72 ^a	28.09±0.61 ^{ns}	27.57±0.62 ^{ns}
L(RH)×Dark	26.22±0.65 ^{ns}	25.48±0.60 ^{ns}	25.70±0.79 ^{ns}	26.39±0.43 ^{ns}
L(RH)×Light	22.63±0.78 ^{ns}	26.06±0.73 ^{ns}	25.93±0.73 ^{ns}	25.94±0.76 ^{ns}
H(RH)×Dark	23.10±1.01 ^{ns}	22.62±0.93 ^{ns}	23.49±1.22 ^{ns}	22.27±0.98 ^{ns}
H(RH)×Light	23.91±1.16 ^{ns}	23.46±1.38 ^{ns}	23.55±1.06 ^{ns}	23.41±0.86 ^{ns}

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$). L: Low, H: High, T: Temperature, RH: Relative Humidity

فیلم پلی اتیلن با دانسیته پایین، تغییرات معنی داری در کروما ایجاد کرد ($p < 0.05$)، به طوری که در رطوبت نسبی پایین هم در تاریکی و هم در روشنایی بیشترین کروما، و در رطوبت نسبی بالا هم در تاریکی و در روشنایی، کمترین کروما مشاهده شد. در بقیه نمونه‌ها، برهمکنش «رطوبت نسبی × نور» و «دما × نور» تفاوت معنی داری را در کروما ایجاد نکرد ($p > 0.05$). طبق جدول ۷، در تمامی نمونه‌ها، بیشترین کروما در «رطوبت نسبی پایین» و کمترین کروما در «رطوبت نسبی بالا» مشاهده شد.

کروما

در تأثیر «رطوبت نسبی × دما × نور» بر کرومای نمونه‌ها (جدول ۶)، تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($p > 0.05$)، در حالیکه «رطوبت نسبی × دما» (جدول ۷) تأثیر معنی داری بر تمامی نمونه‌ها نشان داد ($p < 0.05$). کمترین کروما در «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین» و بیشترین کروما در «رطوبت نسبی پایین × دمای پایین» مشاهده شد. در دمای بالا، در هیچ یک از دو رطوبت نسبی کم و زیاد، تغییرات معنی داری در کروما مشاهده نشد ($p < 0.05$). اثر متقابل «رطوبت نسبی × نور» در نمونه بسته‌بندی شده در

Table 6 Investigating the effect of “Relative humidity×temperature×light” on chroma of samples

Treatment	HDPE	LDPE	CPP	Control
L(RH)×L(T)×Dark	20.42±1.18 ^{ns}	20.79±0.58 ^{ns}	0.97 ^{ns} ± 19.79	^{ns} 22.83±1.73
L(RH)×L(T)×Light	19.41±1.16 ^{ns}	18.28±0.62 ^{ns}	0.83 ^{ns} ± 18.87	^{ns} 20.33±0.82
L(RH)×H(T)×Dark	17.63±1.00 ^{ns}	17.75±0.90 ^{ns}	0.73 ^{ns} ± 18.01	^{ns} 0.38 ±16.74
L(RH)×H(T)×Light	17.87±1.49 ^{ns}	17.23±0.72 ^{ns}	0.55 ^{ns} ± 17.74	^{ns} 1.26 ±20.28
H(RH)×L(T)×Dark	11.89±0.76 ^{ns}	11.56±0.77 ^{ns}	0.64 ^{ns} ± 13.32	^{ns} 13.52±1.03
H(RH)×L(T)×Light	12.02±0.46 ^{ns}	13.58±1.04 ^{ns}	12.86±0.40 ^{ns}	^{ns} 12.78±0.76
H(RH)×H(T)×Dark	15.18±0.78 ^{ns}	16.19±0.96 ^{ns}	17.57±1.16 ^{ns}	^{ns} 16.62±0.44
H(RH)×H(T)×Light	16.73±1.34 ^{ns}	16.89±1.20 ^{ns}	0.64 ^{ns} ± 15.58	^{ns} 17.03±0.63

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$). L: Low, H: High, T: Temperature, RH: Relative Humidity

Table 7 Investigating the effects of “Relative humidity, temperature and light” and intraction effects “Relative humidity×temperature”, “temperature× light” and “Relative humidity× light” on chroma of samples

Treatment	HDPE	LDPE	CPP	Control
L(RH)	18.84±0.61 ^a	18.51±0.40 ^a	18.60±0.40 ^a	20.05±0.65 ^a
H(RH)	13.95±0.53 ^b	14.55±0.58 ^b	14.83±0.46 ^b	14.98±0.45 ^b
L(T)	15.94±0.74 ^{ns}	16.05±0.65 ^{ns}	16.21±0.58 ^{ns}	17.36±0.84 ^{ns}
H(T)	16.85±0.59 ^{ns}	17.01±0.47 ^{ns}	17.23±0.41 ^{ns}	17.67±0.43 ^{ns}
Dark	16.28±0.65 ^{ns}	16.57±0.63 ^{ns}	17.17±0.56 ^{ns}	17.43±0.71 ^{ns}

Light	16.51±0.70 ^{ns}	16.49±0.52 ^{ns}	16.27±0.45 ^{ns}	17.60±0.63 ^{ns}
L(RH)×L(T)	19.92±0.82 ^a	19.53±0.49 ^a	19.33±0.63 ^a	21.58±0.97 ^a
L(RH)×H(T)	17.75±0.88 ^b	17.49±0.57 ^b	17.88±0.45 ^{ab}	18.51±0.74 ^b
H(RH)×L(T)	11.95±0.43 ^c	12.57±0.67 ^c	13.09±0.37 ^c	13.15±0.63 ^c
H(RH)×H(T)	15.95±0.78 ^b	16.54±0.76 ^b	16.58±0.68 ^b	16.82±0.38 ^b
L(T)×Dark	16.16±1.12 ^{ns}	16.17±1.07 ^{ns}	16.55±0.88 ^{ns}	18.17±1.38 ^{ns}
L(T)×Light	15.72±0.98 ^{ns}	15.93±0.77 ^{ns}	15.87±0.77 ^{ns}	16.55±0.96 ^{ns}
H(T)×Dark	16.41±0.67 ^{ns}	16.97±0.67 ^{ns}	17.79±0.67 ^{ns}	16.68±0.28 ^{ns}
H(T)×Light	17.30±0.99 ^{ns}	17.06±0.69 ^{ns}	16.66±0.47 ^{ns}	18.65±0.77 ^{ns}
L(RH)×Dark	19.03±0.81 ^{ns}	19.27±0.61 ^a	18.90±0.62 ^{ns}	19.79±1.08 ^{ns}
L(RH)×Light	18.64±0.94 ^{ns}	17.75±0.48 ^a	18.31±0.50 ^{ns}	20.30±0.73 ^{ns}
H(RH)×Dark	13.53±0.63 ^{ns}	13.88±0.77 ^b	15.44±0.79 ^{ns}	15.07±0.64 ^{ns}
H(RH)×Light	14.38±0.85 ^{ns}	15.23±0.85 ^b	14.22±0.47 ^{ns}	14.90±0.65 ^{ns}

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$). L: Low, H: High, T: Temperature, RH: Relative Humidity

روشنایی یکسان مشاهده گردید. کمترین نسبت a/b در نمونه کنترل و نمونه بسته‌بندی شده در فیلم LDPE، در شرایط دمای بالا و در رطوبت های نسبی بالا و پایین در هر دو حالت روشنایی و تاریکی مشاهده شد. بر خلاف انتظار، در «رطوبت نسبی پایین × دمای پایین × تاریکی» نیز کمترین نسبت a/b در نمونه کنترل مشاهده گردید.

نسبت a/b
بر اساس نتایج، تأثیر «رطوبت نسبی × دما × نور» در نسبت a/b نمونه کنترل و نمونه بسته‌بندی شده در فیلم LDPE (جدول ۸) معنی دار بود ($p < 0.05$). بیشترین نسبت a/b در نمونه کنترل در «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین × تاریکی» و در نمونه بسته‌بندی شده در فیلم LDPE، در

Table 8 Investigating the effect of “Relative humidity×temperature×light” on a/b ratio of samples

Treatment	HDPE	LDPE	CPP	Control
L(RH)×L(T)×Dark	2.15±0.07 ^{ns}	2.27±0.08 ^c	2.38±0.10 ^{ns}	2.02±0.05 ^d
L(RH)×L(T)×Light	2.17±0.07 ^{ns}	2.24±0.07 ^c	2.33±0.08 ^{ns}	2.32±0.08 ^c
L(RH)×H(T)×Dark	1.97±0.09 ^{ns}	1.98±0.06 ^d	1.87±0.06 ^{ns}	2.04±0.06 ^d
L(RH)×H(T)×Light	1.90±0.09 ^{ns}	1.93±0.09 ^d	1.86±0.06 ^{ns}	1.88±0.08 ^d
H(RH)×L(T)×Dark	2.89±0.13 ^{ns}	2.96±0.06 ^b	3.01±0.05 ^{ns}	3.03±0.06 ^a
H(RH)×L(T)×Light	2.97±0.11 ^{ns}	3.25±0.15 ^a	2.89±0.10 ^{ns}	2.78±0.10 ^b
H(RH)×H(T)×Dark	2.03±0.10 ^{ns}	2.03±0.07 ^{cd}	1.88±0.09 ^{ns}	2.07±0.10 ^d
H(RH)×H(T)×Light	1.83±0.06 ^{ns}	1.79±0.06 ^d	1.93±0.08 ^{ns}	2.00±0.06 ^d

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$). L: Low, H: High, T: Temperature, RH: Relative Humidity

Table 9 Investigating the effects of “Relative humidity, temperature and light” and interaction effects “Relative humidity×temperature”, “temperature×light” and “Relative humidity×light” on a/b ratio of samples

Treatment	HDPE	LDPE	CPP	Control
L(RH)	2.05±0.04 ^b	2.11±0.04 ^b	2.11±0.05 ^b	2.06±0.04 ^b
H(RH)	2.43±0.09 ^a	2.51±0.10 ^a	2.43±0.09 ^a	2.47±0.08 ^a
L(T)	2.54±0.07 ^a	2.68±0.08 ^a	2.65±0.06 ^a	2.54±0.07 ^a

H(T)	1.93±0.04 ^b	1.93±0.04 ^b	1.89±0.04 ^b	2.00±0.04 ^b
Dark	2.26±0.07 ^{ns}	2.31±0.07 ^{ns}	2.29±0.08 ^{ns}	2.29±0.07 ^{ns}
Light	2.21±0.08 ^{ns}	2.30±0.10 ^{ns}	2.25±0.07 ^{ns}	2.24±0.06 ^{ns}
L(RH)× L(T)	2.16±0.05 ^b	2.25±0.05 ^b	2.36±0.06 ^b	2.17±0.06 ^b
L(RH)× H(T)	1.94±0.06 ^c	1.96±0.05 ^c	1.87±0.04 ^c	1.96±0.05 ^c
H(RH)× L(T)	2.93±0.09 ^a	3.10±0.08 ^a	2.95±0.06 ^a	2.91±0.06 ^a
H(RH)× H(T)	1.93±0.06 ^c	1.91±0.05 ^c	1.90±0.06 ^c	2.03±0.06 ^{bc}
L(T)×Dark	2.52±0.11 ^{ns}	2.62±0.09 ^a	2.70±0.09 ^{ns}	2.53±0.11 ^{ns}
L(T)× Light	2.57±0.11 ^{ns}	2.74±0.13 ^a	2.61±0.09 ^{ns}	2.55±0.08 ^{ns}
H(T)×Dark	2.00±0.07 ^{ns}	2.01±0.05 ^b	1.88±0.05 ^{ns}	2.05±0.06 ^{ns}
H(T)×Light	1.86±0.05 ^{ns}	1.86±0.06 ^b	1.90±0.05 ^{ns}	1.94±0.05 ^{ns}
L(RH)×Dark	2.06±0.06 ^{ns}	2.13±0.06 ^{ns}	2.13±0.08 ^{ns}	2.03±0.04 ^b
L(RH)×Light	2.03±0.06 ^{ns}	2.08±0.07 ^{ns}	2.10±0.07 ^{ns}	2.10±0.07 ^b
H(RH)×Dark	2.46±0.12 ^{ns}	2.50±0.11 ^{ns}	2.44±0.13 ^{ns}	2.55±0.11 ^a
H(RH)×Light	2.40±0.13 ^{ns}	2.52±0.17 ^{ns}	2.41±0.12 ^{ns}	2.39±0.10 ^a

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$). L: Low, H: High, T: Temperature, RH: Relative Humidity

تفاوت کل رنگ نمونه کنترل در رطوبت نسبی بالا در هر دو دمای بالا و پایین و بیشترین تفاوت کل رنگ در «رطوبت نسبی پایین × دمای پایین» مشاهده شد ($p < 0.05$). در تأثیر فاکتورهای «رطوبت نسبی × دما»، «رطوبت نسبی × نور»، «دما × نور»، «دما» و «نور» در تفاوت کل رنگ هیچکدام از نمونه‌های بسته‌بندی شده تفاوت معنی‌دار مشاهده نگردید ($p > 0.05$). بنابراین در «رطوبت نسبی پایین» تفاوت کل رنگ را افزایش و «رطوبت نسبی بالا» تفاوت کل رنگ کاهش را نشان داد. در این رابطه، Venir و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تفاوت کل رنگ مکعب‌های سیب خشک انجمادی در رطوبت نسبی‌های مختلف گزارش دادند که با افزایش فعالیت آبی تا ۰/۵، تفاوت کل رنگ بیشتر و سپس با افزایش فعالیت آبی کاهش می‌یابد [۲۶]. Laverde و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده کردند در برش‌های گلابی و خربزه خشک در دوره نگهداری، تفاوت کل رنگ (در نتیجه قهوه‌ای شدن) به ترتیب تا رطوبت نسبی ۷۵ و ۸۵ درصد افزایش یافته و بعد از آن با افزایش رطوبت نسبی کاهش می‌یابد [۱۷].

«رطوبت نسبی × دما» تأثیر معنی‌داری بر نسبت a/b (جدول ۹) در نمونه‌های بسته‌بندی شده در فیلم پلی پروپیلن کست و پلی‌اتیلن با دانسیته بالا نشان داد ($p < 0.05$). بیشترین نسبت a/b در شرایط «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین» و کمترین آن در دمای بالا در هر دو رطوبت نسبی مشاهده گردید.

بر اساس جدول ۹، در تمامی نمونه‌ها بیشترین نسبت a/b (رنگ قرمزتر) تحت تأثیر «رطوبت نسبی بالا» و «دمای پایین» و کمترین نسبت a/b تحت تأثیر «رطوبت نسبی پایین» و «دمای بالا» مشاهده شد. در تأثیر «نور» تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$).

تفاوت کل رنگ

تأثیر «رطوبت نسبی × دما × نور» بر تفاوت کل رنگ نمونه‌های بسته‌بندی شده، معنی‌دار نبود ($p > 0.05$) (جدول ۱۰). روند مشخصی در تغییرات غیر معنی‌دار تفاوت کل رنگ نمونه کنترل با شرایط نگهداری مشابه مشاهده نگردید. با توجه به جدول ۱۱، تأثیر «رطوبت نسبی × دما» بر تفاوت کل رنگ معنی‌دار بود و کمترین

Table 10 Investigating the effect of “Relative humidity×temperature×light” on total colour difference of samples

Treatment	HDPE	LDPE	CPP	Control
L(RH)×L(T)×Dark	8.21±1.26 ^{ns}	8.64±0.67 ^{ns}	8.19±1.01 ^{ns}	11.06±1.98 ^a

L(RH)×L(T)×Light	8.03±1.03 ^{ns}	6.27±0.63 ^{ns}	6.67±0.96 ^{ns}	8.59 ±0.90 ^a
L(RH)×H(T)×Dark	6.67±1.06 ^{ns}	7.01±1.02 ^{ns}	7.17±0.76 ^{ns}	4.68 ±0.34 ^b
L(RH)×H(T)×Light	7.73±1.57 ^{ns}	7.09±0.91 ^{ns}	7.15±0.74 ^{ns}	9.00 ±1.37 ^a
H(RH)×L(T)×Dark	4.37±0.63 ^{ns}	5.04±0.72 ^{ns}	3.36±0.59 ^{ns}	4.27 ±0.60 ^b
H(RH)×L(T)×Light	3.70±0.65 ^{ns}	3.93±0.74 ^{ns}	3.06 ±0.27 ^{ns}	3.65 ±0.40 ^b
H(RH)×H(T)×Dark	4.45±0.58 ^{ns}	4.60±0.69 ^{ns}	5.33±1.40 ^{ns}	4.84 ±0.48 ^b
H(RH)×H(T)×Light	5.92±1.04 ^{ns}	5.26±1.16 ^{ns}	4.01±0.33 ^{ns}	4.34 ±0.44 ^b

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$). L: Low, H: High, T: Temperature, RH: Relative Humidity

Table 11 Investigating the effects of “Relative humidity, temperature and light” and interaction effects “Relative humidity×temperature”, “temperature× light” and “Relative humidity× light” on total colour difference of samples

Treatment	HDPE	LDPE	CPP	Control
L(RH)	7.66±0.61 ^a	7.25±0.42 ^a	7.29±0.43 ^a	8.33±0.71 ^a
H(RH)	4.61±0.38 ^b	4.71±0.42 ^b	3.94±0.40 ^b	4.28±0.24 ^b
L(T)	6.08±0.54 ^{ns}	5.97±0.42 ^{ns}	5.32±0.49 ^{ns}	6.89±0.71 ^{ns}
H(T)	6.19±0.57 ^{ns}	5.99±0.49 ^{ns}	5.91±0.47 ^{ns}	5.72±0.47 ^{ns}
Dark	5.92±0.51 ^{ns}	6.32±0.45 ^{ns}	6.01±0.55 ^{ns}	6.21±0.66 ^{ns}
Light	6.34±0.60 ^{ns}	5.64±0.46 ^{ns}	5.22±0.40 ^{ns}	6.40±0.55 ^{ns}
L(RH)×L(T)	8.12±0.80 ^{ns}	7.45±0.51 ^{ns}	7.43±0.70 ^{ns}	9.82±1.09 ^a
L(RH)×H(T)	7.20±0.93 ^{ns}	7.05±0.67 ^{ns}	7.16±0.52 ^{ns}	6.84±0.83 ^b
H(RH)×L(T)	4.03±0.45 ^{ns}	4.48±0.52 ^{ns}	3.21±0.32 ^{ns}	3.96±0.36 ^c
H(RH)×H(T)	5.19±0.60 ^{ns}	4.93±0.66 ^{ns}	4.67±0.72 ^{ns}	4.59±0.32 ^c
L(T)×Dark	6.29±0.80 ^{ns}	6.84±0.61 ^{ns}	5.78±0.76 ^{ns}	7.66±1.23 ^{ns}
L(T)×Light	5.87±0.75 ^{ns}	5.10±0.53 ^{ns}	4.86±0.62 ^{ns}	6.12±0.71 ^{ns}
H(T)×Dark	5.56±0.64 ^{ns}	5.80±0.65 ^{ns}	6.25±0.80 ^{ns}	4.76±0.29 ^{ns}
H(T)×Light	6.82±0.94 ^{ns}	6.18±0.75 ^{ns}	5.58±0.51 ^{ns}	6.67±0.86 ^{ns}
L(RH)×Dark	7.44±0.82 ^{ns}	7.83±0.62 ^{ns}	7.68±0.63 ^{ns}	7.87±1.19 ^{ns}
L(RH)×Light	7.88±0.92 ^{ns}	6.68±0.55 ^{ns}	6.91±0.59 ^{ns}	8.80±0.81 ^{ns}
H(RH)×Dark	4.41±0.42 ^{ns}	4.82±0.49 ^{ns}	4.35±0.77 ^{ns}	4.55±0.38 ^{ns}
H(RH)×Light	4.81±0.64 ^{ns}	4.59±0.69 ^{ns}	3.54±0.23 ^{ns}	4.00±0.30 ^{ns}

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$). L: Low, H: High, T: Temperature, RH: Relative Humidity

مقایسه شدند (جدول ۱۲-۱۳). نتایج نشان داد که زاویه هیو و نسبت a/b تمامی نمونه‌های بسته‌بندی شده و نگهداری شده در شرایط «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین × تاریکی» و «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین × روشنایی»، حفظ شد.

تأثیر شرایط متفاوت محیطی بر پارامترهای رنگ در مقایسه با رنگ نمونه‌های زمان اول به منظور انتخاب بهترین شرایط نگهداری نمونه‌ها از نظر پارامترهای رنگ، میانگین پاسخ‌ها با میانگین کمی پارامترهای اندازه‌گیری شده در نمونه‌های زرشک اولیه

Table 12 Investigating the effect of different storage conditions on hue angle of samples compared to the first time

Treatment	HDPE	LDPE	CPP	Control
-----------	------	------	-----	---------

L(RH)×L(T)×Dark	25.17±0.78 ^b	0.79 ^c ± 24.03	0.90 ^b ± 23.10	0.59 ^a ± 26.46
L(RH)×L(T)×Light	25.00±0.70 ^b	0.65 ^c ± 24.25	0.74 ^b ± 23.45	0.69 ^b ± 23.56
L(RH)×H(T)×Dark	27.26±0.97 ^{ab}	0.70 ^b ± 26.93	0.77 ^a ± 28.30	0.66 ^a ± 26.32
L(RH)×H(T)×Light	28.25±1.25 ^a	1.10 ^{ab} ± 27.87	0.75 ^a ± 28.40	0.97 ^a ± 28.33
H(RH)×L(T)×Dark	19.48±0.87 ^c	0.38 ^d ± 18.74	0.31 ^c ± 18.43	0.35 ^c ± 18.32
H(RH)×L(T)×Light	18.90±0.69 ^c	0.75 ^d ± 17.46	0.64 ^c ± 19.32	0.67 ^c ± 20.01
H(RH)×H(T)×Dark	26.72±1.07 ^{ab}	0.86 ^{bc} ± 26.50	1.23 ^a ± 28.55	1.03 ^a ± 26.21
H(RH)×H(T)×Light	28.91±0.75 ^a	0.91 ^a ± 29.46	1.00 ^a ± 27.78	0.75 ^a ± 26.82
hue angle of sample with low moisture first time	17.64±0.79 ^c	17.64±0.79 ^d	17.64±0.79 ^c	17.64±0.79 ^c
hue angle of sample with high moisture first time	0.45 ^c ± 17.91	0.45 ^d ± 17.91	0.45 ^c ± 17.91	0.45 ^c ± 17.91

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$). L: Low, H: High, T: Temperature, RH: Relative Humidity

Table 13 Investigating the effect of different storage conditions on a/b ratio of samples compared to the first time

Treatment	HDPE	LDPE	CPP	Control
L(RH)×L(T)×Dark	2.15±0.07 ^b	2.27±0.08 ^b	2.38±0.10 ^c	2.02±0.05 ^d
L(RH)×L(T)×Light	2.17±0.07 ^b	2.24±0.07 ^{bc}	2.33±0.08 ^c	2.32±0.08 ^c
L(RH)×H(T)×Dark	1.97±0.09 ^{bc}	1.98±0.06 ^{cd}	1.87±0.06 ^d	2.04±0.06 ^d
L(RH)×H(T)×Light	1.90±0.09 ^{bc}	1.93±0.09 ^d	1.86±0.06 ^d	1.88±0.08 ^d
H(RH)×L(T)×Dark	2.89±0.13 ^a	2.96±0.06 ^a	3.01±0.05 ^{ab}	3.03±0.06 ^a
H(RH)×L(T)×Light	2.97±0.11 ^a	3.25±0.15 ^a	2.89±0.10 ^b	2.78±0.10 ^b
H(RH)×H(T)×Dark	2.03±0.10 ^{bc}	2.03±0.07 ^{bcd}	1.88±0.09 ^d	2.07±0.10 ^d
H(RH)×H(T)×Light	1.83±0.06 ^c	1.79±0.06 ^d	1.93±0.08 ^d	2.00±0.06 ^d
a/b ratio of sample with low moisture first time	3.17±0.14 ^a	3.17±0.14 ^a	3.17±0.14 ^a	3.17±0.14 ^a
a/b ratio of sample with high moisture first time	3.10±0.09 ^a	3.10±0.09 ^a	3.10±0.09 ^{ab}	3.10±0.09 ^a

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$). L: Low, H: High, T: Temperature, RH: Relative Humidity

نتیجه‌ی مشابهی برای نمونه کنترل نیز مشاهده گردید به استثناء اینکه نسبت a/b در مقایسه با نمونه‌های زمان اول فقط در شرایط «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین × تاریکی» حفظ شد.

نتیجه پارامترهای رنگ

اثر متقابل «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین» در نمونه‌های بسته‌بندی شده در فیلم‌ها به کمترین زاویه هیو، کمترین کروما و به بیشترین نسبت a/b منجر شد. ضمناً در شرایط «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین» در روشنایی و تاریکی زاویه هیو و نسبت a/b با گذر زمان حفظ شد. زاویه هیو، کروما و نسبت a/b نمونه‌ها در دمای بالا در هر دو شرایط رطوبت نسبی بالا و پایین، تفاوت معنی‌داری نداشت ($p > 0.05$)، اما بیشترین زاویه هیو و کمترین نسبت a/b در این شرایط مشاهده شد که می‌توان به تأثیر دما بر تخریب

رنگ ارتباط داد. در این مورد، Lavelli و Corti (۲۰۱۱) مشاهده کردند که در پودر پوره سیب (خشک شده با روش وکیوم در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد) نگه‌داشته شده به مدت ۹ ماه در رطوبت نسبی ۱۱ تا ۷۵ درصد و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در فعالیت آبی ۰/۵۴ و ۰/۷۵، آنتوسیانین سیانیدین-۳-۰ گالاکتوزید قابل تشخیص نبود [۱۵]. در پودر خشک آبیوم آسای ۱۵ نگه‌داشته شده در شرایط رطوبت نسبی ۳۲/۸ و ۵۲/۹ درصد و دمای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ روز، دما و فعالیت آبی تأثیر منفی بر پایداری آنتوسیانین داشت طوری که تأثیر دما بر میزان تخریب آنتوسیانین نمونه‌های نگه‌داشته شده در رطوبت نسبی بالاتر بیشتر بود که می‌توان به تحرک مولکولی بیشتر

Acai¹

آب در داخل غذا و تسهیل تخریب واکنش‌های فیزیکی-شیمیایی اشاره کرد [۲۷]. در این پژوهش اثر متقابل «رطوبت نسبی پایین × دمای بالا» هم به تخریب رنگ منجر شد. Patras و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که افزایش محتوی مواد جامد محلول باعث افزایش سرعت تخریب آنتوسیانین‌ها به علت نزدیک شدن مولکولهای واکنش دهنده می‌شود [۶].

۴- نتیجه‌گیری

طبق نتایج بدست آمده، بسته‌بندی و شرایط محیطی نقش مهمی در جلوگیری از تغییرات وزنی زرشک داشت. طوریکه در شرایط «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین × روشنایی» و «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین × تاریکی» نمونه‌های بسته‌بندی شده در فیلم‌های پلی‌اتیلن با دانسیته بالا و پایین و در شرایط «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین» نمونه‌های بسته‌بندی شده در فیلم پلی‌پروپیلن کست کمترین اختلافات وزنی را نشان دادند. در تمامی نمونه‌های بسته‌بندی شده در شرایط «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین × روشنایی» و «رطوبت نسبی بالا × دمای پایین × تاریکی» زاویه هیو و نسبت a/b حفظ شد و تفاوت معنی‌داری با نمونه زمان اول نشان نداد. دمای بالا چه در رطوبت نسبی بالا و چه در رطوبت نسبی پایین، سبب تخریب رنگ نمونه شد. از این رو احتمال می‌رود که علاوه بر اثر دما، در شرایط رطوبت نسبی بالا تحرک مولکولی بیشتر و در شرایط رطوبت نسبی پایین نزدیکی مولکولهای واکنش-دهنده در تخریب رنگ نقش داشته باشد. در نهایت، با تنظیم مقدار رطوبت زرشک و با استفاده از بسته‌بندی مناسب و نگهداری در دمای پایین می‌توان کیفیت محصول را حفظ نمود.

۵- منابع

[1] Alemardan, A., Asadi, W., Rezaie, M., Tabrizi, L., & Mohammadi, S., 2013, Cultivation of Iranian seedless barberry (*Berberis integerrima* 'Bidaneh'): A medicinal shrub (Review). *Industrial Crops and Products*, 50:276-287
 [2] Yildiz, H., Ercisli, S., Sengul, M., Topdas, EF., Beyhan, O., Cakir, O., Narmanlioglu, HK., & Orhan, E., 2014, Some Physicochemical Characteristics, Bioactive Content and Antioxidant

Characteristics of Non-Sprayed Barberry (*Berberis vulgaris* L.) Fruits from Turkey. *Erwerbs-Obstbau* (Springer), 56:123-129

[3] Castañeda-Ovando, A., de Lourdes Pacheco-Hernández, M., Elena Páez-Hernández, M., Rodríguez, JA., & Andrés Galán-Vidal, C., 2009, Chemical studies of anthocyanins (A review). *Food Chemistry*, 113: 859-871

[4] Veberic, R., Slatnar, A., Bizjak, J., Stampar, F., & Petkovsek, MM., 2015, Anthocyanin composition of different wild and cultivated berry species. *LWT-Food Science and Technology*, 60:509-517

[5] Kovács, M., Dóka, O., Bicanic, D., & Ajtony, Z., 2017, Application of laser-based photoacoustic spectroscopy and colorimetry for quantification of anthocyanin in hard boiled candy. *Microchemical Journal*, 135:100-104

[6] Patras, A., Brunton, N.P., O'Donnell, C., & Tiwari, B.K., 2010, Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation (review). *Trends in Food Science & Technology*, 21: 3-11

[7] Valipoormotlagh, N., Hamed Mosavian, MT., & Mortazavi, SA., 1388, The Effect of Polyethylene Packages Containing Micrometer-Sized Silver Particles on the microbial and apparent characteristics of Barberry in compare to general Polyethylene Packages (Persian). *Journal of Food Industry Research*, 2:75-87

[8] Heredia, FJ., Francia-Aricha, EM., Rivas-Gonzalo, JC., Vicario, IM., & Santos-Buelga, C., 1998, Chromatic characterization of anthocyanins from red grapes—I. pH effect. *Food Chemistry*, 4:491-498

[9] Laleh, GH., Frydoonfar, H., Heidary, R., Jameei, R., & Zare, S., 2006, The Effect of light, temperature, pH and species on stability of anthocyanin pigments in four *Berberis* species. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5(1):90-92/

[10] Sinela, A., Rawat, N., Mertz, C., Achir, N., Fulcrand, H., & Dornier, M., 2017, Anthocyanins degradation during storage of Hibiscus sabdariffa extract and evolution of its degradation products. *Food Chemistry*, 214:234-241

[11] Alighourchi, H., & Barzegar, M., 2009, Some physicochemical characteristics and degradation kinetic of anthocyanin of reconstituted pomegranate juice during storage. *Journal of Food Engineering*, 90:179-185

[12] Wang, Z., Zhang, M., & Wu, Q., 2015, Effects of temperature, pH, and sunlight exposure on the color stability of strawberry juice during processing and storage. *LWT - Food Science and Technology*, 60:1174-1178

[13] Ochoa, MR., Kessler, AG., Vullioud, MB., & Lozano, JE., 1999, Physical and Chemical Characteristics of Raspberry Pulp: Storage Effect on Composition and Color. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol*, 32:149-153

- [14]Bakhshayeshi, MA., Khayami, M., Heidari, R., & Jamei, R., 2006, The Effect of Light, Storage Temperature, pH and Variety on Stability of Anthocyanin Pigment in Four Malus Varieties. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 9(3):428-433
- [15]Lavelli, V & Corti, S., 2011, Phloridzin and other phytochemicals in apple pomace: Stability evaluation upon dehydration and storage of dried product. *Food Chemistry*, 129:1578-1583
- [16]Laverde, LMA., Schebor, C., & Buera, MDP., 2013, Water content effect on the chromatic attributes of dehydrated strawberries during storage, as evaluated by image analysis, *LWT Food Science and Technology*, 52:157-162
- [17]Laverde, LMA., Acevedo, NC., Schebor, C., & Buera, MDP., 2011, Integrated approach for interpreting browning rate dependence with relative humidity in dehydrated fruits. *LWT - Food Science and Technology*, 44:963-968
- [18]Fang, Z., & Bhandari, B., 2011, Effect of spray drying and storage on the stability of bayberry polyphenols. *Food Chemistry*, 129:1139-1147
- [19]National Iranian standard, No: 3337, 1386, Barberries, Specifications and test methods, 1st.Revision
- [20]Labuza, T.P., Kaanane, A. & Chen, J.Y., 1985, Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods. *Journal of Food Science* 50(2):385 – 392
- [21]Yang, Z., Han, Y., Gu, Z., Fan, G., & Chen, Z., 2008, Thermal degradation kinetics of aqueous anthocyanins and visual color of purple corn (*Zea mays* L.) cob. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9: 341–347
- [22]Rosso, VV de & Mercadante, AZ., 2007, Evaluation of colour and stability of anthocyanins from tropical fruits in an isotonic soft drink system. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8:347-352
- [23]Crecente-Campo, J., Nunes-Damaceno, M., Romero-Rodríguez, MA., & Vázquez-Odériz, ML., 2012, Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria×ananassa* Duch, cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis*, 28:23-30
- [24]Castellanos, DA., Polanía, W., & Herrera, AO., 2016, Development of an equilibrium modified atmosphere packaging (EMAP) for feijoa fruits and modeling firmness and color evolution. *Postharvest Biology and Technology*, 120:193-203
- [25]Tu, K., Nicolai, B., & De Baerdemaeker, J., 2000, Effects of relative humidity on apple quality under simulated shelf temperature storage. *Scientia Horticulturae*, 85: 217–229
- [26]Venir, E., Munari, M., Tonizzo, A., & Maltini, E., 2007, Structure related changes during moistening of freeze dried apple tissue. *Journal of Food Engineering*, 81: 27–32
- [27]Tonon, RT., Brabet, C., & Hubinger, MD., 2010, Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried acai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International*, 43:907-914



Effect of storage conditions on color and weight of dried Iranian seedless barberry packaged in three types of packaging films

K Novini Bianlojeh¹ and M Esmaili^{2*}, Iraj Bernosi

1-Graduated Master of Food Science and Technology of Urmia University.

2-Professor and faculty member of Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2019/9/15

Accepted: 2023/11/14

Keywords:

color,
seedless barberry,
storage conditions,
packaging films

DOI: 10.22034/FSCT.21.146.1

*Corresponding Author E-Mail:
m.esmaili@urmia.ac.ir

The aim of this study was to evaluate the effect of storage conditions “relative humidity”, “temperature” and “light”, each one at two levels (high and low), on the weight and color of dried seedless barberry after 120 days' storage. The effect of conditions was statistically analyzed in a completely randomized design experiment based on factorial. After adjusting the moisture content barberry color were measured for both samples. The samples in weights of 100g in the bags made of low density polyethylene (LDPE), high density polyethylene (HDPE) and polypropylene cast (CPP) were packaged and coded. Then samples were placed in a given storage conditions. Based on the results, all the hue angle and a/b ratio have not changed in all the packaging samples of films in the condition of “high relative humidity, low temperature and darkness” and “high relative humidity, low temperature and brightness” after 120 days of storage. The lowest difference in weight was observed in both samples packaged in bags of LDPE and HDPE films, at the same conditions. Also, in all the packaging samples at the “high relative humidity × low temperature” state, the lowest hue angle, lowest chroma and highest a/b ratio were observed, whilst at the similar state, the lowest difference in weight in samples packaged in polypropylene cast film bags was observed.