Arcl f SID

تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۱۸/ شماره ٦٧/پاییز و زمستان ۱۳۹۸/ص ۲۸-۱۵

اثر دمای نگهداری بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی آبلیمو

مطهره درود[۱]، محمد دانشی[۲*]، محمدرضا ناطقی[۳]

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

آبلیمو یکی از انواع آبمیوه است که به‌عنوان طعم‌دهنده و افزودنی در نوشیدنی‌ها استفاده می‌شود. آبلیموی حاصل از آبگیری، معمولاً بلافاصله بسته‌بندی و در دمای یخچال، محیط و فریزر نگهداری می‌شود. در این پژوهش، اثر دماهای نگهداری فوق بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی (pH، اسیدیته، مواد جامد انحلال‌پذیر در آب، ترکیبات پلی-فنلی، خواص آنتی‌اکسیدانی، اسیدآسکوربیک، رنگ)، میکروبی (کپک، مخمر، شمارش‌کلی) و ویژگی‌های حسی آبلیمو در دورهٔ نگهداری و در روزهای ۱، ۱۵، ۳۰ و ٤٥ 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 دامنهٔ 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 ۵۲/٦٦ میلی‌گرم در گرم در روز اول به ۱۱/۱٦ میلی‌گرم در گرم در روز چهل‌و پنجم کاهش‌یافته 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 میکروارگانیسم‌ها 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 آبلیمو مشاهده می‌شود. به‌طورکلی این نتیجه به دست آمد که افزایش دما و مدت‌زمان نگهداری بر خواص آبلیمو تأثیر می‌گذارند 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

مرکبات گروهی از میوه‌ها هستند که از گذشته‌های بسیار دور به‌طور گسترده در مناطق جنوب شرقی آسیا کشت می‌شده‌اند و ازآنجا به سراسر جهان گسترش‌یافته‌اند. قدیمی‌ترین منبع شناخته‌شده دربارهٔ مرکبات به حدود ۸۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در متون سانسکریت برمی‌گردد. هم‌اکنون مرکبات در مناطق استوایی، نیمه‌استوایی و

* نگارنده مسئول: Email: mdaneshi@iauyazd.ac.ir

http://doi. 10.22092/fooder.2019.122744.1168

www.SID.ir

Archive of SID

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 تولیدکنندهٔ مرکبات عبارت‌اند از: برزیل، چین، ایالات‌متحده، 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)، گریپ فروت (Citrus *paradise* Macf)، پومولو (*Citrus grandis* Osb) و هیبریدهای آن (Njoku *et al.*, 2011).

ایران هفتمین تولیدکنندهٔ بزرگ لیموترش یا لیموعمانی در جهان است: لیموترش یا لیموعمانی یکی از مهمترین و اقتصادی‌ترین فراورده‌های باغی در جنوب کشور است. علاوه برکمیت 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 آبگیری در منزل یا فروشگاه افزایش یافته‌است که غالباً بدون هیچ فرایندی در بطری بسته‌بندی و نگهداری می‌شود. روش‌های مختلف نگهداری هم شامل نگهداری در دمای محیط، نگهداری در یخچال و اخیرا هم نگهداری در فریزر رایج شده است.

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

مواد و روش‌ها

مواد و دستگاه ها

در این آزمایش از هیدروکسیدسدیم، اسیداگزالیک و معرف فنل‌فتالئین (همه ساخت مرک (Merck) آلمان، معرف فولین‌سیوکالتیو (ساخت سیگما آلدریچ (Sigma Aldrich)) آمریکا، محیط کشت گلوکزکلرامفنیکل آگار و محیط کشت پلیت‌کانت‌آگار (هر دو ساخت شرکت بیولایف (Biolife) ایتالیا استفاده‌شد.

آماده‌سازی نمونه

لیموی تازه از بازار محلی خریداری و پس از شسته‌شدن، با آبلیموگیردستی 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 پرشده به مدت ۴۵ روز در دماهای مختلف ۴، ۲۵ و ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه‌برداری‌ها در روزهای یک (روز تولید)، پانزدهم، سی‌ام و چهل‌و 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 به‌ترتیب با محلول بافر با pH=۷ و محلول بافر با pH=۴ کالیبره شد. پس از آن با ریختن مقداری از نمونهٔ آبلیمو در یک بشرخشک و تمیز و گذاشتن الکترود pH متر داخل نمونه، pH خوانده شد (ISIRI, 2007).

تعیین اسیدیته

اسیدیتهٔ 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 فنل‌فتالئین به‌عنوان معرف اضافه و با محلول سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به رنگ صورتی کم‌رنگ تیتر شد. حجم مصرفی یادداشت شد و با استفاده از رابطهٔ ۱ میزان اسیدیته به‌دست آمد.

$$A = \frac{V \times 0.0064 \times 100}{m} \qquad (۱)$$

که در آن،

V = حجم مصرفی هیدروکسیدسدیم ۰/۱ نرمال برحسب میلی‌لیتر؛ m= وزن نمونه برحسب گرم؛ و A= اسیدیتهٔ کل برحسب اسیدسیتریک و بر حسب گرم در صدگرم است.

آزمون مواد جامد انحلال‌پذیر در آب (بریکس)

برای تعیین مواد جامد انحلال‌پذیر (بریکس) آبلیمو، از رفراکتومتر آتاگو (مدل RFM 330، ژاپن) و مطابق استاندارد ملی ایران به‌شمارهٔ ۲۶۸۵ استفاده شد. دمای آبلیمو هنگام آزمون ۲۰ درجه سلسیوس تنظیم و نتیجه برحسب گرم در صدگرم نمونه بیان شد (ISIRI, 2007).

اندازه‌گیری میزان اسیدآسکوربیک

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

اندازه‌گیری رنگ (کالریمتری)

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

ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدان با روش به‌دام‌اندازی رادیکال دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل[1]

روشی که یی و همکاران (Yi *et al.*, 2015) توضیح داده‌اند با اندکی تغییرات برای ارزیابی فعالیت به‌دام‌اندازی رادیکال DPPH به‌کار برده‌شد. دو میلی‌لیتر آبلیمو در ۲/۵ میلی‌لیتر DPPH (۰/۱ میلی‌مول حل‌شده در اتانول مخلوط شد. مخلوط در تاریکی به‌مدت 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 رابطهٔ ۲ محاسبه شد.

(۲) به‌دام‌اندازی DPPH (٪) = ۱۰۰ ×((1-As)/Ac)

که در آن،

1- DPPH

www.SID.ir

Archive of SID

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

تعیین میزان کل ترکیبات فنلی

به‌منظور اجرای آزمایش، هفت لولهٔ آزمایش برداشته‌شد. پنج لولهٔ آزمایش برای محلول‌های استانداردها یا نمونه‌های کنترل مثبت، یک لوله برای شاهد و یک لوله برای نمونهٔ آبلیمو در نظر گرفته شد. درلولهٔ آزمایش مربوط به نمونه،۱۰۰ میکرولیتر از محلول رقیق شدهٔ 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 لولهٔ 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 درصدکربنات‌سدیم 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 (مدلUV2100، چین) با نمونهٔ کنترل منفی در طول موج ۷۸۰ نانومتر تنظیم و جذب آزمونه و کنترل مثبت در این طول‌موج قرائت شد و منحنی واسنجی رسم گردید. برای تعیین غلظت پلی‌فنل کل نمونه مجهول، از رسم منحنی واسنجی و محاسبهٔ غلظت نمونه با معادله خط استفاده شد (ISIRI, 2018).

ارزیابی‌حسی

نوشیدنی‌های تهیه‌شده در مقیاس آزمایشگاهی، قبل از آزمون‌حسی در یخچال با دمای ۴ درجهٔ سلسیوس نگهداری شدند. پس از طی این مرحله، ارزیابی‌حسی توسط ۱۵ داور آموزش دیده آغاز شد. شصت تا هفتاد میلی‌لیتر از هر نمونه نوشیدنی با دمای ۴ درجهٔ سلسیوس در اختیار داوران قرار داده‌شد، محل داوران در طول آزمون‌حسی 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 نمونهٔ قبلی بر نمرهٔ نمونهٔ 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 درجهٔ 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 cfu/ml) گزارش

www.SID.ir

Archive of SID

شد. برای شمارش کپک‌ها و مخمرها از روش کشت سطحی و محیط کشت مخمرگلوکزکلرامفنیکل‌آگار استفاده‌شد.

پس از خشک‌شدن سطح پتری‌ها، به‌صورت وارونه به‌مدت ۳ تا ۵ روز در دمای ۲۵ درجهٔ 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. همهٔ 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 استفاده‌شد.

بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات pH در شرایط مختلف نگهداری آبلیمو

تغییرات pH آبلیمو در شرایط مختلف نگهداری شامل دمای محیط (۲۵ درجهٔ سلسیوس)، دمای یخچال (۴ درجهٔ سلسیوس) و دمای فریزر (۱۸- درجهٔ سلسیوس) در جدول ۱ نشان داده‌شده‌است. 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 دورهٔ نگهداری کاهش یافت به‌طوری که در دمای ۲۵ درجهٔ 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.

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 ۱۰۰میلی‌لیتر)	درصد مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد DPPH	ترکیبات فنلی (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)
محیط	۱	۲/۶۶±۰/۱۳^{aA}	۵/۵۲±۰/۰۸^{dA}	۸/۴۶ ± ۰/۸۶^{cB}	۵۲/۶۶± ۰/۳۸^{a}	۶۳/۲۳ ± ۰/۰۳^{aA}	۰/۷۳۵ ± ۰/۰۳۰^{aA}
	۱۵	۲/۴۲±۰/۸ ^{bB}	۵/۸۲±۰/۰۲^{cA}	۸/۸۶ ±۰/۰۱^{cB}	۳۹/۸۳±۰/۰۹ ^{bC}	۴۹/۳۳ ±۰/۳^{bC}	۰/۴۲۴ ±۰/۴۰۲^{bC}
	۳۰	۲/۴۰±۰/۵^{cC}	۵/۹۱±۰/۰۱^{bA}	۹/۲ ±۰/۲۹^{bC}	۲۶/۳ ±۰/۳۸^{cC}	۴۵/۳۳ ± ۰/۱۱^{bB}	۰/۱۷۸ ± ۰/۰۰۶^{cC}
	۴۵	۲/۳۰±۰/۰۲^{cB}	۶/۳۱±۰/۰۳^{aA}	۹/۵ ±۰/۶^{aC}	۱۱/۱۶±۰/۱۳^{dC}	۲۷ ± ۰/۰۱^{cB}	۰/۱۰۹ ± ۰/۰۰۶^{dC}
یخچال	۱	۲/۶۶±۰/۰۶^{aA}	۵/۵۲±۰/۰۴^{cA}	۸/۴۶ ± ۰/۸۶^{cB}	۵۲/۶۶± ۰/۳۸^{a}	۶۳/۲۳ ± ۰/۰۳^{aA}	۰/۷۳۵ ± ۰/۰۳۰^{aA}
	۱۵	۲/۶۰±۰/۰۲^{aA}	۵/۷۱±۰/۰۳^{bB}	۹/۴۳ ±۰/۵۳^{bB}	۴۳/۵±۰/۲۸^{bB}	۵۵/۳۱ ± ۰/۱^{bB}	۰/۶۳۸ ± ۰/۰۰۸^{bA}
	۳۰	۲/۵۲±۰/۰۳^{bB}	۵/۷۹±۰/۰۲^{bB}	۹/۷۳ ±۰/۷۷^{aB}	۳۰/۳۳±۰/۱۱^{cB}	۵۳/۱۵ ± ۰/۱^{bA}	۰/۱۹۰ ± ۰/۰۰۵^{cB}
	۴۵	۲/۴۱±۰/۰۴^{cB}	۵/۹۶±۰/۱^{aB}	۹/۸۳ ±۰/۳۴^{bA}	۱۶/۵±۰/۴۶^{dB}	۴۸/۲۸ ± ۰/۱^{cA}	۰/۱۵۷ ± ۰/۰۰۵^{dB}
فریزر	۱	۲/۶۶±۰/۰۴^{aA}	۵/۵۲±۰/۰۳^{cA}	۸/۴۶ ± ۰/۸۶^{cB}	۵۲/۶۶± ۰/۳۸^{a}	۶۳/۲۳ ± ۰/۰۳^{aA}	۰/۷۳۵ ± ۰/۰۳۰^{aA}
	۱۵	۲/۶۳±۰/۰۳^{aA}	۵/۶۹±۰/۰۵^{bB}	۹/۷۳ ± ۰/۴۵^{bA}	۴۸/۳۳±۰/۲۶^{bA}	۵۹/۶۶ ± ۰/۱۲^{bA}	۰/۵۵۴ ± ۰/۵۰۰^{bB}
	۳۰	۲/۵۹±۰/۰۱^{aA}	۵/۷۳±۰/۰۱^{bC}	۹/۸۳ ±۰/۳۴^{bA}	۳۲/۸۳±۰/۴۲^{cA}	۵۴/۲۶ ±۰/۱^{bA}	۰/۴۴۶ ± ۰/۰۰۴^{cA}
	۴۵	۲/۵۲±۰/۰۵^{bA}	۵/۹۳±۰/۰۲^{aC}	۱۰/۱ ±۰/۳۳^{aA}	۲۰/۶۶±۰/۴۶^{dA}	۴۹/۱۰ ±۰/۰۵^{cA}	۰/۳۵۵ ± ۰/۰۰۴^{dA}

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

از عوامل مؤثر بر pH آبلیمو می‌توان به فشار محیط، دمای محیط، نوع ذرات تشکیل دهندهٔ آبلیمو، میزان برهم کنش اجزای تشکیل دهندهٔ آن اشاره‌کرد. با افزایش دما، قدرت یونیزاسیون آبلیمو بیشتر می‌شود و pH کاهش پیدا می‌کند. دلیل این موضوع آن‌است آبلیمو دارای میزان بالایی از

www.SID.ir

Archive of SID

اسیدهای آلی به‌ویژه اسیدسیتریک است (Rafiae & Ramezani, 2012) و این ترکیب منجر به افت pH محیط تا سطوح پایین‌تر می‌شود.

مطالعات لیسیاردلو و موراتور (Licciardello & Muratore, 2011) روی اثر دما و بعضی از ترکیبات اضافه‌شده در پرتقال خونی در دو دمای ۲۰ و ۳۵ درجه سلسیوس نشان‌داد که در دورهٔ نگهداری به‌دلیل فعالیت میکروبی، pH کاهش‌یافته که با نتایج به دست آمده از این تحقیق مطابقت دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد در هر دمای نگهداری، کاهش pH رابطهٔ خطی و معکوس با افزایش اسیدیته دارد. با افزایش اسیدیته، میزان pH نیز کاهش می‌یابد. کاهش pH ناشی از افزایش دمای نگهداری را می‌توان به‌دلیل تجزیهٔ 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 معنی‌داری بر pH آبلیمو ندارد. همچنین رحیمی (Rahimi, 2016) نشان‌داد که در دورهٔ نگهداری، میزان pH نمونهٔ آب آناناس در دمای اتاق به‌میزان ۱۵درصد و در دمای یخچال به‌میزان ۱۷درصد افزایش می‌یابد.

تغییرات اسیدیته در شرایط مختلف نگهداری آبلیمو

تغییرات اسیدیتهٔ آبلیمو در شرایط مختلف نگهداری شامل دمای محیط (۲۵ درجهٔ سلسیوس)، دمای یخچال (۴درجهٔ سلسیوس) و دمای فریزر (۱۸- درجه سلسیوس) در جدول ۱ نشان‌داده‌شده‌است. بررسی تأثیر شرایط مختلف نگهداری آبلیمو نشان می‌دهد که با افزایش دمای نگهداری و طول دورهٔ نگهداری مقدار اسیدیته به‌طور معنی‌داری افزایش‌داشته‌است. میزان اسیدیته آبلیمو در دماهای پایین‌تر، کمتر بوده‌است؛ به‌طوری که در روز چهل‌و پنجم در دماهای ۲۵درجه سلسیوس، ۴درجهٔ سلسیوس و ۱۸- درجهٔ سلسیوس به‌ترتیب برابر ۶/۳۱، ۵/۹۶ و ۵/۹۳ گرم اسیدسیتریک در صد گرم آبلیمو است. همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، با کاهش مقدار pH در شرایط مختلف نگهداری، اسیدیته افزایش‌یافته‌است. صداقت و حسینی (Sedaghat & Hosseini, 2011) نشان‌دادند که تغییرات اسیدیتهٔ آبلیمو در دماهای مختلف نگهداری تفاوت معنی‌داری از نظر آماری ندارد. همچنین مارسیلا و همکاران (Marcilla *et al.*, 2006) نشان دادند که بین اسیدیتهٔ قابل تیترشدن و دمای نگهداری در مرکبات رابطهٔ مثبت وجود دارد.

تغییرات مواد جامد انحلال‌پذیر در آب (بریکس) در شرایط مختلف نگهداری آبلیمو

تغییرات بریکس در نمونه‌های آبلیموی نگهداری شده در دماهای مختلف در جدول ۱ نشان‌داده‌شده‌است. بررسی تأثیر شرایط مختلف نگهداری آبلیمو، نشان می‌دهد که بریکس با افزایش دمای نگهداری کاهش و با گذشت زمان نگهداری، برعکس به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافته‌است تا آنجا که بیشترین بریکس در روز چهل‌و پنجم و در دماهای ۲۵ درجهٔ سلسیوس، ۴ درجهٔ سلسیوس و ۱۸- درجهٔ سلسیوس به‌ترتیب برابر ۹/۵، ۹/۸۳ و ۱۰/۱درصد است؛ که روند این تغییرات با نتیجهٔ تحقیقات شیرپور و همکاران (Shirpour *et al.*, 2016) مطابقت دارد. بریکس، شاخصی از میزان قند انحلال‌پذیر در آب و ویسکوزیته است و با توجه به این‌که در دماهای بالا، ویسکوزیته کاهش می‌یابد و همچنین ممکن است به‌علت تشدید برخی فعالیت‌های متابولیسمی قند تجزیه و تبدیل به اسید شود، در نتیجه بریکس نیز کاهش می‌یابد. نتایج این تحقیق همخوانی دارد با نتایج تحقیقات ماگراموف و

www.SID.ir

Archive of SID

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

اندازه‌گیری میزان اسیدآسکوربیک (ویتامین ث)

تغییرات ویتامین ث در شرایط مختلف نگهداری درجدول ۱ نشان‌داده‌شده‌است. بررسی تأثیر شرایط مختلف نگهداری آبلیمو، نشان می‌دهد که ویتامین ث با افزایش دما و دورهٔ نگهداری، در کلیهٔ شرایط کاهش آماری معنی‌داری داشته‌است به‌طوری‌که دامنهٔ تغییرات از روز اول تا روز چهل‌وپنجم در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس از ۵۲/۶۶ به ۱۱/۱۶، در دمای ۴ درجهٔ 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 ث به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی، تأثیرات حفاظت‌کنندگی در برابر تشکیل رادیکال‌های آزاد و بروز بیماری‌های مختلف دارد، اما به‌دلیل ساختار ویژهٔ خود، سریع اکسید می‌شود و طی دورهٔ نگهداری از بین می‌رود. سرعت تخریب ویتامین ث تا حد زیادی وابسته به دمای نگهداری فراورده است. در نتیجه دمای نگهداری اثری معنی‌دار بر کاهش ویتامین ث دارد. به طوری که با افزایش دما میزان ویتامین ث 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. مقایسهٔ میزان ویتامین ث آب‌نارنج تازه و کنسانتره آب‌نارنج تولید شده در دماهای ۵۰ تا ۸۰ درجهٔ سلسیوس نشان‌داده است که فرآیند تغلیظ در دماهای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجهٔ سلسیوس باعث کاهش معنی‌داری در میزان ویتامین ث نسبت به آب نارنج تازه شده است. نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تأثیر مدت‌زمان و دمای نگهداری بر میزان ویتامین ث نمونه‌ها از نظر آماری معنی‌دار است ($p<0/05$) و نمونه‌های نگهداری شده در دمای پایین‌تر محتوی مقدار بیشتری ویتامین ث هستند. کلیم و همکاران (Kaleem *et al.*, 2016) با بررسی تأثیر دما بر میزان ویتامین ث در آب میوهٔ تازه و بسته‌بندی شده، می‌گویند زمانی که آب‌میوه بسته‌بندی می‌شود، ویتامین ث بیشتری از دست می‌رود. بیشترین میزان ویتامین ث در لیموی تازه مشاهده شده است. سیب، پرتقال، آناناس، انبه و هندوانه، میزان کمتری ویتامین ث دارند. تأثیر دما بر لیموی تازه بیشتر است تا بر بقیه. نجکو و همکاران (Njoku *et al.*, 2011) اثر دما را بر میزان ویتامین ث در مرکبات بررسی کردند و نشان دادند که هرچه دمای نگهداری و فرایند کمتر باشد، غلظت ویتامین ث در آبمیوه بیشتر است و در نتیجه اعلام کردند که بهتر است که مرکبات در دمای کمتر از دمای اتاق نگهداری شوند.

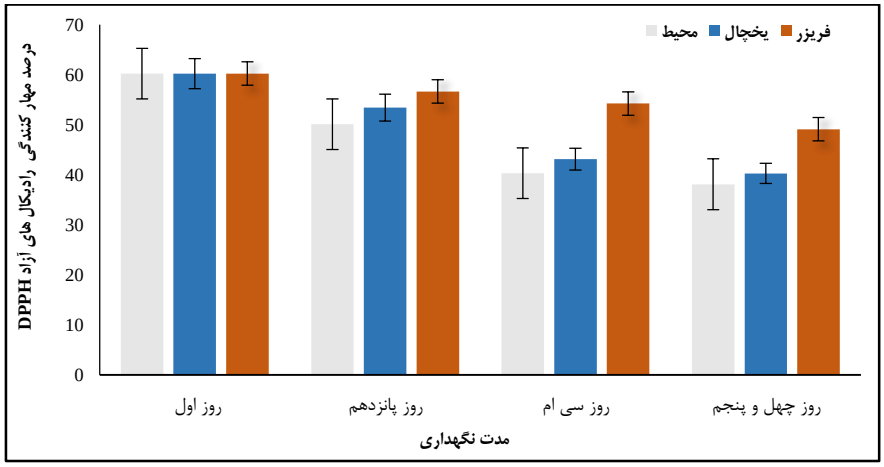
اندازه‌گیری قدرت آنتی‌اکسیدانی

نتایج درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH که به نوعی نشان‌دهندهٔ فعالیت آنتی‌اکسیدانی آبلیمو در شرایط مختلف نگهداری است در شکل ۱ نشان داده شده‌است. نتایج آنالیز داده‌ها حاکی از آن است که تأثیرشرایط مختلف نگهداری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی از نظر آماری معنی‌دار است. درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد طی دورهٔ نگهداری و در دماهای مختلف به طور معنی‌دار افزایش یافته‌است 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 دورهٔ نگهداری در مورد آبلیموی نگهداری

www.SID.ir

Archive of SID

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



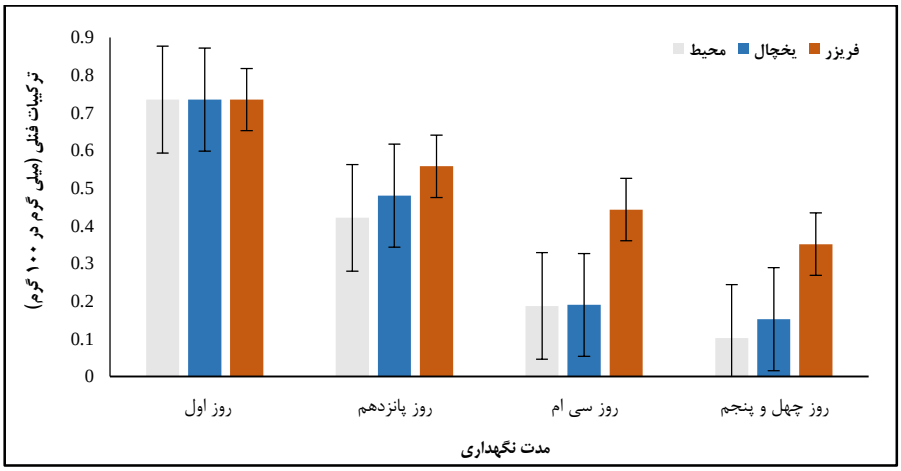
شکل ۱- اثر دمای نگهداری برفعالیت آنتی‌اکسیدانی آبلیمو طی دورهٔ نگهداری

تغییرات ترکیبات فنلی در شرایط مختلف نگهداری آبلیمو

تغییر ترکیبات فنلی آبلیمو در شرایط مختلف نگهداری در شکل ۲ نشان داده شده‌است. 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 بوده‌است. ترکیبات فنلی از جمله اجزای تشکیل دهندهٔ اغلب آبمیوه‌ها هستند 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 میوهٔ 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.

www.SID.ir

Archive of SID



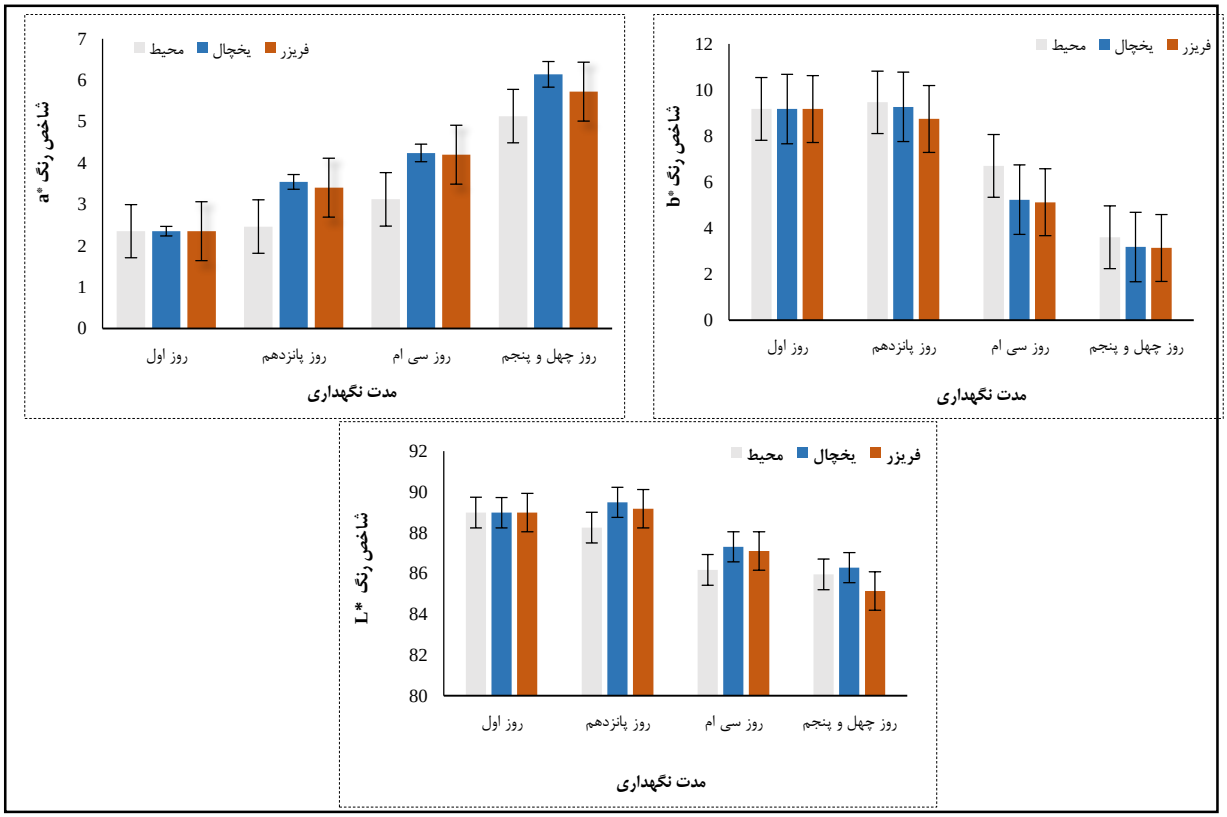
شکل ۲- اثر دمای نگهداری بر مقدار ترکیبات فنلی آبلیمو در دورهٔ نگهداری

اندازه گیری رنگ (کالریمتری)

رنگ نمونه‌های آبلیمو با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج لاوی‌باند (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 دامنهٔ 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 دامنهٔ آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر است. همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده است با افزایش دما و طول دورهٔ نگهداری، افزایش معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) در شاخص a^* مشاهده می‌شود درحالی‌که شاخص‌های b^* و L^* کاهش یافته‌اند. نتایج حاصل از مطالعات ریم و همکاران (Rhim *et al.*, 1989a & 1989b) در مورد رنگ آب‌انگور، راتاناثانالرک و همکاران (Rattanathanalerk *et al.*, 2005) در بررسی رنگ آب آناناس و چاتینتراسری و نومهورم (Chutintrasri & Noomhorm, 2007) روی تغییرات رنگ پورهٔ آناناس مؤید این مطلب است که افزایش دما سبب کاهش روشنایی نمونه‌ها می‌شود. در شکل ۳ دیده می‌شود که شاخص‌های رنگ در دورهٔ نگهداری دچار تغییر شده‌اند. کاهش شاخص L^* نشانگر تغییر در شفافیت آبلیمو 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^* نشانه ای از کاهش رنگ زرد آبلیمو طی دورهٔ 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 محیط، یخچال و فریزر است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- اثر دمای نگهداری برتغییر شاخص‌های رنگی در دورهٔ نگهداری آبلیمو

اثر دما بر تعداد میکروارگانیسم ها در دورهٔ نگهداری

نتایج شمارش کپک، مخمر و تعداد کل باکتری‌های مزوفیل در آبلیمو در دماها و روزهای مختلف نگهداری در جدول ۲ نشان داده شده‌است. مشاهده می‌شود که با افزایش دمای نگهداری، تعداد میکروارگانیسم‌های شمارش شده در آبلیمو بیشتر است. کمترین آلودگی میکروبی در نمونه‌های نگهداری شده در دمای زیر صفر مشاهده می‌شود. نگهداری آبلیمو 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 آبلیمو کپک و مخمر است، pH اسیدی آبلیمو 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 آبلیمو 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 میکروب‌های بیماری‌زا حتی در pH پایین یا اسیدی برای مدت‌زمان طولانی بیماری‌زاست (Bhat & Sridhar, 2011).

www.SID.ir

Archive of SID

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

روز نگهداری	کپک			مخمر			تعداد کل باکتری‌های مزوفیل		
	دمای محیط	یخچال	فریزر	دمای محیط	یخچال	فریزر	دمای محیط	یخچال	فریزر
۱	۳/۴۶±۰/۲۶^{cA}	۳/۴۷±۰/۲^{bA}	۳/۴۷±۰/۲^{dA}	۴/۲۴±۰/۲^{bA}	۴/۲۴±۰/۱^{bA}	۴/۲۴±۰/۱^{aA}	۶/۴۵±۰/۰۵^{aA}	۶/۳۲±۰/۰۷^{aA}	۶/۴۵±۰/۰۱^{aA}
۱۵	۳/۵۸±۰/۱۶^{cA}	۳/۲۳±۰/۱۹^{bB}	۲±۰/۰۸^{cA}	۴/۲۱±۰/۰۶^{bA}	۳/۳۹±۰/۰۱^{dB}	۳±۰/۱۷^{bC}	۴/۳۵±۰/۱۱^{cA}	۴/۳۹±۰/۰۱^{cA}	۲ ±۰/۰۳^{cB}
۳۰	۴/۶۵±۰/۲^{bA}	۳/۲۱±۰/۰۵^{bC}	۴/۰۴±۰/۰۴^{bB}	۴/۴۷±۰/۱۵^{cA}	۴/۴۳±۰/۰۲^{aA}	۳±۰/۰۹^{bB}	۶/۴۱±۰/۰۱^{aA}	۶/۳۴±۰/۱۰^{aA}	۳ ±۰/۰۳^{bB}
۴۵	۵/۷۳±۰/۲۳^{aA}	۴/۴۳±۰/۰۲^{aB}	۴/۳۲±۰/۱۵^{aC}	۶/۷۲±۰/۰۱^{aA}	۳/۸۶±۰/۱^{cC}	۴/۱۳±۰/۰۳^{aB}	۵/۹۸±۰/۰۴^{bA}	۵/۹۶±۰/۰۹^{bA}	۴/۳۹±۰/۱۱^{aB}

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

نتایج داده‌های آزمون حسی حاکی از آن است که با افزایش دما و مدت‌زمان نگهداری، عطر، طعم و بو و پذیرش کلی آبلیمو به‌صورت کاملاً معنی‌داری کاهش می‌یابد (جدول۳). میانگین امتیازهای حسی آبلیمو در شرایط مختلف نگهداری قابل‌قبول ارزیابی گردید. تغییر میزان اسیدآسکوربیک موجود در آبلیمو یکی از عوامل مؤثر در تغییر خصوصیات حسی آن است. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج گزارش ویل و همکاران (Will *et al.*, 2014) مطابقت دارد. می‌توان گفت که افزایش دما موجب کاهش پذیرش آبلیمو می‌شود. این امر ناشی از تخریب شدیدتر ویتامین ث (آسکوربیک‌اسید) 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 آبلیمو، مشاهده می‌گردد.

جدول ۳- اثر دمای نگهداری بر میانگین امتیازات حسی آبلیمو طی دورهٔ نگهداری

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

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

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

www.SID.ir

Archive of SID

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. مارسیلا 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 دورهٔ 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 افزایش دمای نگهداری، اسیدیته 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 رابطهٔ 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.

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 temperatute 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 Martìn-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.

www.SID.ir

Arch of SID

Food Engineering Research/Vol.18/No.67/Autumn & Winter 2019/P: 15-28

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_{st} day to 11.16 mg/g in 45^{th} 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

www.SID.ir