

## اثر دمای نگهداری بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی آلبیمو

مطهره درود<sup>۱</sup>، محمد دانشی<sup>۲\*</sup>، محمدرضا ناطقی<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، یزد، ایران

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، یزد، ایران

۳- استاد، گروه شیمی تجزیه، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۲۰

### چکیده

آلبیمو یکی از انواع آبمیوه است که به‌عنوان طعم‌دهنده و افزودنی در نوشیدنی‌ها استفاده می‌شود. آلبیموی حاصل از آبگیری، معمولاً بلافاصله بسته‌بندی و در دمای یخچال، محیط و فریزر نگهداری می‌شود. در این پژوهش، اثر دماهای نگهداری فوق‌بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی (pH، اسیدیته، مواد جامد انحلال‌پذیر در آب، ترکیبات پلی-فنلی، خواص آنتی‌اکسیدانی، اسیدآسکوربیک، رنگ)، میکروبی (کپک، مخمر، شمارش کلی) و ویژگی‌های حسی آلبیمو در دوره نگهداری و در روزهای ۱، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ بررسی شد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان pH، اسیدیته و بریکس دچار تغییرات معنی‌داری می‌شود و با افزایش دمای نگهداری میزان pH کاهش و اسیدیته و بریکس افزایش می‌یابد. همچنین معلوم شد دامنه این تغییرات در دمای فریزر کمتر است تا در دمای محیط و یخچال. بیشترین تغییرات در مقدار اسیدآسکوربیک در دمای محیط دیده شد که از ۵۲/۶۶ میلی‌گرم در گرم در روز اول به ۱۱/۱۶ میلی‌گرم در گرم در روز چهارم و پنجم کاهش یافته است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مقدار ترکیبات فنلی کل نیز با افزایش دما و مدت‌زمان نگهداری کمتر شد. این کاهش در دمای محیط بیشتر بود. تعداد میکروارگانیزم‌ها نیز با افزایش دما و مدت‌زمان نگهداری افزایش یافت. همچنین نتایج ارزیابی حسی نشان داد که با افزایش دما و مدت‌زمان نگهداری، تغییرات معنی‌داری در عطر و طعم آلبیمو مشاهده می‌شود. به‌طور کلی این نتیجه به دست آمد که افزایش دما و مدت‌زمان نگهداری بر خواص آلبیمو تأثیر می‌گذارد و دمای نگهداری پایین‌تر خصوصیات کیفی و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و پلی‌فنلی محصول را بهتر حفظ می‌کند.

### واژه‌های کلیدی

آبمیوه، اسیدآسکوربیک، لیمو ترش، ماندگاری، مرکبات، ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی

### مقدمه

سراسر جهان گسترش یافته‌اند. قدیمی‌ترین منبع شناخته‌شده دربارهٔ مرکبات به حدود ۸۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در متون سانسکریت برمی‌گردد. هم‌اکنون مرکبات در مناطق استوایی، نیمه‌استوایی و

مرکبات گروهی از میوه‌ها هستند که از گذشته‌های بسیار دور به‌طور گسترده در مناطق جنوب شرقی آسیا کشت می‌شده‌اند و از آنجا به

هیچ فرایندی در بطری بسته‌بندی و نگهداری می‌شود. روش‌های مختلف نگهداری هم شامل نگهداری در دمای محیط، نگهداری در یخچال و اخیراً هم نگهداری در فریزر رایج شده است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد تاکنون مقایسه‌ای در زمینه اثر دماهای نگهداری زیر صفر و بالای صفر بر ویژگی‌های کیفی (شیمیایی و میکروبی) و خواص آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات پلی‌فنلی آبلیمو نشده است. هدف از این تحقیق، تعیین اثر دمای نگهداری بر ویژگی‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی آبلیمو و تعیین شرایط بهینه نگهداری آن است.

### مواد و روش‌ها

#### مواد و دستگاه‌ها

در این آزمایش از هیدروکسید سدیم، اسیدازالیک و معرف فنل‌فتالین (همه ساخت مرک (Merck) آلمان، معرف فولین‌سیوکالتیو (ساخت سیگما آلدریج (Sigma Aldrich)) آمریکا، محیط کشت گلوکز کلرامفنیکل آگار و محیط کشت پلیت‌کانت‌آگار (هر دو ساخت شرکت بیولایف (Biolife) ایتالیا استفاده شد.

#### آماده‌سازی نمونه

لیموی تازه از بازار محلی خریداری و پس از شسته‌شدن، با آبلیموگیر دستی فشرده شد تا آب آن گرفته شود. این آبلیمو با صافی شفاف‌سازی و درون بطری‌های شیشه‌ای (تمیز و با رنگ روشن) با در پوش پلاستیکی ریخته شد. ظروف پر شده به مدت ۴۵ روز در دماهای مختلف ۴، ۲۵ و ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شدند.

مناطق گرم و مرطوب کشت می‌شوند (Marcilla et al., 2006). نشانه‌هایی از این‌که مرکبات یکی از محصولات مهم در جهان محسوب می‌شوند، سطح زیر کشت و تولید بالای آن و نیز مزایای سلامتی بخشی ناشی از مصرف آن است. مرکبات از مهم‌ترین میوه‌های مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان هستند.

مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده مرکبات عبارت‌اند از: برزیل، چین، ایالات متحده، مکزیک، هند، اسپانیا، ایران. انواع مختلف مرکبات عبارت‌اند از: پرتقال (*Citrus sinensis* (L.) Osb)، نارنگی (*Citrus reticulate* Blanco)، لیمو و لیموعمانی (لایم) (*Citrus limon* Burm. F. & *Citrus aurantifolia* Swingle) گریپ‌فروت (*Citrus paradise* Macf)، پومولو (*Citrus grandis* Osb) و هیبریدهای آن (Njoku et al., 2011).

ایران هفتمین تولیدکننده بزرگ لیموترش یا لیموعمانی در جهان است: لیموترش یا لیموعمانی یکی از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین فراورده‌های باغی در جنوب کشور است. علاوه بر کمیت تولید، کیفیت لیموترش تولیدی ایران نیز از ویژگی‌های منحصر به فرد این محصول محسوب می‌شود. بر اساس آمار و اطلاعات سازمان خواربار و کشاورزی جهان سالانه ۱۱/۲ میلیون تن لیمو تولید می‌شود که ایران رتبه هفتم را در تولید لیمو در کل جهان دارد که در سطح ۴۱۸۰۰ هکتار کشت می‌شود (Shirpour et al., 2016). آبلیمو به دو صورت صنعتی و سنتی تولید می‌شود و در چند سال اخیر و پس از درج اخباری مبنی بر وجود تقلب در تولید آبلیمو در واحدهای صنعتی، تمایل مصرف‌کنندگان به آگیری در منزل یا فروشگاه افزایش یافته است که غالباً بدون

و مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۸۵ استفاده شد. دمای آبلیمو هنگام آزمون ۲۰ درجه سلسیوس تنظیم و نتیجه برحسب گرم در صد گرم نمونه بیان شد (ISIRI, 2007).

#### اندازه‌گیری میزان اسیدآسکوربیک

میزان اسیدآسکوربیک (ویتامین ث) بر اساس استخراج اسیدآسکوربیک نمونه، با استفاده از محلول اسیدازالیک یا محلول اسیدمتافسفریک، همراه با اسیداستیک و عیارسنجی با ماده رنگی ۲ و ۶-دی کلروفنل ایندوفنل تا ظهور رنگ صورتی روشن مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۶۱۷-۲ تعیین گردید (ISIRI, 2011).

#### اندازه‌گیری رنگ (کالریمتری)

رنگ نمونه‌های آبلیمو با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج لایوباند (LOVIBOND) مدل EBC (COLOR POD ارزیابی و مقادیر  $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$  تعیین شد.

#### ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدان با روش به‌دام‌اندازی رادیکال دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل<sup>۱</sup>

روشی که یی و همکاران (Yi et al., 2015) توضیح داده‌اند با اندکی تغییرات برای ارزیابی فعالیت به‌دام‌اندازی رادیکال DPPH به کار برده شد. دو میلی-لیتر از آبلیمو در ۲/۵ میلی‌لیتر DPPH (۰/۱ میلی-مول) حل شده در اتانول مخلوط شد. مخلوط در تاریکی به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری و پس از آن در ۸۰۰۰ دور به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. جذب در ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری و عیارسنجی در سه تکرار دنبال شد. فعالیت به‌دام‌اندازی رادیکال DPPH از رابطه ۲ محاسبه شد.

$$DPPH (\%) = 100 \times \frac{(1-A_s)}{A_c} \quad (2)$$

که در آن،

نمونه‌برداری‌ها در روزهای یک (روز تولید)، پانزدهم، سی‌ام و چهل و پنج انجام و آزمون‌ها روی آنها اجرا شد.

#### آزمون‌ها

##### تعیین میزان pH

برای تعیین pH، از دستگاه pH متر WTW (مدل ۷۱۱۰، آلمان) استفاده شد. به این منظور در ابتدا دستگاه pH متر به ترتیب با محلول بافر با pH=۷ و محلول بافر با pH=۴ کالیبره شد. پس از آن با ریختن مقداری از نمونه آبلیمو در یک بشر خشک و تمیز و گذاشتن الکتروود pH متر داخل نمونه، pH خوانده شد (ISIRI, 2007).

##### تعیین اسیدیته

اسیدیته آبلیمو با روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال و بر حسب اسیدسیتریک تعیین شد (ISIRI, 2007). به این منظور، به ۲۰ گرم آبلیمو شناساگر فنل‌فتالین به‌عنوان معرف اضافه و با محلول سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به رنگ صورتی کم‌رنگ تیتراژ شد. حجم مصرفی یادداشت شد و با استفاده از رابطه ۱ میزان اسیدیته به دست آمد.

$$A = \frac{V \times 0.0064 \times 100}{m} \quad (1)$$

که در آن،

$V$  = حجم مصرفی هیدروکسیدسیدیم ۰/۱ نرمال بر حسب میلی‌لیتر؛  $m$  = وزن نمونه بر حسب گرم؛ و  $A$  = اسیدیته کل بر حسب اسیدسیتریک و بر حسب گرم در صد گرم است.

#### آزمون مواد جامد انحلال‌پذیر در آب (بریکس)

برای تعیین مواد جامد انحلال‌پذیر (بریکس) آبلیمو، از رفراکتومتر آتاگو (مدل RFM 330، ژاپن)

خط استفاده شد (ISIRI, 2018).

#### ارزیابی حسی

نوشیدنی‌های تهیه‌شده در مقیاس آزمایشگاهی، قبل از آزمون حسی در یخچال با دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند. پس از طی این مرحله، ارزیابی حسی توسط ۱۵ داور آموزش دیده آغاز شد. شصت تا هفتاد میلی‌لیتر از هر نمونه نوشیدنی با دمای ۴ درجه سلسیوس در اختیار داوران قرار داده‌شد، محل داوران در طول آزمون حسی ثابت بود و زمان آزمون‌های حسی حدود ساعت ۱۰/۵ صبح انتخاب گردید. هر بار از داوران خواسته‌شد تا پس از آزمون نوشیدنی با در نظر گرفتن ویژگی‌های حسی از نظر رنگ، طعم، ظاهر و احساس دهانی، فرم مربوطه را علامت بزنند. پس از این مرحله داده‌های کیفی به داده‌های کمی تبدیل شد. بین هر ارزیابی به افراد آب داده‌شد تا طعم نمونه قبلی بر نمرة نمونه بعدی اثر نداشته‌باشد (Rafiae & Ramezani, 2012). روش مورد استفاده، هدونیک ۵ امتیازی بود که ارزیاب‌ها از ۱ تا ۵ به نمونه‌ها امتیاز دادند.

#### آزمون‌های میکروبی

برای شمارش تعداد کل میکروارگانیسم‌های مزوفیل هوازی، از محیط کشت پلیت‌کانت‌آگار و نیز از روش کشت آمیخته و گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸-۱۸ ساعت استفاده‌شد. برای شمارش هر گروه از میکروارگانیسم‌ها (کپک و مخمر و باکتری‌ها) پلیت‌هایی با ۳۰ تا ۳۰۰ کلنی انتخاب و پس از شمارش کلنی‌ها، نتایج به‌صورت متوسط لگاریتم تعداد کلنی در هر میلی‌لیتر ( $\log \text{ cfu/ml}$ ) گزارش

$As$  = میزان جذب نمونه پس از اضافه شدن محلول آبلیمو؛  $Ac$  = میزان جذب نمونه شاهد (آب مقطر) است که به‌جای نمونه با محلول DPPH مخلوط شده‌است.

#### تعیین میزان کل ترکیبات فنلی

به‌منظور اجرای آزمایش، هفت لوله آزمایش برداشته‌شد. پنج لوله آزمایش برای محلول‌های استاندارد یا نمونه‌های کنترل مثبت، یک لوله برای شاهد و یک لوله برای نمونه آبلیمو در نظر گرفته شد. در لوله آزمایش مربوط به نمونه، ۱۰۰ میکرولیتر از محلول رقیق شده آبلیمو با اتانول (به نسبت ۵۰:۵۰) با میکروپیپت اضافه شد. در هر یک از پنج لوله آزمایش کنترل مثبت نیز مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از محلول‌های گالیک‌اسید رقیق شده با میکروپیپت اضافه شد.

در لوله آزمایش مربوط به کنترل منفی یا شاهد، مقدار ۱۰۰ میکرولیتر اتانول ۵۰ درصد ریخته شد. به هر لوله آزمایش ۷۵۰ میکرولیتر محلول رقیق شده فولین‌سیاکولیت افزوده شد و پس از اختلاط کامل لوله‌ها، برای ۵ دقیقه در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند. به هر لوله ۷۵۰ میکرولیتر محلول ۶ درصد کربنات سدیم برای انجام واکنش احیا و تشدید رنگ اضافه شد. لوله‌ها به‌مدت ۶۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شدند. پیش از خواندن میزان جذب، صفر دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV2100، چین) با نمونه کنترل منفی در طول موج ۷۸۰ نانومتر تنظیم و جذب نمونه و کنترل مثبت در این طول موج قرائت شد و منحنی واسنجی رسم گردید. برای تعیین غلظت پلی‌فنل کل نمونه مجهول، از رسم منحنی واسنجی و محاسبه غلظت نمونه با معادله

### بحث و نتیجه‌گیری

#### تغییرات pH در شرایط مختلف نگهداری آبلیمو

تغییرات pH آبلیمو در شرایط مختلف نگهداری شامل دمای محیط (۲۵ درجه سلسیوس)، دمای یخچال (۴ درجه سلسیوس) و دمای فریزر (۱۸- درجه سلسیوس) در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج آنالیز داده‌ها حاکی از آن است که تأثیر شرایط مختلف نگهداری بر تغییرات pH از نظر آماری معنی‌دار است. میزان pH در دماهای مختلف طی دوره نگهداری کاهش یافت به طوری که در دمای ۲۵ درجه سلسیوس مقدار آن (۲/۳۰) و بیشترین مقدار مربوط به دمای فریزر (۲/۵۲) بود. pH طبیعی آبلیمو در شرایط عادی و بدون هیچ محرک خارجی و درونی ۲/۷-۲/۲ است.

شد. برای شمارش کپک‌ها و مخمرها از روش کشت سطحی و محیط کشت مخمر گلوکز کلرامفنیکل آگار استفاده شد.

پس از خشک شدن سطح پتری‌ها، به صورت وارونه به مدت ۳ تا ۵ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری شدند (ISIRI, 1991).

#### آنالیز آماری

داده‌های حاصل توسط آنوای یک‌طرفه (one-way ANOVA) با سطح اطمینان ۹۵ درصد آنالیز شدند. تمام آزمون‌ها با سه تکرار انجام شدند. همه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 19.0 (SPSS Inc. آمریکا) انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن ( $P < 0.05$ ) و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

جدول ۱- میانگین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آبلیمو در روزها و شرایط مختلف نگهداری

شرایط نگهداری	مدت نگهداری (روز)	pH	اسیدیته (درصد اسیدسیتریک)	مواد جامد انحلال‌پذیر در آب (درصد)	اسید آسکوربیک (میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر)	درصد مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد DPPH	ترکیبات فنلی (میلی گرم بر میلی لیتر)
محیط	۱	۲/۶۶±۰/۱۳ <sup>aA</sup>	۵/۵۲±۰/۰۸ <sup>dA</sup>	۸/۴۶±۰/۰۸ <sup>cB</sup>	۵۲/۶۶±۰/۳۸ <sup>a</sup>	۶۳/۲۳±۰/۰۳ <sup>aA</sup>	۰/۷۳۵±۰/۰۳۰ <sup>aA</sup>
	۱۵	۲/۴۲±۰/۰۸ <sup>bB</sup>	۵/۸۲±۰/۰۳ <sup>cA</sup>	۸/۸۶±۰/۰۱ <sup>cB</sup>	۳۹/۸۳±۰/۰۹ <sup>bC</sup>	۴۹/۳۳±۰/۰۳ <sup>bC</sup>	۰/۴۲۴±۰/۰۴۰ <sup>bC</sup>
	۳۰	۲/۴۰±۰/۰۵ <sup>cC</sup>	۵/۹۱±۰/۰۱ <sup>bA</sup>	۹/۲±۰/۲۹ <sup>bC</sup>	۲۶/۳±۰/۳۸ <sup>cC</sup>	۴۵/۳۳±۰/۱۱ <sup>bB</sup>	۰/۱۷۸±۰/۰۰۶ <sup>cC</sup>
	۴۵	۲/۳۰±۰/۰۳ <sup>cB</sup>	۶/۳۱±۰/۰۳ <sup>aA</sup>	۹/۵±۰/۰۶ <sup>aC</sup>	۱۱/۱۶±۰/۱۳ <sup>dC</sup>	۲۷±۰/۰ <sup>cB</sup>	۰/۱۰۹±۰/۰۰۶ <sup>dC</sup>
یخچال	۱	۲/۶۶±۰/۰۶ <sup>aA</sup>	۵/۵۲±۰/۰۳ <sup>cA</sup>	۸/۴۶±۰/۰۸ <sup>cB</sup>	۵۲/۶۶±۰/۳۸ <sup>a</sup>	۶۳/۲۳±۰/۰۳ <sup>aA</sup>	۰/۷۳۵±۰/۰۳۰ <sup>aA</sup>
	۱۵	۲/۶۰±۰/۰۳ <sup>aA</sup>	۵/۷۱±۰/۰۳ <sup>bB</sup>	۹/۴۳±۰/۰۵ <sup>bB</sup>	۴۳/۵±۰/۲۸ <sup>bB</sup>	۵۵/۳۱±۰/۰۱ <sup>bB</sup>	۰/۶۳۸±۰/۰۰۸ <sup>bA</sup>
	۳۰	۲/۵۲±۰/۰۳ <sup>bB</sup>	۵/۷۹±۰/۰۲ <sup>bB</sup>	۹/۷۳±۰/۰۷ <sup>aB</sup>	۳۰/۳۳±۰/۱۱ <sup>cB</sup>	۵۳/۱۵±۰/۰۱ <sup>bA</sup>	۰/۱۹۰±۰/۰۰۵ <sup>bB</sup>
	۴۵	۲/۴۱±۰/۰۴ <sup>cB</sup>	۵/۹۶±۰/۰۱ <sup>aB</sup>	۹/۸۳±۰/۰۳ <sup>bA</sup>	۱۶/۵±۰/۴۶ <sup>dB</sup>	۴۸/۲۸±۰/۰۱ <sup>cA</sup>	۰/۱۵۷±۰/۰۰۵ <sup>dB</sup>
فریزر	۱	۲/۶۶±۰/۰۳ <sup>aA</sup>	۵/۵۲±۰/۰۳ <sup>cA</sup>	۸/۴۶±۰/۰۸ <sup>cB</sup>	۵۲/۶۶±۰/۳۸ <sup>a</sup>	۶۳/۲۳±۰/۰۳ <sup>aA</sup>	۰/۷۳۵±۰/۰۳۰ <sup>aA</sup>
	۱۵	۲/۶۳±۰/۰۳ <sup>aA</sup>	۵/۶۹±۰/۰۵ <sup>bB</sup>	۹/۷۳±۰/۰۴ <sup>bA</sup>	۴۸/۳۳±۰/۲۶ <sup>bA</sup>	۵۹/۶۶±۰/۱۲ <sup>bA</sup>	۰/۵۵۴±۰/۰۵۰ <sup>bB</sup>
	۳۰	۲/۵۹±۰/۰۱ <sup>aA</sup>	۵/۷۳±۰/۰۱ <sup>bC</sup>	۹/۸۳±۰/۰۳ <sup>bA</sup>	۳۲/۸۳±۰/۴۲ <sup>cA</sup>	۵۴/۲۶±۰/۰۱ <sup>bA</sup>	۰/۴۴۶±۰/۰۰۴ <sup>cA</sup>
	۴۵	۲/۵۲±۰/۰۵ <sup>bA</sup>	۵/۹۳±۰/۰۲ <sup>aC</sup>	۱۰/۱±۰/۳۳ <sup>aA</sup>	۲۰/۶۶±۰/۴۶ <sup>dA</sup>	۴۹/۱۰±۰/۰۵ <sup>cA</sup>	۰/۳۵۵±۰/۰۰۴ <sup>dA</sup>

حروف مشترک کوچک و بزرگ به ترتیب بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار در هر شرایط نگهداری و بین شرایط نگهداری مختلف در هر ستون است ( $P > 0.05$ ).

اشاره کرد. با افزایش دما، قدرت یونیزاسیون آبلیمو بیشتر می‌شود و pH کاهش پیدا می‌کند. دلیل این موضوع آن است آبلیمو دارای میزان بالایی از

از عوامل مؤثر بر pH آبلیمو می‌توان به فشار محیط، دمای محیط، نوع ذرات تشکیل دهنده آبلیمو، میزان برهم کنش اجزای تشکیل دهنده آن

چهل و پنجم در دماهای ۲۵ درجه سلسیوس، ۴ درجه سلسیوس و ۱۸- درجه سلسیوس به ترتیب برابر ۶/۳۱، ۵/۹۶ و ۵/۹۳ گرم اسیدسیتریک در صد گرم آبلیمو است. همان گونه که در جدول ۱ مشاهده می شود، با کاهش مقدار pH در شرایط مختلف نگهداری، اسیدیته افزایش یافته است. صداقت و حسینی (Sedaghat & Hosseini, 2011) نشان دادند که تغییرات اسیدیته آبلیمو در دماهای مختلف نگهداری تفاوت معنی داری از نظر آماری ندارد. همچنین مارسایلا و همکاران (Marcilla *et al.*, 2006) نشان دادند که بین اسیدیته قابل تیتراژ و دمای نگهداری در مرکبات رابطه مثبت وجود دارد.

#### تغییرات مواد جامد انحلال پذیر در آب (بریکس) در شرایط مختلف نگهداری آبلیمو

تغییرات بریکس در نمونه های آبلیموی نگهداری شده در دماهای مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. بررسی تأثیر شرایط مختلف نگهداری آبلیمو، نشان می دهد که بریکس با افزایش دمای نگهداری کاهش و با گذشت زمان نگهداری، برعکس به طور معنی داری افزایش یافته است تا آنجا که بیشترین بریکس در روز چهل و پنجم و در دماهای ۲۵ درجه سلسیوس، ۴ درجه سلسیوس و ۱۸- درجه سلسیوس به ترتیب برابر ۹/۵، ۹/۸۳ و ۱۰/۱ درصد است؛ که روند این تغییرات با نتیجه تحقیقات شیرپور و همکاران (Shirpour *et al.*, 2016) مطابقت دارد. بریکس، شاخصی از میزان قند انحلال پذیر در آب و ویسکوزیته است و با توجه به این که در دماهای بالا، ویسکوزیته کاهش می یابد و همچنین ممکن است به علت تشدید برخی فعالیت های متابولیکی قند تجزیه و تبدیل به اسید شود، در نتیجه بریکس نیز کاهش می یابد. نتایج این تحقیق همخوانی دارد با نتایج تحقیقات ماگراوموف و

اسیدهای آلی به ویژه اسیدسیتریک است (Rafiae & Ramezani, 2012) و این ترکیب منجر به افت pH محیط تا سطوح پایین تر می شود.

مطالعات لیساردلو و موراتور (Licciardello & Muratore, 2011) روی اثر دما و بعضی از ترکیبات اضافه شده در پرتقال خونی در دو دمای ۲۰ و ۳۵ درجه سلسیوس نشان داد که در دوره نگهداری به دلیل فعالیت میکروبی، pH کاهش یافته که با نتایج به دست آمده از این تحقیق مطابقت دارد. بررسی ها نشان می دهد در هر دمای نگهداری، کاهش pH رابطه خطی و معکوس با افزایش اسیدیته دارد. با افزایش اسیدیته، میزان pH نیز کاهش می یابد. کاهش pH ناشی از افزایش دمای نگهداری را می توان به دلیل تجزیه اسیدآسکوربیک و اسید سیتریک و سایر اسیدهای آلی موجود در آبلیمو در دماهای بالای نگهداری دانست. صداقت و حسینی (Sedaghat & Hosseini, 2011) نشان دادند دمای نگهداری تأثیر معنی داری بر pH آبلیمو ندارد. همچنین رحیمی (Rahimi, 2016) نشان داد که در دوره نگهداری، میزان pH نمونه آب آناناس در دمای اتاق به میزان ۱۵ درصد و در دمای یخچال به میزان ۱۷ درصد افزایش می یابد.

#### تغییرات اسیدیته در شرایط مختلف نگهداری آبلیمو

تغییرات اسیدیته آبلیمو در شرایط مختلف نگهداری شامل دمای محیط (۲۵ درجه سلسیوس)، دمای یخچال (۴ درجه سلسیوس) و دمای فریزر (۱۸- درجه سلسیوس) در جدول ۱ نشان داده شده است. بررسی تأثیر شرایط مختلف نگهداری آبلیمو نشان می دهد که با افزایش دمای نگهداری و طول دوره نگهداری مقدار اسیدیته به طور معنی داری افزایش داشته است. میزان اسیدیته آبلیمو در دماهای پایین تر، کمتر بوده است؛ به طوری که در روز

تازه شده است. نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تأثیر مدت‌زمان و دمای نگهداری بر میزان ویتامین‌ها از نظر آماری معنی‌دار است ( $p < 0.05$ ) و نمونه‌های نگهداری شده در دمای پایین‌تر محتوی مقدار بیشتری ویتامین‌ها هستند. کلیم و همکاران (Kaleem *et al.*, 2016) با بررسی تأثیر دما بر میزان ویتامین‌ها در آب میوه تازه بسته‌بندی شده، می‌گویند زمانی که آب‌میوه بسته‌بندی می‌شود، ویتامین‌ها بیشتری از دست می‌رود. بیشترین میزان ویتامین‌ها در لیموی تازه مشاهده شده است. سیب، پرتقال، آناناس، انبه و هندوانه، میزان کمتری ویتامین‌ها دارند. تأثیر دما بر لیموی تازه بیشتر است تا بر بقیه، نجکو و همکاران (Njoku *et al.*, 2011) اثر دما را بر میزان ویتامین‌ها در مرکبات بررسی کردند و نشان دادند که هرچه دمای نگهداری و فرایند کمتر باشد، غلظت ویتامین‌ها در آب‌میوه بیشتر است و در نتیجه اعلام کردند که بهتر است که مرکبات در دمای کمتر از دمای اتاق نگهداری شوند.

#### اندازه‌گیری قدرت آنتی‌اکسیدانی

نتایج درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH که به نوعی نشان‌دهنده فعالیت آنتی‌اکسیدانی آبلیمو در شرایط مختلف نگهداری است در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج آنالیز داده‌ها حاکی از آن است که تأثیر شرایط مختلف نگهداری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی از نظر آماری معنی‌دار است. درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد طی دوره نگهداری و در ماه‌های مختلف به طور معنی‌دار افزایش یافته است به طوری که بیشترین مقدار آن در آبلیموی نگهداری شده در دمای محیط و در روز اول بوده است (۶۳/۲۳ درصد). فعالیت آنتی‌اکسیدانی آبلیمو در انتهای دوره نگهداری در مورد آبلیموی نگهداری

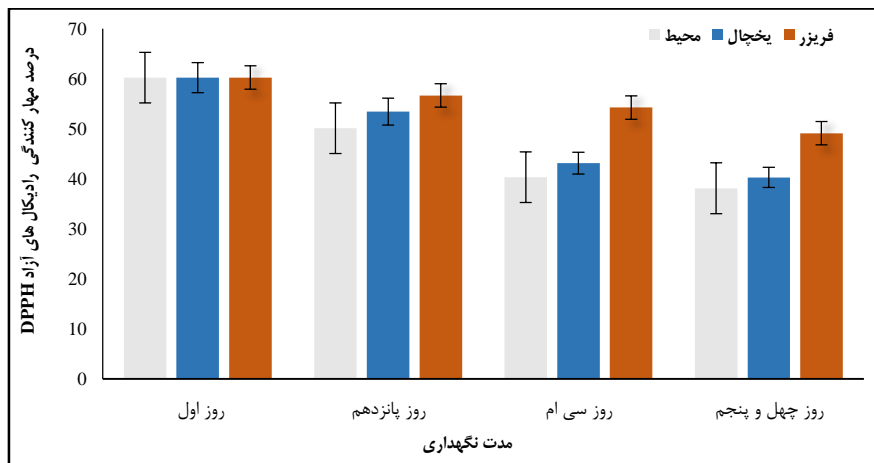
همکاران (Magerramov *et al.*, 2007) که نشان دادند ویسکوزیته آب‌نارنگی و لیمو در اثر افزایش دمای نگهداری کاهش و در نتیجه بریکس کاهش می‌یابد.

#### اندازه‌گیری میزان اسیدآسکوربیک (ویتامین C)

تغییرات ویتامین C در شرایط مختلف نگهداری در جدول ۱ نشان داده شده است. بررسی تأثیر شرایط مختلف نگهداری آبلیمو، نشان می‌دهد که ویتامین C با افزایش دما و دوره نگهداری، در کلیه شرایط کاهش آماری معنی‌داری داشته است به طوری که دامنه تغییرات از روز اول تا روز چهل و پنجم در دمای ۲۵ درجه سلسیوس از ۵۲/۶۶ به ۱۱/۱۶، در دمای ۴ درجه سلسیوس از ۴۳/۵۰ به ۱۶/۵۰ و در دمای ۱۸- درجه سلسیوس از ۴۸/۳۳ به ۲۰/۶۶ میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر بود. ویتامین C به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی، تأثیرات حفاظت‌کنندگی در برابر تشکیل رادیکال‌های آزاد و بروز بیماری‌های مختلف دارد، اما به دلیل ساختار ویژه خود، سریع اکسید می‌شود و طی دوره نگهداری از بین می‌رود. سرعت تخریب ویتامین C تا حد زیادی وابسته به دمای نگهداری فرآورده است. در نتیجه دمای نگهداری اثری معنی‌دار بر کاهش ویتامین C دارد. به طوری که با افزایش دما میزان ویتامین C کاهش می‌یابد. این روند با نتایجی که بردرلو و همکاران (Burdurlu *et al.*, 2006) و الزوبیدی و خلیل (Al-Zubaidy & Khalil, 2007) در مورد سایر مرکبات گزارش کرده‌اند همخوانی دارد. مقایسه میزان ویتامین C آب‌نارنج تازه و کنسانتره آب‌نارنج تولید شده در ماه‌های ۵۰ تا ۸۰ درجه سلسیوس نشان داده است که فرآیند تغلیظ در ماه‌های ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس باعث کاهش معنی‌داری در میزان ویتامین C نسبت به آب‌نارنج

حفظ می‌شوند. ترکیبات فنلی در اثر نگهداری در دماهای بالاتر از بین می‌روند. همین امر نیز موجب کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی آبلیمو در دماهای بالاتر می‌شود. نتایج این تحقیق در خصوص افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در دماهای پایین با نتایج تحقیقات آلن و اورت (Allen & Ort, 2001) مطابقت دارد.

شده در دمای یخچال و فریزر به ترتیب تا ۴۸/۲۸ و ۴۹/۱۰ درصد کاهش نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد که افزایش قدرت آنتی‌اکسیدانی در دماهای پایین به علت حفظ بهتر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند کاروتنوئیدها، اسید آسکوربیک و ... در آبلیمو است. این ترکیبات در اثر افزایش دما ناپایدارند و به سرعت از بین می‌روند؛ اما در دماهای پایین بیشتر



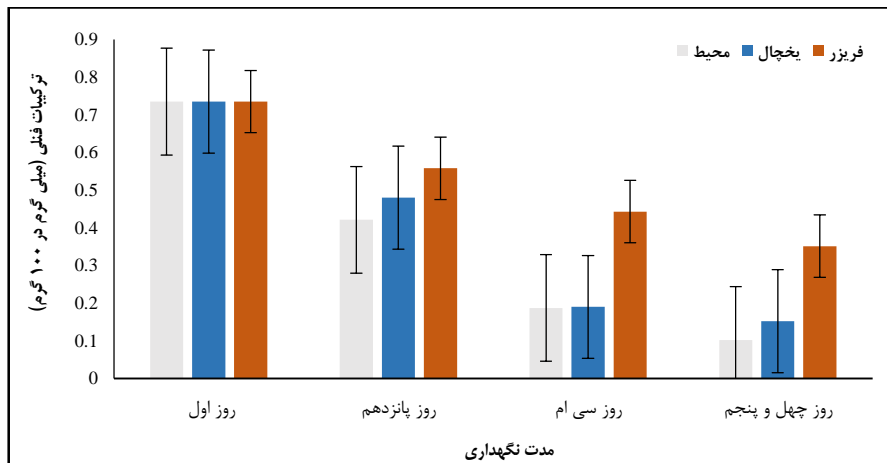
شکل ۱- اثر دمای نگهداری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی آبلیمو طی دوره نگهداری

که میزان آنها به شرایط نگهداری و واریته میوه بستگی دارد. یکی از عوامل مؤثر بر کاهش میزان ترکیبات فنلی، دمای نگهداری است که با افزایش دمای نگهداری، میزان این ترکیبات کاهش می‌یابد که ممکن است به علت شرکت آنها در فعالیت‌های متابولیکی مانند تنفس و تولید اتیلن در میوه باشد. شکسته شدن کاروتنوئید در اثر نگهداری در دمای بالا نیز می‌تواند یکی از عوامل مؤثر بر کاهش ترکیبات فنلی در آبلیمو باشد. نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج تحقیقات پارک و کانگ (Park & Kang, 2015) روی میوه کیوی همخوانی دارد که نشان دادند ترکیبات فنلی با افزایش دما کاهش می‌یابد و در عین حال تطابق قوی بین میزان ترکیبات پلی‌فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه کیوی وجود دارد.

## تغییرات ترکیبات فنلی در شرایط مختلف نگهداری آبلیمو

تغییر ترکیبات فنلی آبلیمو در شرایط مختلف نگهداری در شکل ۲ نشان داده شده است. تأثیر دماها و زمان‌های مختلف نگهداری بر تغییرات ترکیبات فنلی از نظر آماری معنی‌داری بود. بیشترین مقدار ترکیبات فنلی روز اول ۰/۷۳۵ میلی‌گرم در صدگرم اندازه‌گیری شد اما در پایان دوره، این مقدار ترکیبات فنلی در دمای فریزر به ۰/۳۵۵ میلی‌گرم در صدگرم، در دمای یخچال به ۰/۱۵۷ میلی‌گرم در صدگرم و در دمای محیط به ۰/۱۰۹ میلی‌گرم در صدگرم کاهش یافت. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در دماهای پایین نگهداری آبلیمو، مقدار ترکیبات فنلی بالاتر بوده است. ترکیبات فنلی از جمله اجزای تشکیل دهنده اغلب آبمیوه‌ها هستند



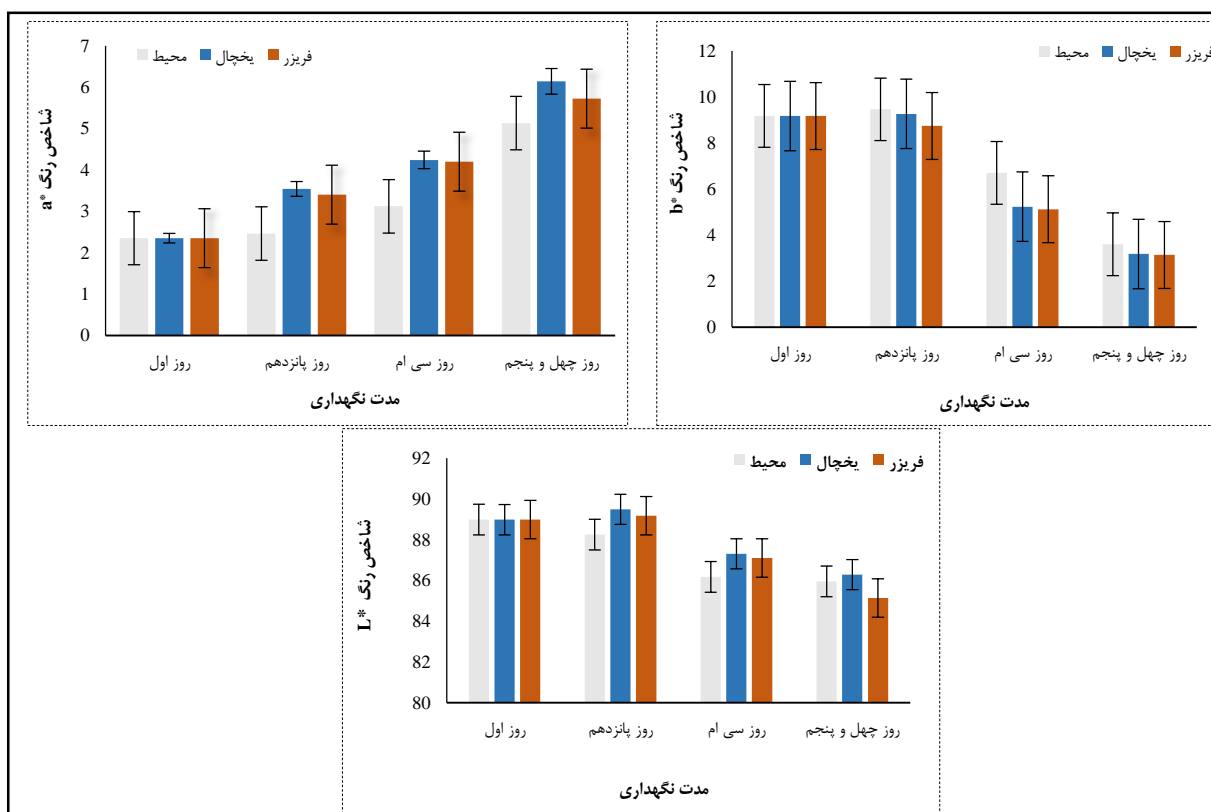


شکل ۲- اثر دمای نگهداری بر مقدار ترکیبات فنلی آلبلیمو در دوره نگهداری

اندازه گیری رنگ (کالریمتری) (Rhim *et al.*, 1989a & 1989b) در مورد رنگ آب‌انگسور، راتاناثانالرک و همکاران (Rattanathanalerk *et al.*, 2005) در بررسی رنگ آب آناناس و چاتینتراسری و نومهورم (Chutintrasri & Noomhorm, 2007) روی تغییرات رنگ پوره آناناس مؤید این مطلب است که افزایش دما سبب کاهش روشنایی نمونه‌ها می‌شود. در شکل ۳ دیده می‌شود که شاخص‌های رنگ در دوره نگهداری دچار تغییر شده‌اند. کاهش شاخص  $L^*$  نشانگر تغییر در شفافیت آلبلیمو و کدر شدن رنگ است. افزایش در شاخص  $a^*$  بیان کننده افزایش رنگ قرمز است که انتظار می‌رود در چنین حالتی رنگ قهوه‌ای افزایش یافته باشد و کاهش شاخص  $b^*$  نشانه‌ای از کاهش رنگ زرد آلبلیمو طی دوره نگهداری است. تفسیر داده‌ها از نتایج  $a^*$  و  $b^*$  برای تعیین میزان قهوه‌ای شدن سخت است که دلیل آن تفاوت در رنگ اولیه در شرایط محیطی، یخچال و فریزر است.

### اندازه گیری رنگ (کالریمتری)

رنگ نمونه‌های آلبلیمو با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج لایو بانند (LOVIBOND مدل EBC COLOR POD) ارزیابی و مقادیر  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  تعیین شد. شاخص  $L^*$  معرف میزان روشنی نمونه است و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) تغییر می‌کند. شاخص  $a^*$  میزان نزدیکی رنگ نمونه به سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص  $b^*$  میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر است. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است با افزایش دما و طول دوره نگهداری، افزایش معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) در شاخص  $a^*$  مشاهده می‌شود درحالی‌که شاخص‌های  $b^*$  و  $L^*$  کاهش یافته‌اند. نتایج حاصل از مطالعات ریم و همکاران



شکل ۳- اثر دمای نگهداری بر تغییر شاخص‌های رنگی در دوره نگهداری آلبیمو

است، pH اسیدی آلبیمو محیط نامطلوبی برای رشد سایر میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌آورد. نتایج این تحقیق همخوانی دارد با نتایج تحقیقات رایبودی- ماسیلیا و همکاران (Raybaudi-Massilia *et al*, 2009) که نشان دادند با استفاده از دماهای پایین نگهداری می‌توان از رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها روی لیموی تازه بریده شده و آلبیمو جلوگیری کرد. پیش از این، تصور می‌شد که غذاهای اسیدی مانند مرکبات و محصولات آنها برای مصرف مستقیم ایمن هستند زیرا بقای میکروارگانیسم‌ها در سطوح پایین pH دشوار است. با این حال گزارش‌های موجود نشان می‌دهد که بقای میکروارگانیسم‌ها بیماری‌زا حتی در pH پایین یا اسیدی برای مدت‌زمان طولانی بیماری‌زاست (Bhat & Sridhar, 2011).

### اثر دما بر تعداد میکروارگانیسم‌ها در دوره نگهداری

نتایج شمارش کپک، مخمر و تعداد کل باکتری‌های مزوفیل در آلبیمو در دماها و روزهای مختلف نگهداری در جدول ۲ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که با افزایش دمای نگهداری، تعداد میکروارگانیسم‌های شمارش شده در آلبیمو بیشتر است. کمترین آلودگی میکروبی در نمونه‌های نگهداری شده در دمای زیر صفر مشاهده می‌شود. نگهداری آلبیمو در دماهای بالاتر موجب می‌شود که شرایط مناسب‌تری از نظر دمایی برای میکروارگانیسم‌ها از جمله کپک و مخمر فراهم گردد. در شرایط طبیعی، مطلوب‌ترین دما برای رشد کپک و مخمر ۲۵ درجه سلسیوس است. عامل اصلی فساد میکروبی در آلبیمو کپک و مخمر

جدول ۲- اثر دمای نگهداری بر بار میکروبی (log cfu/ml) آلبیمو طی دوره نگهداری

نگهداری	کیک			مخمر			تعداد کل باکتری‌های مزوفیل		
	دمای محیط	یخچال	فریزر	دمای محیط	یخچال	فریزر	دمای محیط	یخچال	فریزر
۱	۳/۴۶±۰/۲۶ <sup>a</sup>	۳/۴۷±۰/۲ <sup>ba</sup>	۳/۴۷±۰/۲ <sup>da</sup>	۴/۲۴±۰/۰۳ <sup>ba</sup>	۴/۲۴±۰/۱ <sup>ba</sup>	۴/۲۴±۰/۱ <sup>a</sup>	۶/۴۵±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۶/۳۲±۰/۰۷ <sup>a</sup>	۶/۴۵±۰/۰۱ <sup>a</sup>
۱۵	۳/۵۸±۰/۱۶ <sup>a</sup>	۳/۲۳±۰/۱۹ <sup>bb</sup>	۲±۰/۰۸ <sup>ca</sup>	۴/۲۱±۰/۰۶ <sup>ba</sup>	۳/۳۹±۰/۰۱ <sup>db</sup>	۳±۰/۱۷ <sup>bc</sup>	۴/۳۵±۰/۱۱ <sup>ca</sup>	۴/۳۹±۰/۰۱ <sup>ca</sup>	۲±۰/۰۳ <sup>cb</sup>
۳۰	۴/۶۵±۰/۲ <sup>ba</sup>	۳/۲۱±۰/۰۵ <sup>bc</sup>	۴/۰۴±۰/۰۴ <sup>bb</sup>	۴/۴۷±۰/۱۵ <sup>ca</sup>	۴/۴۳±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۳±۰/۰۹ <sup>bb</sup>	۶/۴۱±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۶/۳۴±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۳±۰/۰۳ <sup>bb</sup>
۴۵	۵/۷۳±۰/۲۳ <sup>a</sup>	۴/۴۳±۰/۰۲ <sup>ab</sup>	۴/۳۲±۰/۱۵ <sup>ac</sup>	۶/۷۲±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۳/۸۶±۰/۱ <sup>c</sup>	۴/۱۳±۰/۰۳ <sup>ab</sup>	۵/۹۸±۰/۰۴ <sup>ba</sup>	۵/۹۶±۰/۰۹ <sup>ba</sup>	۴/۳۹±۰/۱۱ <sup>ab</sup>

حروف مشترک کوچک و بزرگ به ترتیب بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار در هر ستون و ردیف مربوط به هر سرستون است (P>0.05)

### ارزیابی حسی

می‌توان گفت که افزایش دما موجب کاهش پذیرش آلبیمو می‌شود. این امر ناشی از تخریب شدیدتر ویتامین ث (آسکوربیک اسید) در این دمای نگهداری است در نتیجه ویژگی‌های حسی مانند طعم و رنگ فراورده را تحت تأثیر قرار می‌دهد و روی پذیرش کلی آن اثر می‌گذارد. نتایج به دست آمده با نتایج تحقیقات صداقت و حسینی (Sedaghat & Hosseini, 2011) همخوانی دارد که نشان دادند با افزایش دما، کاهشی معنی‌دار در ویژگی‌های مختلف حسی آلبیمو، مشاهده می‌گردد.

نتایج داده‌های آزمون حسی حاکی از آن است که با افزایش دما و مدت‌زمان نگهداری، طعم و بو و پذیرش کلی آلبیمو به صورت کاملاً معنی‌داری کاهش می‌یابد (جدول ۳). میانگین امتیازهای حسی آلبیمو در شرایط مختلف نگهداری قابل قبول ارزیابی گردید. تغییر میزان اسیدآسکوربیک موجود در آلبیمو یکی از عوامل مؤثر در تغییر خصوصیات حسی آن است. نتایج به دست آمده با نتایج گزارش ویل و همکاران (Will et al., 2014) مطابقت دارد.

جدول ۳- اثر دمای نگهداری بر میانگین امتیازات حسی آلبیمو طی دوره نگهداری

شرايط نگهداری	زمان نگهداری (روز)	رنگ	عطر و بو	طعم
محیط	صفر	۴/۹±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۴/۹±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۵±۰/۰۱ <sup>a</sup>
	۱۵	۳/۶±۰/۱۳ <sup>e</sup>	۳/۹±۰/۱۵ <sup>e</sup>	۳/۶۵±۰/۰۵ <sup>d</sup>
	۳۰	۲/۵۳±۰/۰۹ <sup>g</sup>	۲/۲۳±۰/۱۱ <sup>h</sup>	۲/۹۲±۰/۱۹ <sup>f</sup>
	۴۵	۲/۲±۰/۰۲ <sup>h</sup>	۲/۴±۰/۱۴ <sup>g</sup>	۲/۱±۰/۱۴ <sup>g</sup>
یخچال	صفر	۴/۹±۰/۱۱ <sup>a</sup>	۴/۹±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۵±۰/۰۵ <sup>a</sup>
	۱۵	۳/۹۳±۰/۱۳ <sup>d</sup>	۴/۲±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۴±۰/۱۵ <sup>c</sup>
	۳۰	۳/۵۳±۰/۱۰ <sup>e</sup>	۴/۳±۰/۱۹ <sup>c</sup>	۳/۲±۰/۱ <sup>e</sup>
	۴۵	۲/۸۶±۰/۱۵ <sup>f</sup>	۲/۹±۰/۰۴ <sup>f</sup>	۳±۰/۱۲ <sup>f</sup>
فریزر	صفر	۴/۹±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۴/۹±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۵±۰/۱۱ <sup>a</sup>
	۱۵	۴/۲۶±۰/۱۳ <sup>b</sup>	۴/۶±۰/۰۹ <sup>b</sup>	۴/۵±۰/۰۲ <sup>b</sup>
	۳۰	۴/۱۳±۰/۱۹ <sup>c</sup>	۴/۱±۰/۱۴ <sup>d</sup>	۴±۰/۰۹ <sup>c</sup>
	۴۵	۳/۶±۰/۰۵ <sup>e</sup>	۳/۹±۰/۰۵ <sup>e</sup>	۳/۵±۰/۱۲ <sup>d</sup>

حروف مشترک کوچک بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار در هر ستون هاست (P>0.05)

مارسیلا و همکاران (Marcilla et al., 2006) سلسیوس بیشترین بدطعمی و کمترین میزان طعم می‌گویند مرکبات نگهداری شده در ۲۵ درجه طبیعی را به دست می‌دهد. میانگین امتیازات حسی

افزایش دمای نگهداری، اسیدیتته و بریکس افزایش و pH کاهش می‌یابد. ویژگی‌های میکروبی شامل شمارش کپک، مخمر و تعداد کل میکروارگانیسم‌ها در دماهای پایین‌تر بیانگر کیفیت میکروبی بهتر آن بود. هم‌چنین نتایج نشان داد که میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی با ترکیبات پلی‌فنلی رابطه مستقیم دارد و با افزایش دمای نگهداری میزان هر دو کاهش می‌یابد و از طرفی خصوصیات حسی آبلیمو در دمای محیط نسبت به دمای نگهداری در فریزر و یخچال، دچار تغییرات بیشتری می‌شود. به طور کلی بر اساس نتایج این پژوهش، بهترین خصوصیات کیفی آبلیمو در دمای نگهداری زیر صفر (۱۸- درجه سلسیوس) حاصل گشت.

آبلیمو در شرایط مختلف نگهداری قابل قبول ارزیابی گردید که نتیجه به دست آمده با گزارش ویل و همکاران (Will *et al.*, 2014) مطابقت دارد. مارسایلا و همکاران (Marcilla *et al.*, 2006) اثر دماهای مختلف ۵، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس را بر طعم مرکبات بررسی کردند و نشان دادند که دماهای بالاتر طعم مطلوب پرتقال را کاهش می‌دهند و حضور طعم نامطلوب را در دوره نگهداری تشدید می‌کنند. این مسئله تأثیر نامطلوب بر کیفیت حسی میوه دارد.

### نتیجه‌گیری

بررسی اثر دماهای بالا و زیر صفر بر نگهداری آبلیمو و خصوصیات کیفی آن نشان داد که با

### مراجع

- Allen, D. J. and Ort, D. R. 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. *Trends in Plant Science*. 6(1): 36-41.
- Al-Zubaidy, M. M. I. and Khalil, R. A. 2007. Kinetic and prediction studies of ascorbic acid degradation in normal and concentrate local lemon juice during storage. *Food Chemistry*. 101(1): 254- 259.
- Bhat, R. and Sridhar, K. R. 2011. Influence of ionizing radiation and conventional food processing treatments on the status of free radicals in lotus seeds: An ESR study. *Journal of Food Composition and Analysis*. 24(4-5): 563-567.
- Burdurlu, H. S., Koca, N. and Karadeniz, F. 2006. Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of Food Engineering*. 74(2): 211-216.
- Chutintrasri, B. and Noomhorm, A. 2007. Color degradation kinetics of pineapple puree during thermal processing. *LWT- Food Science and Technology*. 40(2): 300-306.
- ISIRI. 2007. Fruit Juice-Test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. ISIRI No.2685. (in Persian)
- ISIRI. 2011. Fruits, vegetables and derived products-determination of ascorbic acid-part 2: routine method. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. ISIRI No.14617-2. (in Persian)
- ISIRI. 2018. Lime/Lemon Juice-Specifications and test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. ISIRI No.117. (in Persian)
- Kaleem, A., Nazir, H., Samra- Pervaiz, M. I., Abdullah, R., Aftab, M. and Naz, S. 2016. Investigation of the effect of temperature on vitamin C in fresh and packed fruit juices. *Fuuast Journal of Biology*. 6(1): 100-105.
- Licciardello, F. and Muratore, G. 2011. Effect of temperature and some added compounds on the stability of blood orange marmalade, *Journal of Food Science*. 76 (7): 1094-1100.

- Magerramov, M. A., Abdulagatov, A. I., Asimov, N. D. and Abdulagatov, I. M. 2007. Effect of temperature, concentration, and pressure on the viscosity of pomegranate and pear juice concentrates. *Journal of Food Engineering* 80(2): 476-489.
- Marcilla, A., Zero, M. and Del- Río, M. A. 2006. Effect of storage temperature on the flavour of citrus fruit. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 4(4): 336-344.
- Njoku, P. C., Ayuk, A. A. and Okoye, C. V. 2011. Temperature effects on vitamin C content in citrus fruits. *Pakistan Journal of Nutrition*. 10(12): 1168-1169.
- Park, S. H. and Kang, D. H. 2015. Effect of temperature on chlorine dioxide inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on spinach, tomatoes, stainless steel, and glass surfaces. *International Journal of Food Microbiology*. 275: 39-45.
- Rafiae, F. and Ramezani, R. 2012. Antimicrobial effects of essential oil and lemon extracts on oral microorganisms. *Journal of Microbiology Biotechnology, Islamic Azad University*. 7(21):35-49. (in Persian).
- Rahimi, E. 2016. Lead and cadmium concentrations in goat, cow, sheep, and buffalo milks from different regions of Iran. *Food Chemistry*. 136(2): 389-391.
- Rattanathanalerk, M., Chiewchan, N. and Srichumpoung, W. 2005. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *Journal of Food Engineering*. 66(2): 259-265.
- Raybaudi-Massilia, R.M., Mosqueda-Melgar, J., Soliva-Fortuny, R. and Martín-Belloso, O. 2009. Control of pathogenic and spoilage microorganisms in fresh-cut fruits and fruit juices by traditional and alternative natural antimicrobials. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 8(3): 157-180.
- Rhim, J. W., Nunes, R. V., Jones, V. A. and Swartzel, K.R. 1989a. Determination of kinetic parameters using linearly increasing temperature. *Journal of Food Science*. 54(2): 446-450.
- Rhim, J. W., Nunes, R. V., Jones, V. A. and Swartzel, K. R. 1989b. Kinetics of color change of grape juice generated using linearly increasing temperature. *Journal of Food Science*. 54(3):776-777.
- Sedaghat, N. And Hoseini, F. 2011. Evaluation of physicochemical and sensory properties of lemon juice packed in PET containers. *Quarterly Journal of Food Science & Technology*. 8 (1):100-93. (in Persian).
- Shirpour, M., Hashemi-ravan, M. and Pourahmad, R. 2016. Investigation of organoleptic and organoleptic characteristics of probiotic fermented lime pulp. *Journal of Applied Microbiology in Food Industry*. 2(2): 40-50. (in Persian).
- Will, F., Schopplein, E., Ludwig, M., Steil, A., Turner, A. and Dietrich, H. 2014. Analytical and sensorial alterations of orange juice after hot bottling in PET. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*. 96(8): 279-284.
- Yi, A. Milner, J.A. and Filomeni, G. 2015. Chemical and sensory effects of glass and laminated carton packages on fruit juice products- Still a controversial topic. *LWT-Food Science and Technology*. 37(4): 481-488.

## **The Effect of Storage Temperatures on Physicochemical, Microbial and Sensory Properties of Lime Juice**

**M. Doroud, M. Daneshi\* and M. R. Nateghi**

\* Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University Yazd Branch, Yazd, Iran. E-mail: mdaneshi@iauyazd.ac.ir  
Received: 14 August 2018, Accepted: 10 May 2019

### **Abstract**

Lime juice is used to add flavor to foods and to prepare soft drinks. Basically, fresh lime juice is stored at ambient, cold or freezing temperatures immediately after being packed. In this research, the effects of different storage temperatures on physicochemical properties (pH, acidity, total soluble solid, polyphenolic compounds, antioxidant activity, ascorbic acid, and color), microbial features (mold and yeast, total count) and sensory properties of lime juice during the storage period (45 days) were evaluated. The results showed significant changes in pH, acidity and brix of lime juice so that the pH of product decreased, but acidity and brix increased, as the storage temperature of lime juice increased. The range of these changes in the freezer was less than that in other types of storage temperatures. Antioxidant capacity and total phenolic content decreased slightly over time at different temperatures that were higher at ambient storage. The maximum reduction, from 52.66 mg/g in 1<sup>st</sup> day to 11.16 mg/g in 45<sup>th</sup> day, was recorded for ascorbic acid at ambient temperature. The storage temperature also had a significant effect on counts of mold, yeast and total bacteria in lime juice during 45 days of storage. The microbial count of lime juice increased as storage duration and temperature increased but it was higher in ambient and cold storage. The results of sensory evaluation indicated a significant decrease in taste, odor, color and overall acceptance of lime juice as duration of storage and temperature increased. These results suggested that freezing of lime juice could have positive effects on preservation method to prolong shelf life with minimum qualitative changes in lime juice.

**Keywords:** Antioxidant properties, Ascorbic acid, Citrus, Fruit juice, Lime, Shelf life