

Effect of Postharvest Application of Cysteine and Lysine on Some Quality Attributes of Commercial Pomegranate Cultivars ('Rabab' and 'Mikhosh')

ABSTRACT

One of the major challenges in storing pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit is the deterioration of its quality during storage. In this study, the effects of two amino acids, cysteine (0, 5, 10 mM) and lysine (0, 5, 10 mM), as well as their interaction effects (5 mM-Cys+5 mM Lys, 5 mM-Cys+10 mM Lys, 10 mM-Cys+5 mM Lys, 10 mM-Cys+10 mM Lys) were investigated on the quality attributes of 'Rabab' and 'Mikhosh' pomegranates fruits. Postharvest treatments were conducted in a factorial experiment using a completely randomized design with three replicates. Following the treatments, the fruits were stored at 4 ± 0.5 °C and 85%–90% relative humidity for 120 days. Quality attributes were evaluated at 0, 30, 60, 90, and 120 days of storage. The results indicated that amino acids treatments (5 mM-Cys+10 mM Lys and 10 mM-Cys+10 mM Lys) increased titratable acidity (6.3% compared to the control) and vitamin C (14% compared to the control). Conversely, they significantly reduced Electrolyte leakage (1.4% compared to the control), the amount of total soluble solids (3% compared to the control), pH (2% compared to the control) and weight loss (11% compared to the control). The most effective were 5 mM-Cys+10 mM Lys and 10 mM-Cys+10 mM Lys. Additionally, the 'Rabab' cultivar exhibited a superior ability to maintain most quality attributes compared to the 'Mikhosh'.

Keywords: amino acid, cysteine, Pomegranate, Rabab

تأثیر کاربرد پس از برداشت آمینو اسیدهای سیستئین و لیزین بر برخی خصوصیات کیفی انار ارقام تجاری رباب و میخوش

چکیده

از مهم‌ترین مشکلات نگهداری میوه انار (*Punica granatum*) کاهش کیفیت آن در زمان انبارمانی است. در این پژوهش تأثیر کاربرد اسیدهای آمینه سیستئین (صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌مولار)، لیزین (صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌مولار) و ترکیب همزمان سیستئین و لیزین به ترتیب (۵ و ۵، ۵ و ۱۰، ۱۰ و ۱۰ و ۱۰ میلی‌مولار) بر برخی خصوصیات کیفی انار ارقام رباب و میخوش در شرایط انبار ۴±۰/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵–۹۰ درصد، در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار ارزیابی شد. پس از ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز، نشت یونی آرل و پوست، موادجامد محلول، pH، اسید قابل تیتراسیون، ویتامین ث، شاخص طعم و کاهش وزن میوه‌ها اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد تیمارهای همزمان سیستئین و لیزین به ترتیب (۵ و ۱۰ میلی‌مولار) و (۱۰ و ۱۰ میلی‌مولار) با افزایش دوره انبارمانی باعث کاهش نشت یونی پوست (۱/۴ درصد نسبت به شاهد)، موادجامد محلول (۳ درصد نسبت به شاهد)، پی‌اچ (۲ درصد نسبت به شاهد) و کاهش وزن (۱۱ درصد نسبت به شاهد) و افزایش مقدار اسید قابل تیتراسیون (۶/۳ درصد نسبت به شاهد)، ویتامین ث (۱۴ درصد نسبت به شاهد) شدند. همچنین در طی دوره انبارمانی، رقم رباب نسبت به رقم میخوش در (۷۵ درصد) صفات برتری نشان داد که به نظر می‌رسد رقم رباب برای نگهداری در انبار سرد مناسب‌تر باشد. بر اساس نتایج پژوهش، دو تیمار مذکور برای حفظ کیفیت تغذیه‌ای میوه انار توصیه می‌گردند.

کلمات کلیدی: اسید آمینه، انار، سیستئین، رباب

مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* از خانواده *Lythraceae*، درخت میوه چندساله و مقاوم به خشکی است که قادر به رشد در خاک‌های فقیر و شور است و سازگاری زیادی با شرایط محیطی با آب و هوای خشک دارد (Melgarejo et al., 2003) و از نظر زیست‌محیطی نقش بسیار مهمی در حفاظت، ترمیم و تثبیت خاک دارد. میوه انار به علت ارزش غذایی بالا در رژیم غذایی، افزایش در تولید و مصرف این محصول مورد توجه صنعت باغبانی جهان قرار گرفته است (Holland et al., 2009).

به همین سبب باغات انار به طور گسترده در مناطق مختلف جهان گسترش یافته و منجر به افزایش تولید شده است (Hmid et al., 2017). اهمیت اقتصادی درخت انار در میوه‌های آن نهفته است به طوری که باعث توسعه صنایع فرآوری آب انار و گسترش شرکت‌های دارویی شده که در استخراج ترکیبات مفید از میوه‌ها فعالیت می‌کنند (Seeram et al., 2006).

ایران با تولید یک میلیون و ۳۱۵ هزار تن و سطح زیر کشت ۹۰ هزار و ۶۵۲ هکتار انار، دارای رتبه سوم جهان در تولید و سطح زیر کشت انار پس از هند و چین می‌باشد (Statistics of the Ministry of Jihad and Agriculture, 2023). صادرات انار ایران تا پایان اسفند ۱۴۰۲ به میزان ۳۶ هزار و ۹۴۸ تن به ارزش ۱۷۰۵۰ هزار دلار بوده و با توجه به این که ایران یکی از بزرگترین تولیدکننده‌های انار در جهان است، پتانسیل فوق‌العاده‌ای برای صادرات انار وجود دارد (Exports and imports of agricultural and food goods in 2023, 2024).

با افزایش تولید جهانی این محصول، با توجه به نیاز کشور به صادرات غیر نفتی به منظور تنظیم بازار داخلی و توسعه صادرات، ذخیره‌سازی و بازاریابی مناسب برای پاسخ به تقاضا در بازارهای داخلی و خارجی موضوعی ضروری است. با عنایت به اهمیت صادرات انار و ضرورت نگهداری این محصول در انبار تا رسیدن به دست مصرف‌کننده نهایی و نظر به اینکه سرمازدگی و پوسیدگی‌های قارچی از مشکلات نگهداری آن در دمای ۵ درجه سلسیوس و پایین‌تر می‌باشد به طوری که بخش قابل توجهی از انار تولید شده در کشور به ضایعات تبدیل می‌شود، استفاده از راهکارهایی برای بالابردن عمر انبارمانی انار، حفظ کیفیت پس از برداشت میوه انار و کاهش مشکل سرمازدگی آن در انبار الزامی است. امروزه تولید محصول سالم از مهم‌ترین اهداف کشاورزی در سطح جهان است و تولیدکنندگان همواره برای کاهش بقایای سموم و مواد شیمیایی در محصولات کشاورزی تلاش می‌کنند. بنابراین استفاده از مواد طبیعی و آلی از جمله اسیدهای آمینه می‌تواند جایگزین مناسبی برای مواد شیمیایی در جهت افزایش بهره‌وری در محصولات باغبانی باشد.

پیشینه پژوهش

مشکل اصلی نگهداری انار، خشک شدن میوه است که منجر به سفت و قهوه‌ای شدن رنگ پوست و آبریل آن می‌شود. این موضوع به دلیل روزنه‌های متعدد و بسیار کوچک است که باعث تبخیر آب میوه می‌شود (Kader et al., 1984). دمای ذخیره‌سازی توصیه شده برای انار از ۰ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد با ماندگاری بین ۲ هفته تا ۷ ماه بسته به رقم و شرایط اقلیم منطقه تولید آن متغیر است (Mukherjee, 1958; Kader et al., 1984; Salunke and Desai, 1986; Koksai, 1989; Gil et al., 1996). اگر چه در پژوهشی گزارش شده است که نگهداری انار در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد یا کمتر منجر به سرمازدگی و تغییر رنگ قهوه‌ای پوست، حفره‌ای شدن سطحی و حساسیت به عوامل پوسیدگی می‌شود (Kader et al., 1984). در انبارهای معمولی که رطوبت و دما کنترل می‌شوند، کاهش دما می‌تواند به حفظ کیفیت میوه‌ها کمک کند اما میوه انار در دمای پایین مشکل سرمازدگی را دارد و باید با راهکارها و تیمارهای مناسب پس از برداشت سرمازدگی را کنترل نمود. میوه‌های انار را می‌توان در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰٪-۸۰ به مدت دو تا سه ماه نگهداری کرد (Pareek et al., 2015). از مسائل و مشکلات این محصول در ایران، کاهش کیفیت و بازارپسندی میوه انار به دلیل عدم کنترل دقیق دما و رطوبت نسبی و کاهش وزن در روند پس از برداشت به روش‌های سنتی است (Askari and Shahedi, 1994).

اسیدهای آمینه اغلب به عنوان آنتی اکسیدان های هم افزایی یا سینرژیک نامیده می شوند. مکانیسم آن ها برای افزایش اثر آنزیم های آنتی اکسیدانی را می توان با روش های مختلفی از جمله کلاته کردن آثار فلزی پراکسیداتیو و با بازسازی آنزیم های آنتی اکسیدانی توضیح داد. همچنین نشان داده شده است که آمینواسیدها ممکن است نقش آنتی اکسیدان های هم افزایی را به عنوان ترکیبات طبیعی مواد غذایی ایفا کنند (Marcuse, 1960). اسیدهای آمینه به عنوان اجزای تشکیل دهنده پروتئین ها در سال های اخیر در پژوهش های زیادی مورد توجه قرار گرفته است و نتایج نشان داده محلول پاشی با اسیدهای آمینه به طور مستقیم تأثیر بسزایی در فعالیت و ساختار گیاهی دارد (Cao et al., 2009).

طیف وسیعی از ترکیبات طی سالهای گذشته بوسیله پژوهشگران زیادی مورد مطالعه قرار گرفته و با مهار رسیدن و یا پیری، عمر پس از برداشت محصولات باغی را افزایش دادند. با این حال، با وجود این که چنین ترکیباتی عموماً در محیط آزمایشگاهی مؤثر هستند، اما تعداد کمی از آنها به دلیل مسائل ایمنی و نظارتی به صورت تجاری مورد استفاده قرار گرفته اند. نمونه هایی از این ترکیبات عبارتند از: اسیدهای آمینه که میتوان به ال - سیستئین اشاره نمود (Hancock et al., 2017). ال - سیستئین یک اسید آمینه بی خطر و طبیعی است که به عنوان یک افزودنی غذایی، به طور گسترده ای در فرآوری مواد غذایی استفاده می شود. این اسید آمینه به عنوان یک عامل ممانعت کننده از قهوه ای شدن بافت میوه در مرحله پس از برداشت آن مطرح است (Rao et al., 2017). از این رو، استفاده از آن در صنعت میوه بدون هیچ گونه تهدید بالقوه ای برای سلامتی، ایمن تلقی می شود. کاربرد ال سیستئین خارجی می تواند در افزایش فعالیت های آنزیم های آنتی اکسیدانی با کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و تثبیت یکپارچگی غشای میوه بسیار مفید باشد. علاوه بر این گزارش شد که کاربرد ال - سیستئین منجر به حفظ میزان مواد جامد کل، اسیدیته قابل تیتراسیون، افزایش فعالیت آنزیم های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز شد (Khan et al., 2016). سیستئین طی اکسیداسیون ترکیبات فنلی، معمولاً با تولید محصولات بی رنگی که با نام "cysteiny-adducts" شناخته می شوند، کوئینون ها را به دام می اندازد که بازدارنده رقابتی آنزیم پلی فنل اکسیداز است (Forget et al., 1992). مطالعات متعدد، ال سیستئین را به تنهایی یا در ترکیب با اسیدهای آلی مختلف و پوشش های خوراکی به عنوان یکی از مؤثرترین عوامل ضد قهوه ای شدن روی میوه ها و سبزی های تازه برش داده شده مانند آووکادو (Dorantes-Alvarez et al., 1998)، گلابی (Gorny et al., 2002)، انبه (Guerrero-Beltran et al., 2005)، سیب (Rojas-Grau et al., 2006)، موز (Bico et al., 2009)، کنگر فرنگی (Amodio et al., 2011, Cabezas-Serrano et al., 2013)، بادمجان (Ghidelli et al., 2014) و هلو (Colantuono et al., 2015) گزارش کرده اند. به طور مشابه، استفاده ترکیبی از ۲ میلی مولار ال سیستئین و ۲ میلی مولار اسیدسیتریک باعث کاهش شاخص قهوه ای شدن، مهار فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز و کاهش از دست دادن مواد جامد محلول و اسید قابل تیتراسیون میوه لیچی نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد شده است (Jiang et al., 2008). تاکنون تحقیقات محدودی در خصوص اثر لیزین بر صفات کیفی پس از برداشت میوه ها انجام شده است (ε-Poly-L-lysine (ε-PL) یک پلی پپتید است که توسط (*Streptomyces albulus*) تولید می شود و حاوی مقدار زیادی باقیمانده لیزین است، برای بافت انسان و حیوان بی خطر است و دارای اثرات مهارتی قوی بر روی باکتری ها و قارچ ها است نتایج نشان داد که ε-PL می تواند به عنوان یک محرک برای القای مقاومت به بیماری در میوه استفاده شود (Brestenský et al., 2014).

روش شناسی پژوهش

به منظور مطالعه اثر تیمارهای پس از برداشت اسید آمینه های سیستئین و لیزین بر کاهش میزان خسارت سرمازدگی میوه انار ارقام رباب و میخوش طی مدت انبارمانی این تحقیق طی دو سال متوالی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۳ تکرار، هر تکرار شامل ۱۵ عدد میوه انجام شده است. میوه های تقریباً یک شکل، یک اندازه و عاری از آسیب های فیزیکی و بیماری انار ارقام "رباب" و "میخوش" پس از برداشت در زمان رسیدن تجاری (حداکثر اسید قابل تیتراسیون ۲-۱/۵ درصد و حداقل مواد جامد

محلول ۱۵-۱۷ درصد) از باغ‌های تجاری انار(به ترتیب واقع در شهرستان های نیریز و اردکان) بلافاصله به آزمایشگاه گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در کرج منتقل شدند. سپس تیمارهای پس از برداشت اسید آمینه‌های سیستئین و لیزین به صورت غوطه‌وری انارها به مدت ۳۰ دقیقه با غلظت‌های: سیستئین: صفر لیزین: صفر (شاهد)، سیستئین ۵ و ۱۰ میلی‌مولار، لیزین ۵ و ۱۰ میلی‌مولار و کاربرد هم‌زمان سیستئین و لیزین به ترتیب شامل: ۵ و ۵ میلی‌مولار، ۵ و ۱۰ میلی‌مولار، ۱۰ و ۵ میلی‌مولار، ۱۰ و ۱۰ میلی‌مولار اعمال گردید. پس از اعمال تیمارها، میوه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در هوای آزاد خشک شدند و سپس به سردخانه با دمای 4 ± 0.5 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد منتقل شدند. در بدو ورود و پس از گذشت ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز انبارمانی، میوه‌ها از انبار خارج و به مدت ۳ روز در دمای اتاق نگهداری شده و صفات نشت یونی آریل، نشت یونی پوست، مواد جامد محلول، pH، مقدار اسید قابل تیتراسیون، مقدار ویتامین ث، شاخص طعم و مقدار کاهش وزن میوه‌ها اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری شده و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

اندازه‌گیری صفات

نشت یونی آریل

برای اندازه‌گیری نشت یونی آریل ۴ گرم آریل از مخلوط آریل‌های ۳ عدد میوه از هر تکرار توزین شد و به لوله‌های حاوی ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر منتقل گردید. سپس به مدت ۴ ساعت با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه روی شیکر قرار گرفتند. آنگاه هدایت الکتریکی اولیه محلول موجود در لوله‌ها خوانده شد. سپس لوله‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در فشار ۱ اتمسفر و دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو شده و به مدت یک شب در دمای اتاق نگهداری شدند. روز بعد هدایت الکتریکی کل محلول اندازه‌گیری گردید. هدایت الکتریکی (EC) محلول توسط دستگاه هدایت سنج اندازه‌گیری و یادداشت شد. درصد نشت یونی آریل با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (McDonald & McCollum, 1991). در این فرمول %EL درصد نشت یونی، EC(Primary) هدایت الکتریکی اولیه و EC(Total) هدایت الکتریکی کل است.

$$\%EL = \frac{EC(Primary)}{EC(Total)} \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

نشت یونی پوست

برای اندازه‌گیری نشت یونی پوست ۶ تکه پوست مدور با چوب پنبه سوراخ‌کن از پوست قسمت استوایی ۳ عدد میوه از هر تکرار برداشته شده و در لوله‌های آزمایش حاوی ۲۵ میلی‌لیتر مانیتول ۰/۴ مولار قرار گرفتند. سپس به مدت ۴ ساعت با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه روی شیکر قرار گرفتند. آنگاه هدایت الکتریکی اولیه محلول موجود در لوله‌ها خوانده شد. سپس لوله‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در فشار ۱ اتمسفر و دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو شده و به مدت یک شب در دمای اتاق نگهداری شدند. روز بعد هدایت الکتریکی کل محلول اندازه‌گیری گردید. هدایت الکتریکی (EC) محلول توسط دستگاه هدایت سنج اندازه‌گیری و یادداشت شد. درصد نشت یونی با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (McDonald & McCollum, 1991). در این فرمول %EL درصد نشت یونی، EC(Primary) هدایت الکتریکی اولیه و EC(Total) هدایت الکتریکی کل است.

$$\%EL = \frac{EC(Primary)}{EC(Total)} \times 100 \quad \text{رابطه ۲}$$

مواد جامد محلول (TSS)^۱

عصاره آریل‌های میوه انار با استفاده از دستگاه آب میوه‌گیر دستی استخراج و پس از گذراندن از صافی بلافاصله مواد جامد محلول با قرار دادن چند قطره آب میوه روی صفحه منشور دستگاه رفرکتومتر دیجیتال (آتاگو، ژاپن) اندازه‌گیری و یادداشت برداری شد (Sayyari et al., 2009).

اسیدیته (pH)

برای اندازه‌گیری pH، عصاره آریل‌های میوه انار با استفاده از دستگاه آب میوه‌گیر دستی استخراج و پس از گذراندن از صافی، به ۱۰ میلی‌لیتر آب میوه، ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و pH محلول با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتالی مدل جینوی ۳۳۲۰ اندازه‌گیری و یادداشت شد (Sayyari et al., 2009).

مقدار اسید قابل تیتراسیون (TA)^۲

عمل تیتراسیون از محلول عصاره آریل‌های میوه انار که با استفاده از دستگاه آب میوه‌گیر دستی استخراج شده و از صافی عبور داده شده بود، با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به ۸/۳ - pH انجام و میزان سود مصرفی یادداشت برداری شد و اسید قابل تیتراسیون با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید (Ghasemnejad, 2006). در این فرمول TA اسید نمونه بر حسب درصد، V میلی لیتر حجم سود مصرفی، m میلی لیتر عصاره نمونه و ۰/۰۰۶۴ نرمالیت سود در میلی اکوی والان اسیدسیتریک می‌باشد.

$$\%TA = \frac{V \times 0.0064 \times 100}{m} \quad \text{رابطه ۳}$$

مقدار ویتامین ث

برای اندازه‌گیری میزان ویتامین ث از روش تیتراسیون با استفاده از یدیدور پتاسیم و معرف نشاسته انجام شد. ۵ میلی‌لیتر از عصاره صاف شده میوه با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲ میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد با استفاده از محلول یدیدور پتاسیم ۰/۰۱ نرمال تا رسیدن به رنگ آبی تیره تیتر شد (Maijedi, 1994).

هر میلی‌لیتر از محلول ید ۰/۰۱ نرمال می‌تواند میزان ۰/۸۸ میلی گرم اسید آسکوربیک آب میوه را خنثی کند در پایان مقدار ویتامین ث میوه از رابطه ۴ محاسبه شد. در این فرمول C میزان میلی گرم ویتامین ث در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه و V حجم یدیدور پتاسیم مصرفی بر حسب میلی‌لیتر است.

$$C = \frac{0.88 \times V}{5} \times 100 \quad \text{رابطه ۴}$$

شاخص طعم

شاخص طعم از صفات کیفی می‌باشد که از نسبت مواد جامد محلول (TSS) به اسیدهای قابل تیتراسیون (TA) با استفاده از رابطه ۵ به دست آمد. (Khan et al., 2012).

$$\text{شاخص طعم} = \frac{TSS}{TA} \quad \text{رابطه ۵}$$

کاهش وزن (WL)^۳

-
1. Total Soluble solid contents
 2. Titratable acidity
 3. Weight Loos

برای اندازه‌گیری کاهش وزن تعداد ۳ عدد میوه از هر تیمار شماره گذاری گردیده و داخل سبدهای مربوط به هر تیمار در شرایط یکسان انبارمانی نگهداری شده و در زمان های بدو ورود، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز پس از انبارمانی از سردخانه خارج شده و با ترازوی دیجیتالی AND ۰.۰۱ گرم توزین گردید، پس از توزین میوه‌های انار میزان کاهش وزن میوه‌ها طی مدت انبارمانی با استفاده از رابطه ۶ به صورت درصد کاهش وزن بیان گردید (Fisk et al., 2008). در این فرمول WL میزان کاهش وزن به درصد، M1=وزن اولیه و M2=وزن ثانویه میوه‌های انار می‌باشد.
رابطه ۶)

$$\%WL = \frac{M1 - M2}{M1} \times 100$$

تجزیه آماری داده‌ها:

محاسبات آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد، همبستگی بین صفات با استفاده از نرم افزار R 4.2.2 و رسم نمودارها توسط نرم افزار اکسل صورت گرفت.

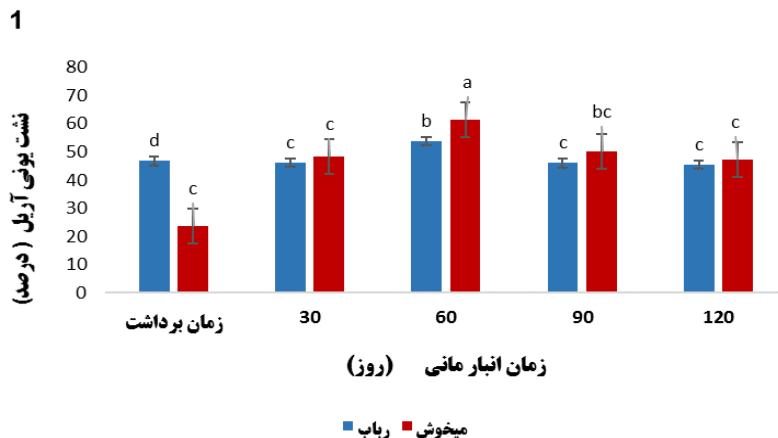
یافته های پژوهش

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس کاربرد پس از برداشت اسیدآمین‌های سیستمین و لیزین بر برخی صفات کیفی میوه انار (ارقام رباب و میخوش) طی دوره انبارمانی در سردخانه

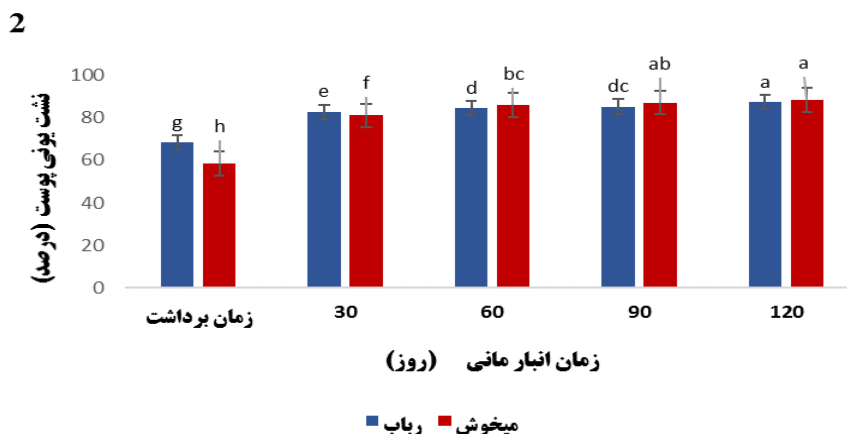
منابع تغییرات								
میانگین مربعات								
درجه آزادی	نشت یونی آریل (درصد)	نشت یونی پوست (درصد)	pH میوه (اسیدیته)	مواد جامد محلول (درجه بریکس)	ویتامین ث (میلی گرم در صد میلی لیتر آب میوه)	اسید قابل تیتراسیون (درصد)	شاخص طعم	کاهش وزن (درصد)
رقم	۱	۱۵۷/۰۴ ^{ns}	۱۴۹/۷۶ ^{**}	۲/۴۸ ^{**}	۳۳۴/۲۸ ^{**}	۷۶۵/۴۷ ^{**}	۴/۳۳ [*]	۱۰۲۳/۲۳ ^{**}
اسیدآمین	۸	۱۲۳/۹۱ ^{ns}	۲۴/۶۴ ^{**}	۰/۱۰ ^{**}	۱/۲۶ ^{**}	۸/۱۷ ^{**}	۱۵/۷۸ ^{**}	۱۷/۹۷ ^{**}
اسید آمینه* رقم	۸	۸۶/۶۶ ^{ns}	۱۰/۸۴ [*]	۰/۰۱۷۸ ^{ns}	۰/۴۴۶ ^{ns}	۴/۲۱ ^{**}	۰/۰۲ ^{**}	۱۲/۹۴ ^{ns}
زمان	۴	۳۴۰/۷۱۵ ^{**}	۵۳۹۶/۹۳ ^{**}	۰/۷۴ ^{**}	۲۰/۸۷ ^{**}	۱۰۱۱/۷۸ ^{**}	۱۴/۵۶ ^{**}	۵۵۵۸/۸۱ ^{**}
رقم* زمان	۴	۲۰۱۵/۴۷ ^{**}	۳۳۲/۱۳ ^{**}	۰/۰۷ ^{**}	۱۰/۷۰ ^{**}	۴۸۵/۴۳ ^{**}	۰/۵۰ ^{**}	۷۲/۵۶ ^{ns}
اسیدآمین* زمان	۳۲	۷۶/۸۹ ^{ns}	۱۱/۴۵ ^{**}	۰/۰۲۵ ^{**}	۰/۳۷۷ ^{ns}	۲/۲۷ ^{**}	۰/۰۱۵ ^{**}	۲/۰۶ ^{ns}
اسیدآمین* رقم* زمان	۳۲	۱۰۹/۲۵ ^{ns}	۴/۲۸ ^{ns}	۰/۰۲۳ ^{**}	۰/۲۹۳ ^{ns}	۱/۹۵ ^{**}	۰/۰۱۳ ^{**}	۱/۵۵ ^{ns}
خطا	۱۸۰	۷۹/۷۹	۵/۶۵	۰/۰۰۹۷	۰/۵۶۱	۰/۶۹۸	۰/۰۰۱۷	۳/۵۱۹
ضریب تغییرات %	-	۱۹/۰۴	۲/۹۴	۲/۸۰	۴/۵۲	۶/۴۲	۳/۰۲	۵/۹۰
ns: عدم معنی داری *: اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۵ **: اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۱ (منبع: یافته های تحقیق)								

نشت یونی آریل انار

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشت یونی آریل نشان داد که اثر متقابل دوگانه رقم و زمان در سطح یک درصد و اثر اصلی رقم و اثر اصلی زمان در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرهای متقابل دوگانه رقم و زمان در سطح یک درصد نشان داد که بیشترین نشت یونی آریل با میانگین 61/33 درصد مربوط به رقم میخوش بود و کمترین آن نیز با میانگین ۲۳/۷۴ درصد مربوط به رقم میخوش و روز صفر انبار مانی بود. (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه رقم و زمان انبار مانی بر نشت یونی آریل در انار. (منبع: یافته‌های تحقیق).

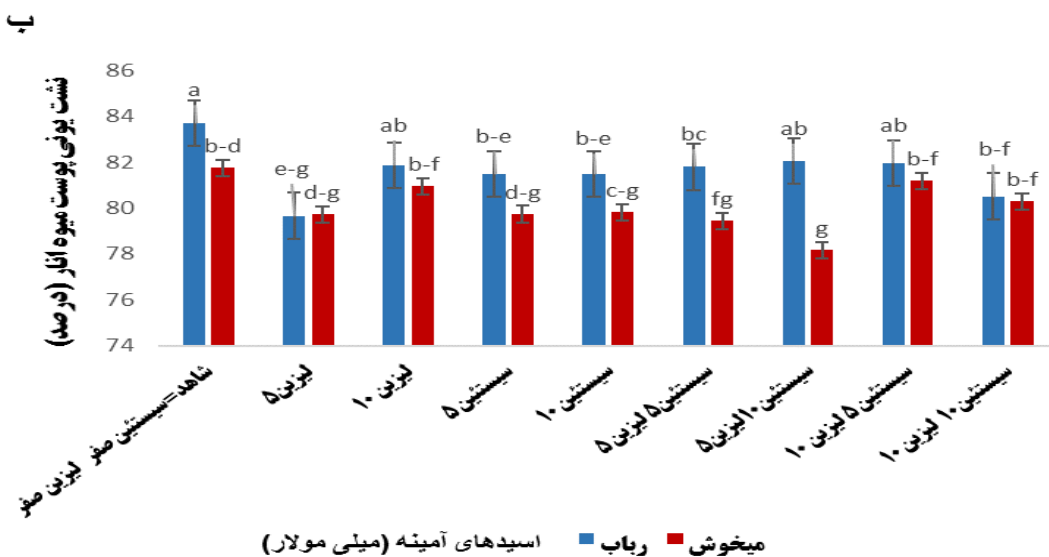
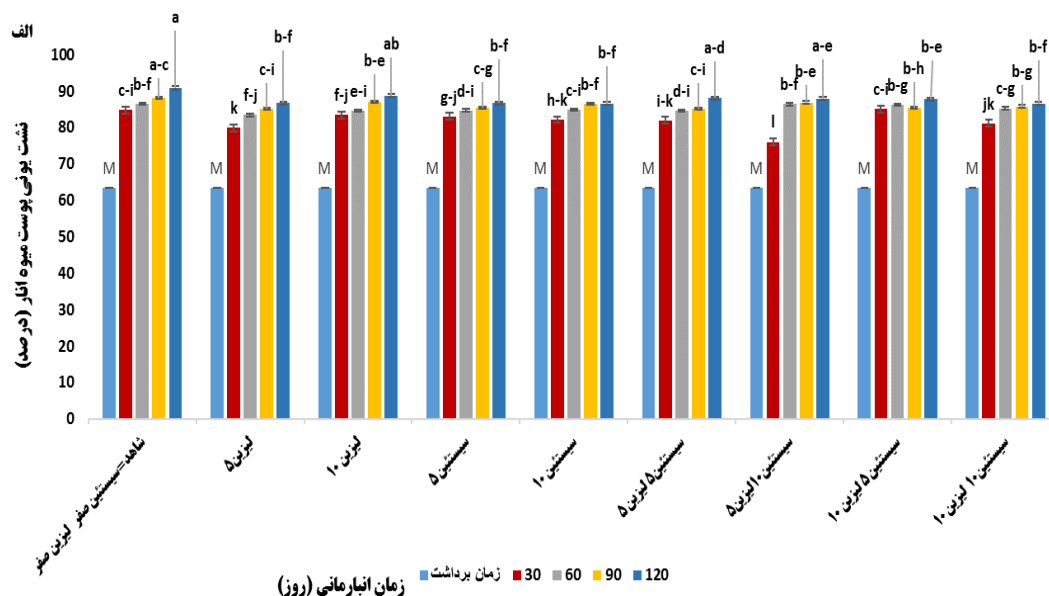


شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه رقم و زمان انبار مانی بر نشت یونی پوشت در انار. (منبع: یافته‌های تحقیق).

نشت یونی پوشت میوه انار

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه رقم و زمان انبار مانی که در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱) نشان داد که با افزایش مدت زمان انبار مانی، نشت یونی پوشت در هر دو رقم میخوش و رباب رو به افزایش است به طوری که در رقم میخوش در روز ۱۲۰ انبار مانی نسبت به شروع انبار مانی (زمان برداشت) ۵۱ درصد و در رقم رباب ۲۷/۵ درصد افزایش مشاهده شد (شکل ۲). نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثرات متقابل دوگانه آمینواسید و زمان انبار مانی که در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱) نشان داد که بیشترین نشت یونی پوشت در تیمار شاهد با غلظت صفر سیستمین و صفر لیزین در روز ۱۲۰ انبار مانی می‌باشد (شکل ۳ الف).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر متقابل دوگانه آمینواسید و رقم که در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۱) نشان داد که بیشترین نشت یونی پوست به تیمار شاهد رقم رباب و کمترین نشت یونی پوست مربوط به تیمار ترکیب همزمان سیستئین و لیزین در رقم میخوش بود که نسبت به تیمار شاهد ۱.۴ درصد کاهش نشت یونی پوست را نشان داد (شکل ۳ ب).

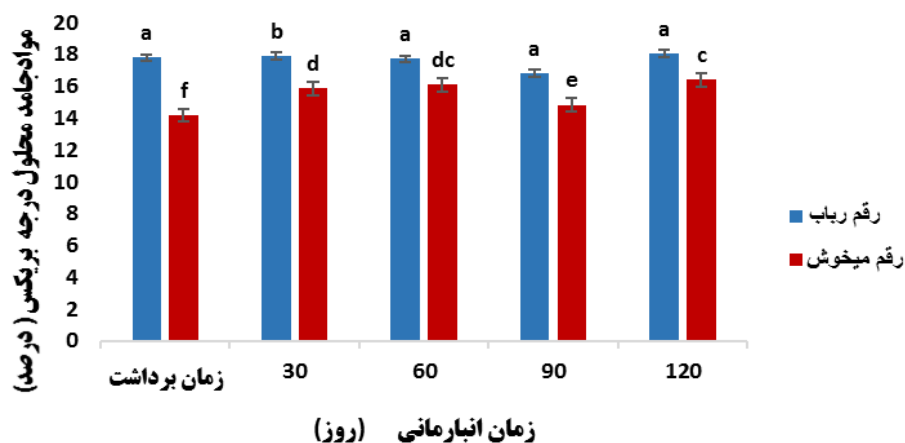


شکل ۳. الف) مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه اسید آمینه و زمان انبارمانی بر نشت یونی پوست در انار. (منبع: یافته‌های تحقیق). ب) مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه اسید آمینه و رقم بر نشت یونی پوست در انار. (منبع: یافته‌های تحقیق).

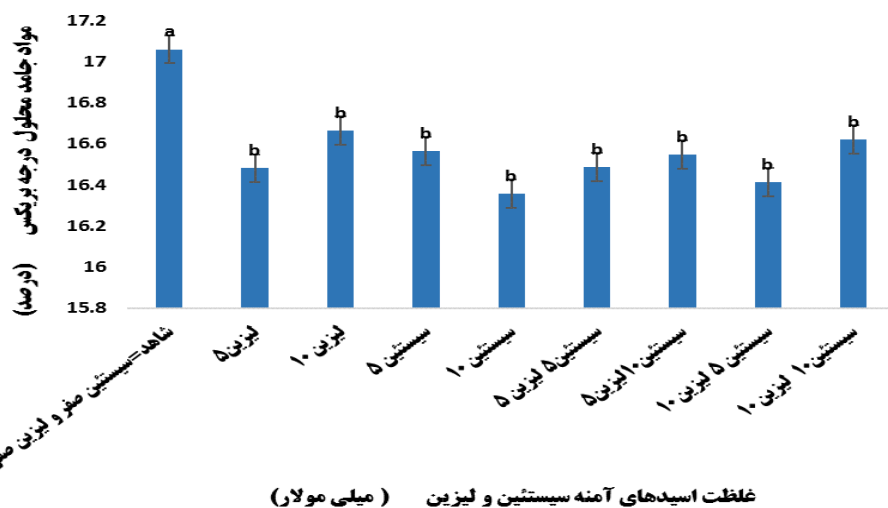
مواد جامد محلول

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه رقم و زمان انبارمانی در سطح احتمال یک درصد (جدول ۱) نشان داد که بیشترین میزان مواد جامد محلول در رقم رباب در زمان ۱۲۰ روز پس از انبارمانی بود و کمترین میزان مواد جامد محلول در رقم میخوش در زمان صفر انبارمانی بود. (شکل ۴ الف). نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس اثر اصلی اسیدهای آمینه نشان داد که اعمال تیمارهای اسیدآمینه معنی‌دار بوده به طوری که میانگین همه تیمارهای اسیدآمینه با تیمار شاهد با غلظت صفر سیستین و صفر لیزین تفاوت معنی‌دار را نشان داد. (شکل ۴ ب).

الف



ب



شکل ۴. مقایسه میانگین مواد جامد محلول در انار الف) مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه رقم و زمان انبارمانی بر مواد جامد محلول در انار. (منبع: یافته‌های تحقیق). ب) مقایسه میانگین اثر اصلی اسیدآمینه بر مواد جامد محلول در انار. (منبع: یافته‌های تحقیق).

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر سه‌گانه رقم، اسیدآمینه و زمان انبارمانی بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ارزیابی شده آوریل انار رقم‌های رباب و میخوش (منبع: یافته‌های تحقیق).

رقم	اسید آمینه های سیستمین و لیزین (میلی مولار)	زمان (روز) انبارمانی	اسید قابل تیتراسیون (درصد)	pH آریل (اسیدیته)	ویتامین ث آریل (میلی گرم در صد گرم وزن تازه)	شاخص طعم (TSS/TA)
	شاهد = m M صفر سیستمین و m M صفر لیزین	صفر	۲/۵a	۳/۴h-l	۲۶/۴a	۷/۰۹l
		۳۰	۱/۴۵fg	۳/۴h-l	۱۴/۳c-i	۱۱/۸c-h
		۶۰	۱/۲۵l-p	۳/۵f-k	۱۳h-n	۱۴/۱r-y
		۹۰	۱/۱۱t-y	۳/۶c-h	۱۲/۳j-r	۱۶/۳h-n
		۱۲۰	۰/۸۹f-h	۳/۷c-f	۱۰g-f	۲۰/۵bc
	۵ m M لیزین	صفر	۲/۵۱a	۳/۴h-l	۲۶/۴a	۷/۰۹l
		۳۰	۱/۴۶fg	۳/۳j-l	۱۵/۵bc	۱۱/۹c-h
		۶۰	۱/۲۵l-p	۳/۴i-l	۱۲/۳j-q	۱۴/۰t-y
		۹۰	۱/۱۴s-w	۳/۴i-l	۱۰/۳t-z	۱۵/۷j-q
		۱۲۰	۱/۰۶a*W-Z	۳/۶c-g	۸/۷a-d	۱۷/۱f-k
	۱۰ m M لیزین	صفر	۲/۵۱a	۳/۴h-l	۲۶/۴a	۷/۰۹l
		۳۰	۱/۳۶h-j	۳/۳kl	۱۴/۶c-e	۱۲/۷a-f*yz
		۶۰	۱/۲۲m-q	۳/۳kl	۱۳/۲e-k	۱۴/۱r-y
		۹۰	۱/۱۵r-v	۳/۴h-l	۱۱/۲o-v	۱۵/۵l-t
		۱۲۰	۱/۰۶a*W-Z	۳/۶d-i	۸/۳a-e	۱۶/۸f-k
	۵ m M سیستمین	صفر	۲/۵۱a	۳/۴h-l	۲۶/۴a	۷/۰۹l
		۳۰	۱/۴gh	۳/۳l	۱۶/۷b	۱۲/۵a-g*z
		۶۰	۱/۲۳n-r	۳/۳j-l	۱۴/۸c-f	۱۴/۳p-w
		۹۰	۱/۲۰o-s	۳/۴g-l	۹/۲a-c*x-z	۱۴/۹m-u
		۱۲۰	۱/۱۰t-y	۳/۶c-h	۸/۱b-e	۱۶/۴g-m
	۱۰ m M سیستمین	صفر	۲/۵۱a	۳/۴h-l	۲۶/۴a	۷/۰۹l
		۳۰	۱/۴۸ef	۳/۲۶l	۱۴/۰c-i	۱۱/۶g-h
		۶۰	۱/۱۲s-x	۳/۴i-l	۱۳/۳e-k	۱۴/۸n-u
		۹۰	۱/۰۸a*V-Z	۳/۴g-l	۱۰/۶r-y	۱۶/۴g-m
		۱۲۰	۱/۰۳a-c*yz	۳/۶d-i	۸/۲b-e	۱۷/۶f-h
	۵ m M لیزین و ۵ m M سیستمین	صفر	۲/۵۱a	۳/۴h-l	۲۶/۴a	۷/۰۹l
		۳۰	۱/۵۰d-f	۳/۴i-l	۱۴/۰c-i	۱۱/۲f-i
		۶۰	۱/۳۴h-k	۳/۴h-l	۱۱/۶m-t	۱۳/۲a-c*v-z
		۹۰	۱/۱۳s-w	۳/۵g-l	۱۰/۵s-y	۱۵/۸i-o
		۱۲۰	۱/۰۱a-d*z	۳/۵e-j	۹/۷ab*v-z	۱۸/۳d-f
	۵ m M لیزین و ۱۰ m M سیستمین	صفر	۲/۵۱a	۳/۴h-l	۲۶/۴a	۷/۰۹l
		۳۰	۱/۵۷d	۳/۳kl	۱۳/۳e-k	۱۱/۱g-i
		۶۰	۱/۳۲h-l	۳/۴i-l	۱۰/۷q-x	۱۳/۴u-z
		۹۰	۱/۱۵q-v	۳/۴h-l	۱۰/۳t-z	۱۵/۶j-q
		۱۲۰	۱/۱۶q-u	۳/۶d-i	۷/۶c-f	۱۵/۷j-q

۷/۰۹l	۲۶/۴a	۳/۴h-l	۲/۵۱a	صفر	
۱۲/۵a-g*z	۱۴/۷c-f	۳/۳j-l	۱/۳۸g-i	۳۰	
۱۴/۷o-v	۱۳/۰h-n	۳/۴h-l	۱/۱۷p-t	۶۰	
۱۶/۶g-l	۱۱/۴n-u	۳/۵f-k	۱/۰۴a*b*x-z	۹۰	$1.0m M$ لیزین و $5m M$ سیستین
۱۹/۶cd	۸/۶a-e	۳/۶d-i	۰/۹۱e-g	۱۲۰	
۷/۰۹l	۲۶/۴a	۳/۴h-l	۲/۵۱a	صفر	
۱۱/۳e-i	۱۴/۹c-e	۳/۳j-l	۱/۵۶d	۳۰	
۱۳/۵ab*u-z	۱۳/۶e-k	۳/۴g-l	۱/۳۱i-m	۶۰	$1.0m M$ لیزین و $1.0m M$ سیستین
۱۶/۲h-o	۱۲/۷i-o	۳/۴g-l	۱/۱۱t-x	۹۰	
۱۸/۲ef	۹/۲a-c*x-z	۳/۵f-k	۱/۰۰a-d	۱۲۰	
۷/۰l	۱۲/۳j-r	۳/۷c-f	۲/۰۲b	صفر	
۱۱/۸c-h	۱۱/۱p-w	۳/۵f-k	۱/۲۷k-o	۳۰	
۱۳/۷a*u-z	۱۰/۳t-z	۳/۶c-h	۱/۱۵r-v	۶۰	شاهد $m M$ = صفر سیستین و $m M$
۱۶/۶g-l	۹a-c*x-z	۳/۸bc	۰/۹۷b-e	۹۰	صفر لیزین
۲۴/۰a	۶/۳gh	۴/۵a	۰/۸۴j	۱۲۰	
۷/۰l	۱۲/۳j-r	۳/۷c-f	۲/۰۲b	صفر	
۹/۵jk	۱۴/۰c-i	۳/۶d-i	۱/۵۴de	۳۰	
۱۴/۱s-y	۱۱/۵n-u	۳/۶c-h	۱/۰۸u-z	۶۰	
۱۶/۵g-l	۹/۹a*u-z	۳/۶c-g	۰/۹۸b-e	۹۰	$5m M$ لیزین
۲۰/۶bc	۸/۲b-e	۳/۷c-f	۰/۸۲hi	۱۲۰	
۷/۰l	۱۲/۳j-r	۳/۷c-f	۲/۰۲b	صفر	
۸/۴kl	۱۵/۵bc	۳/۵g-l	۱/۷۶c	۳۰	
۱۲/۲a-g	۱۱/۷l-t	۳/۵f-k	۱/۲۹j-n	۶۰	
۱۴/۰u-z	۹/۶ab*w-z	۳/۵e-j	۱/۱۷p-t	۹۰	$1.0m M$ لیزین
۱۷/۹fg	۷/۶c-f	۳/۶c-h	۰/۹۸b-e	۱۲۰	میخوش
۷/۰l	۱۲/۳j-r	۳/۷c-f	۲/۰۲b	صفر	
۱۰/۵h-j	۱۵/۲b-d	۳/۵f-k	۱/۳۶h-j	۳۰	
۱۲/۲b-g	۱۳/۷d-j	۳/۵f-k	۱/۲۹j-n	۶۰	$5m M$ سیستین
۱۳/۵ab*u-z	۱۱/۷l-t	۳/۵e-j	۱/۱۷p-t	۹۰	
۱۹/۹c	۶/۴gh	۳/۷c-f	۰/۹۸b-e	۱۲۰	
۷/۰l	۱۲/۳j-r	۳/۷c-f	۲/۰۲b	صفر	
۹/۷jk	۱۵/۲b-d	۳/۴h-l	۱/۴۴fg	۳۰	
۱۲/۹a-d*w-z	۱۲/۸h-o	۳/۶c-h	۱/۱۹o-s	۶۰	$1.0m M$ سیستین
۱۵/۶l-s	۱۰/۴s-y	۳/۶c-h	۱/۰۰a-d	۹۰	
۲۱/۴b	۷/۶c-f	۳/۷c-f	۰/۷۸ij	۱۲۰	
۷/۰l	۱۲/۳j-r	۳/۷c-f	۲/۰۲b	صفر	
۹/۵jk	۱۳/۴e-k	۳/۳j-l	۱/۵۱d-f	۳۰	$5m M$ لیزین و $5m M$ سیستین

۱۱/۶g-h	۱۱/۶m-t	۳/۵f-k	۱/۳۳h-k	۶۰
۱۴u-z	۹/۰a-c*yz	۳/۶c-h	۱/۱۴s-w	۹۰
۱۶/۹f-l	۵/۶g	۳/۸b-d	۰/۹۵c-f	۱۲۰
۷/۰l	۱۲/۳j-r	۳/۷c-f	۲/۰۲b	صفر
۹/۹i-j	۱۳/۴e-k	۳/۳j-l	۱/۴۶fg	۳۰
۱۱/۹c-h	۱۳/۰h-n	۳/۵f-k	۱/۲۹j-n	۶۰
۱۴/۳q-x	۱۱/۱p-w	۳/۶d-i	۱/۱۱t-x	۹۰
۱۷/۰f-l	۷/۶c-f	۳/۶c-g	۰/۹۷b-e	۱۲۰
۷/۰l	۱۲/۳j-r	۳/۷c-f	۲/۰۲b	صفر
۱۲/۳a-g	۱۴/۷c-f	۳/۴h-l	۱/۱۶q-v	۳۰
۱۴/۵p-v	۱۲/۲j-r	۳/۵e-j	۱/۰۵a*b*x-z	۶۰
۱۷/۳f-i	۱۰/۵s-y	۳/۷b-e	۰/۹۳d-f	۹۰
۲۰/۵bc	۷/۱d-g	۳/۹b	۰/۸۱hi	۱۲۰
۷/۰l	۱۲/۳j-r	۳/۷c-f	۲/۰۲b	صفر
۱۱/۵g-h	۱۵/۲b-d	۳/۴g-l	۱/۳۶h-j	۳۰
۱۲/۸a-e*x-z	۱۴/۳c-h	۳/۴g-l	۱/۲۵l-p	۶۰
۱۷/۲f-j	۱۲/۰k-s	۳/۶c-h	۰/۹۴d-f	۹۰
۱۹/۴c-e	۸/۲b-e	۳/۸b-d	۰/۸۸f-h	۱۲۰

حروف مختلف نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال $p \leq 0.05$ است.

(pH)

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس pH عصاره میوه انار نشان داد اثرهای متقابل سه گانه اسید آمینه، رقم و زمان در سطح یک درصد و اثرهای متقابل دو گانه رقم و زمان و همچنین اسید آمینه و زمان در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثرهای متقابل سه گانه (جدول ۲) نشان داد بیشترین مقدار pH میوه با میانگین ۴/۵ مربوط به رقم میخوش و تیمار شاهد در روز ۱۲۰ ام انبارمانی بود و کمترین آن با میانگین ۳/۲۶ مربوط به رقم رباب تیمار سیستین ۱۰ میلی مولار و روز 30 ام انبارمانی بود. نتایج حاصل نشان داد که با افزایش زمان انبارمانی pH میوه افزایش یافت به طوری که در روز ۱۲۰ انبارمانی pH میوه بیشترین مقدار بود که نسبت به زمان شروع انبارمانی (روز صفر) در رقم میخوش ۲۱/۶ درصد افزایش یافت. نتایج پژوهش نشان داد تیمار ترکیب اسید آمینه های سیستین و لیزین با افزایش دوره انبارمانی باعث کاهش پی اچ (2 درصد نسبت به شاهد) شد.

مقدار اسید قابل تیتراسیون (TA)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اسید قابل تیتراسیون نشان داد که اثر متقابل سه گانه رقم، اسیدهای آمینه و زمان انبارمانی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها نشان داد که با افزایش زمان انبارمانی اسید قابل تیتراسیون کاهش یافت به طوری که بیشترین میزان اسید قابل تیتراسیون مربوط به رقم رباب در زمان روز صفر انبارمانی برابر با 2/51 و کمترین میزان متعلق به رقم میخوش و تیمار شاهد ۱۲۰ روز بعد از انبارمانی برابر با ۰/۷۴ درصد بود. نتایج حاصل نشان داد که نوع رقم، زمان انبارمانی و تیمارهای اسید آمینه تأثیر معنی داری بر این صفت داشتند. در رقم میخوش بیشترین اسید قابل تیتراسیون با ۲/۳۶ درصد در روز صفر انبارمانی و پس از آن بیشترین مقدار اسید قابل تیتراسیون در تیمار با اسیدهای آمینه در رقم میخوش با میانگین 6/3 درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. (جدول 2)

ویتامین ث

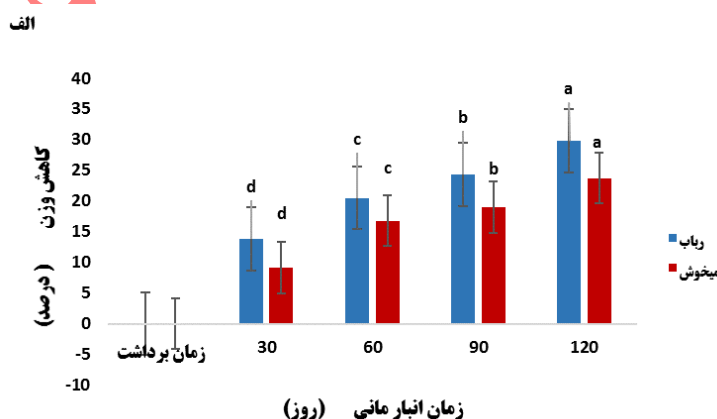
نتایج حاصل از تجزیه واریانس محتوای ویتامین C نشان داد که اثرهای متقابل سه گانه رقم، اسیدهای آمینه و زمان در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید (جدول ۱). نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش مدت انبارمانی، محتوای ویتامین C کاهش یافت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین این صفت نشان داد که بیشترین محتوای ویتامین C با میانگین ۲۶/۴ میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه مربوط به رقم رباب در شروع انبارمانی (زمان برداشت) بود. میانگین تیمار لیزین ۱۰ و سیستمین ۱۰ نسبت به تیمار شاهد (لیزین صفر سیستمین صفر) ۱۴ درصد افزایش ویتامین ث را نشان داد. کمترین محتوای ویتامین C برای هر دو رقم در پایان مدت انبارمانی (روز ۱۲۰) مشاهده گردید. همچنین برای رقم میخوش بیشترین محتوای ویتامین C با میانگین ۱۲/۳ میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه در شروع انبارمانی بود.

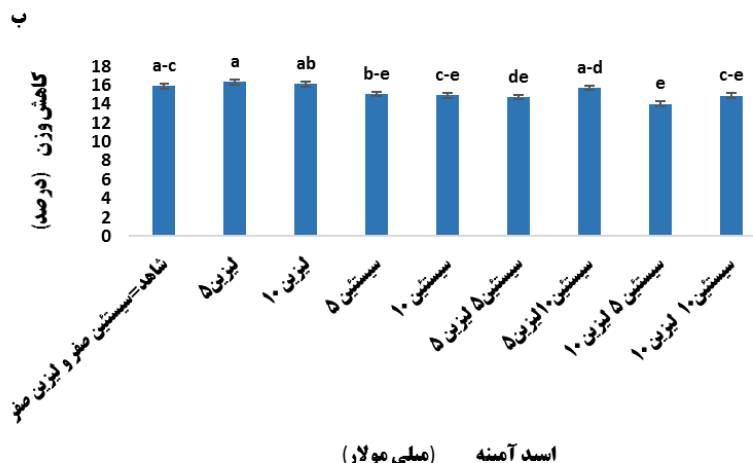
شاخص طعم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس شاخص طعم نشان داد که اثرهای متقابل سه گانه رقم، اسیدهای آمینه و زمان در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید (جدول ۱). این نتایج نشان داد که بیشترین مقدار شاخص طعم با میانگین ۱۸/۵ مربوط به تیمار شاهد رقم رباب و تیمار لیزین ۵ و سیستمین ۱۰ میلی مولار و کمترین مقدار شاخص طعم به زمان صفر انبارمانی در رقم میخوش با میانگین ۱۴/۲ تعلق داشت. (جدول ۲). با گذشت زمان شاخص طعم با افزایش مواد جامد محلول و کاهش اسید قابل تیتراسیون افزایش یافت.

کاهش وزن

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرهای متقابل دو گانه رقم و زمان در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱) و نشان داد که بیشترین مقدار کاهش وزن با میانگین ۲۹/۷۹ درصد مربوط به رقم رباب در پایان مدت انبارمانی (روز ۱۲۰) بود و کمترین مقدار این صفت با میانگین ۹/۱ درصد در رقم میخوش در روز ۳۰ انبارمانی مشاهده گردید. (شکل ۵ الف). کمترین مقدار کاهش وزن مربوط به ترکیب همزمان اسیدهای آمینه سیستمین ۵ و لیزین ۱۰ میلی مولار بود که نسبت به تیمار شاهد (لیزین صفر و سیستمین صفر میلی مولار) ۱۱ درصد کاهش نشان داد. (شکل ۵ ب).

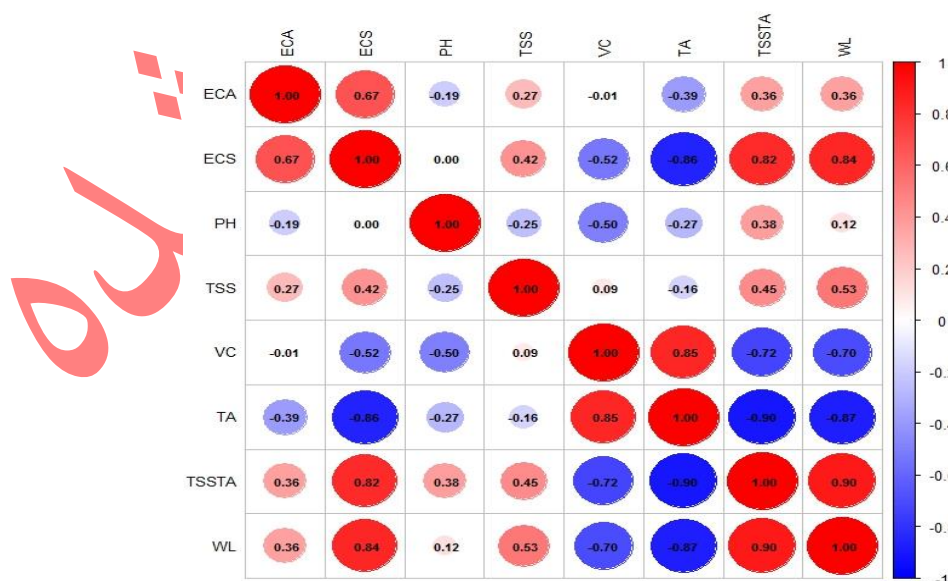




شکل ۵. مقایسه میانگین صفت کاهش وزن در میوه انارالف) مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و زمان بر صفت کاهش وزن در میوه انار ب) مقایسه میانگین اثر اصلی اسیدهای آمینه بر صفت کاهش وزن در میوه انار. (منبع: یافته‌های تحقیق).

همبستگی بین صفات ارزیابی شده:

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می شود بر اساس نتایج حاصل از همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده بر اساس روش پیرسون بین صفات نشت یونی پوست و کاهش وزن میوه، ویتامین ث و اسیدهای آلی، شاخص طعم و کاهش وزن میوه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد، در صورتی که همبستگی منفی و معنی‌داری بین صفات شاخص طعم و اسید قابل تیتراسیون (TA) و همچنین بین اسید قابل تیتراسیون و کاهش وزن میوه مشاهده شد. بین صفات نشت یونی پوست و pH نیز هیچگونه همبستگی مشاهده نشد.



شکل ۶. ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده انار ارقام رباب و میخوش به روش پیرسون: ECA: نشت یونی آریل، ECP: نشت یونی پوست میوه، pH: اسیدیت، TSS: مواد جامد محلول، VC: ویتامین ث، TA: اسید قابل تیتراسیون، TSS/TA: شاخص طعم، WL: کاهش وزن میوه (منبع: یافته‌های تحقیق)

بحث

نتایج حاصل از این تحقیق در خصوص نشت یونی آریل نشان داد که کاربرد آمینواسیدها تأثیر معنی‌داری بر دوره‌های انبارمانی و نوع رقم، در کاهش نشت یونی آریل نداشت. معنی‌دار بودن اثر متقابل دوگانه رقم و زمان در سطح یک درصد بر نشت یونی آریل نشان داد که با وجود آن که در روز صفر انبارمانی نشت یونی آریل رقم رباب بیشتر از رقم میخوش بود و در طی دوره انبارمانی افزایش یافت اما این روند افزایشی در رقم رباب کندتر بود و به طور کلی نتایج این تحقیق حاکی از آن است که مقاومت آریل رقم رباب در مقابل صدمه غشای سلولی و تخریب ساختار سلول و نشت یونی آریل حاصل از آن، نسبت به رقم میخوش بیشتر است.

نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش مدت زمان انبارمانی، نشت یونی پوست در هر دو رقم میخوش و رباب رو به افزایش است. مهم‌ترین شاخص برای ارزیابی پایداری غشای سلولی شاخص نشت یونی میوه است (Mirdehghan et al., 2007, Sayyari et al., 2009). از علل افزایش نشت یونی پوست با افزایش دوره انبارمانی می‌توان به دمای پایین انبار اشاره کرد که با افزایش زمان، اثر ناشی از دمای پایین و احتمال سرمازدگی موجب صدمه به غشای سلولی و تخریب ساختار سلول و در نهایت باعث نشت یونی شده است. سرمازدگی و از دست دادن آب میوه در محصولات کشاورزی به دنبال افزایش نفوذپذیری غشای سلولی رخ می‌دهد (Sapers et al., 1998). اسیدهای آمینه مانند سیستئین با جاروب کردن رادیکالهای آزاد اکسیژن که در شرایط تنش، طی فرآیند تنفس یا فتوسنتز تولید می‌شوند بافت‌های گیاهی را محافظت می‌کنند (Sadak et al., 2019). نتایج این تحقیق در خصوص صفت نشت یونی پوست انار، دست‌آورد پژوهش‌های (Mandegari et al., 2019, Babalar et al., 2018) را تأیید می‌کند. از آنجایی که علت نشت یونی، صدمه به غشای سلولی و تخریب ساختار سلول است می‌توان این عارضه را با طولانی بودن دوره انبارمانی و دراز مدت دمای پایین بر پوست میوه توجیه کرد. نتایج حاصل از پژوهش‌های دیگر این پدیده را تأیید می‌نماید (Sayyari et al., 2011, Mirdehghan et al., 2007). همان‌طور که در سال‌های اخیر تیمار با آمینواسیدها بسیار مورد توجه قرار گرفته و نتایج پژوهش‌ها نشان داده محلول‌پاشی با اسیدهای آمینه تأثیر بسزایی در فعالیت و ساختار گیاهی داشته است (Cao et al., 2009). نتایج پژوهشی ما نشان داد سیستئین باعث حفظ فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی با کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و تثبیت یکپارچگی غشای میوه شده است (Khan et al., 2016). نتایج حاصل از این پژوهش که کاهش نشت یونی پوست در تیمار ترکیب همزمان سیستئین و لیزین نسبت به تیمار شاهد را نشان داد با نتایج این پژوهش‌ها همخوانی دارد و به نظر می‌رسد سیستئین باعث حفظ فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی با کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و تثبیت یکپارچگی غشای میوه شده است.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که به طور کلی با افزایش زمان انبارمانی از روز صفر (زمان شروع انبارمانی) در هر دو رقم رباب و میخوش میزان مواد جامد محلول افزایش یافت. مواد جامد محلول در میوه که به طور عمده شامل قندها و به مقدار کمی شامل اسیدها، ویتامین‌ها و مواد معدنی است، در طول زمان با رسیدن میوه افزایش می‌یابد (Mandegari et al., 2019). این رویداد به علت تبدیل نشاسته به قندهای محلول (Rastagari et al., 2013)، قندهای مرکب به قندهای ساده و همچنین کاهش آب میوه است (Malik et al., 2005). با افزایش مواد جامد محلول و نرم شدن بافت میوه، عمر انبارمانی و نگهداری میوه کاهش می‌یابد (Mandegari et al., 2019). همچنین با افزایش تنفس و فعالیت‌های متابولیکی میوه در زمان، مواد جامد محلول نیز افزایش می‌یابد (Fan et al., 2016). نتایج این پژوهش‌ها با نتایج این تحقیق همخوانی داشت. افزایش قند به دلیل شکسته شدن کربوهیدراتها، مواد پکتیکی، هیدرولیز پروتئین‌ها و تجزیه قندها به واحدهای کوچکتر در طی فرایند تنفس اتفاق می‌افتد و همچنین به دلیل شکسته شدن پلی

ساکاریدهای دیواره سلولی و تبدیل آن به قندهای محلول صورت می‌گیرد و هر عاملی که از شکستن دیواره سلولی جلوگیری کند و یا آن را کاهش دهد باعث جلوگیری از افزایش غیر عادی قند می‌شود (Akbari *et al.*, 2015). ال سیستین با کاهش سرعت تنفس و تولید اتیلن، حفظ تورژسانس سلول‌ها و حفاظت از غشاءها باعث کاهش ازدست‌دهی رطوبت می‌شود (Khan *et al.*, 2016). این نتایج با نتایج تحقیق ما همخوانی دارد، به نظر می‌رسد استفاده از تیمار اسیدهای آمینه و ال سیستین با حفظ تورژسانس سلول‌ها و حفاظت از غشاءها، از شکستن دیواره سلولی جلوگیری می‌کند که باعث جلوگیری از افزایش غیر عادی قند و کاهش ۳ درصدی آن نسبت به تیمار شاهد شده است. پژوهش‌های دیگر دلایل مشابهی را در نتایج خود گزارش کردند برای مثال افزایش مواد جامد محلول در گیلان رقم بارلت که به علت کاهش آب میوه در اثر افزایش دوره انبارمانی رخ داده است (Remon *et al.*, 2003) که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت زیرا سیستین باعث کاهش ازدست‌دهی رطوبت و کاهش وزن میوه و در نتیجه جلوگیری از افزایش مواد جامد محلول می‌شود. همچنین نتایج این پژوهش با نتایج تحقیق (Oms-Oliu *et al.*, 2008) که عنوان می‌دارد استفاده از آمینواسیدهای گروه سیستین در محصولات مختلف تأثیر متفاوتی داشته به طوری که غوطه‌وری میوه سیب به صورت برش خورده در محلول ان-استیل سیستین به طور معنی‌داری باعث کاهش در تولید اتیلن و کاهش نرخ تنفس، مصرف قند و اسیدهای آلی شد، همخوانی داشته است. نتایج این تحقیق نشان داد که به طور کلی با افزایش زمان انبارمانی pH میوه افزایش یافت به طوری که در روز ۱۲۰ انبارمانی pH میوه بیشترین مقدار بود. pH رقم رباب نسبت به رقم میخوش در زمان برداشت کمتر بود. علت افزایش pH با افزایش دوره انبارمانی می‌تواند به دلیل تجزیه اسیدهای آلی در فرایند تنفس در طول زمان باشد. افزایش pH در اثر افزایش دوره انبارمانی میوه در پژوهش‌های دیگر نیز قابل مشاهده است (Talaee, *et al.*, 2004)، (Shokrolah Pham *et al.*, 2011)، (Rastagari *et al.*, 2013). نتایج این پژوهش‌ها با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مبنی بر افزایش pH با افزایش دوره انبارمانی مطابقت دارد. در زمان رسیدن میوه و طول دوره نگهداری، pH در اثر مصرف اسیدهای آلی و تبدیل آن به قندها، افزایش می‌یابد (Sogvar *et al.*, 2020). نتایج این تحقیق نیز با نتایج پژوهش ما مطابقت دارد به طوری که در طول دوره انبارمانی به دلیل افزایش اسیدهای آلی در تیمارهای ترکیب همزمان اسید آمینه‌های سیستین و لیزین pH نسبت به تیمار شاهد، ۲ درصد کاهش معنی‌دار نشان داد. نتایج این پژوهش نشان داد که به طور کلی با افزایش زمان انبارمانی اسید قابل تیتراسیون کاهش یافت که با نتایج پژوهش‌های (Wills, 2007, Hong *et al.*, 2014) که عنوان می‌دارند اسیدهای آلی به عنوان منبع انرژی در میوه در زمان رسیدن میوه با افزایش فعالیت متابولیکی و طی تنفس کاهش یافته و به قند تبدیل می‌شوند، مطابقت داشته و در این تحقیق نیز روند کاهشی میزان اسیدهای قابل تیتراسیون با افزایش دوره انبارمانی تا پایان دوره ۱۲۰ روزه در هر دو رقم دیده شد. نتایج تحقیق (Amini Khushalani *et al.*, 2022) نشان داد که کاربرد ال-سیستین ۰/۵ میلی مولار، انبارمانی میوه گلابی را بهبود بخشیده و سطح قند و اسیدآلی را بالا نگه داشته است. همچنین استفاده ترکیبی از ۲ میلی مولار ال سیستین و ۲ میلی مولار اسیدسیتریک باعث کاهش شاخص قهوه‌ای شدن، مهار فعالیت آنزیم PPO و کاهش از دست دادن مواد جامد محلول و اسید قابل تیتراسیون میوه لیچی نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد شده است (Jiang *et al.*, 2008). تیمار ال-سیستین موجب جلوگیری از تغییرات بیش از حد مواد جامد محلول کل و اسید قابل تیتراسیون در میوه لیچی، پس از برداشت شده است (Khan *et al.*, 2016). تیمار ال-سیستین با کاهش سرعت تنفس میوه‌ها، استفاده از اسیدهای ارگانیک در واکنش‌های آنزیمی تنفس را کاهش می‌دهد (Nasr *et al.*, 2023). در این پژوهش نیز اعمال تیمارهای

اسیدهای آمینه لیزین و سیستئین باعث افزایش 6/3 درصدی اسیدهای قابل تیتراسیون نسبت به تیمار شاهد گردیده است که به نظر می‌رسد به دلیل کاهش استفاده از اسیدهای ارگانیک در واکنش‌های آنزیمی تنفس با کاهش سرعت تنفس میوه‌ها باشد.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که به طور کلی با افزایش مدت انبارمانی محتوای ویتامین C کاهش یافت ولی این کاهش در میوه‌های شاهد در مقایسه با میوه‌های تیمار شده بیشتر بود. ویتامین B₁ از اسیدهای آلی به شمار می‌رود و تحقیقات نشان داده‌اند که ویتامین B₁ نقش مهمی در رشد و نمو و متابولیسم دارد، به عنوان سوبسترا در پدیده تنفسی شرکت می‌کند که باعث کاهش ویتامین B₁ در تنش کم آبیاری می‌شود (Farhang poor et al., 2023). تیمار ال-سیستئین با کاهش سرعت تنفس میوه‌ها، استفاده از اسیدهای ارگانیک در واکنش‌های آنزیمی تنفس را کاهش می‌دهد. (Nasr et al., 2023) کاربرد سیستئین و لاکتات کلسیم در شرایط آبیاری نرمال و تنش کم آبیاری تأثیر مثبت بر محتوای ویتامین B₁ داشت (Farhang poor et al., 2023) به نظر می‌رسد تیمار با اسیدهای آمینه سیستئین و لیزین با کاهش سرعت تنفس، استفاده از ویتامین B₁ به عنوان سوبسترا در واکنش‌های آنزیمی تنفس را کاهش داده و باعث افزایش ویتامین B₁ در میوه‌های انار تیمار شده با این اسیدهای آمینه نسبت به تیمار شاهد شده است. نتایج این تحقیق با نتایج به دست آمده از پژوهش‌های دیگر در انبارمانی سایر میوه‌ها از جمله توت‌فرنگی (Mohammadi Benaroye et al., 2015) میوه کنار (Ramezani et al., 2011) و گوجه‌فرنگی (Bagheri Zadeh et al., 2011) مطابقت داشته است. نتایج این تحقیق نشان داد که در رقم رباب، محتوای ویتامین C نسبت به رقم میخوش بیشتر بوده و در طول دوره انبارمانی رقم رباب به میزان بیشتری نسبت به رقم میخوش توانست مقدار ویتامین B₁ را حفظ کند که با نتایج تحقیق (Antonio et al., 2007) که عنوان داشت سطح ویتامین B₁ در سبزیجات به عوامل متعددی از جمله رقم، تغذیه گیاه، مراحل رشد و بلوغ بستگی دارد، همخوانی دارد.

نتایج این پژوهش نشان داد که به طور کلی با گذشت زمان انبارمانی مواد جامد محلول افزایش و اسید قابل تیتراسیون کاهش یافت. که با نتایج (Khan et al., 2012) که اعلام نمودند اسیدهای آمینه آزاد در میوه انگور رقم پرلت موجب افزایش قند محلول، شاخص طعم و کاهش اسید قابل تیتراسیون گردید مطابقت داشت. میزان قند موجود در انار ارتباط مستقیمی با طعم شیرینی دارد که این طعم شیرین در مقابل با اسیدیته انار موجب بروز طعم‌های مختلف می‌شود. شاخص طعم میوه از مهم‌ترین ویژگی‌های هر میوه از جمله انار می‌باشد که به نسبت کل مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون موجود در آن بستگی دارد همچنین کاربرد اسیدهای آمینه موجب افزایش شاخص طعم در میوه انار رقم نادری شد (Hasanzade et al., 2015). نسبت مواد جامد قابل حل به اسید کل ۳۱ تا ۹۸ مربوط به ارقام شیرین، ۱۷ تا ۲۴ مربوط به ارقام ملس، ۵ تا ۷ مربوط به ارقام ترش می‌باشد. این میزان در پژوهش‌های مختلف ارقام متفاوتی دارد (Schwartz et al., 2009) که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت و در هر دو رقم رباب و میخوش با اعمال تیمارهای اسید آمینه سیستئین و لیزین، طعم ملس حفظ شده بود و نتایج این تحقیق نشان داد که به لحاظ صفت شاخص طعم هر دو رقم رباب و میخوش تا پایان روز ۱۲۰ ام انبارمانی همچنان برای تازه خوری مناسب می‌باشند. اعمال تیمارهای اسید آمینه باعث حفظ شاخص طعم نسبت به شاهد گردید.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که به طور کلی با گذشت زمان انبارمانی میزان درصد کاهش وزن تمامی نمونه‌ها افزایش یافت. کاهش وزن میوه به طور عمده با تنفس و تعرق از پوست میوه در ارتباط می‌باشد که در نتیجه از دست دادن آب از سطح میوه

اتفاق می‌افتد (Li et al., 2009). نتایج نشان داد که کاربرد اسید آمینه ال-سیستئین به‌ویژه در غلظت 5 میلی مولار در تأخیر پیری نقش موثری داشت که این اثر را از طریق حفظ رنگ سبز، ویتامین C و فعالیت آنتی اکسیدانی و سطح پایین‌تر تولید اتیلن، تنفس و ممانعت از کاهش وزن نشان دادند (Amini Khushalani et al., 2022). ال سیستئین با کاهش سرعت تنفس و تولید اتیلن، حفظ تورژسانس سلول‌ها و حفاظت از غشاءها باعث کاهش از دست‌دهی رطوبت می‌شود (Khan et al., 2016). همچنین ال-سیستئین باعث جلوگیری از کاهش وزن در موز (Bico et al., 2009) و بادمجان (Ghidelli et al., 2014) شده است که تمامی این نتایج با نتایج پژوهش ما که نشان داد کاهش وزن در میوه انار، بر اثر ترکیب همزمان اسیدهای آمینه سیستئین 5 و لیزین 10، 11 درصد کمتر از تیمار شاهد می‌باشد مطابقت دارد و به نظر می‌رسد ترکیب همزمان اسیدهای آمینه سیستئین 5 و لیزین 10 از طریق کاهش تعلق از پوست میوه و حفظ تورژسانس سلول‌ها و حفاظت از غشاءها باعث کاهش از دست‌دهی رطوبت و جلوگیری از کاهش وزن در میوه انار، نسبت به تیمار شاهد، شده است.

نتیجه گیری کلی

نتایج به دست آمده از این تحقیق، نشان داد که کاربرد همزمان آمینواسیدهای سیستئین و لیزین در مرحله بعد از برداشت می‌تواند برصفت کیفی میوه انار تأثیر مثبتی داشته باشد و باعث کاهش نشت یونی پوست، افزایش ویتامین ث، کاهش pH میوه، افزایش اسید قابل تیتراسیون، کاهش میزان مواد جامد، حفظ شاخص طعم و کاهش درصد شاخص کاهش وزن میوه‌های انار گردد. نتایج این پژوهش نشان داد که به طور کلی رقم رباب نسبت به رقم میخوش در 75 درصد صفات اندازه‌گیری شده در این پژوهش به ویژه به دلیل اسید قابل تیتراسیون بیشتر، محتوای ویتامین C بیشتر و حفظ برتری این صفات در تمام مدت انبارمانی نسبت به رقم میخوش، برای انبارمانی در انبار سردمناسب تر می‌باشد. به طور کلی استفاده از تیمارهای همزمان اسیدآمینه‌های درجه اول سیستئین 5 و لیزین 10 میلی مولار و سپس سیستئین 10 و لیزین 10 میلی مولار باعث بهبود وضعیت انبارمانی و حفظ کیفیت انار رقم‌های رباب و میخوش در صفات کیفی مورد بررسی گردیده و برای استفاده در انبارمانی این ارقام توصیه می‌گردد.

منابع

- آمارنامه وزارت جهادکشاورزی (۱۴۰۱). وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه ریزی اقتصادی مرکزآمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهادکشاورزی.
- اکبری، الهه و غلامی، مهدیه (۱۳۹۴). مقایسه تیمارهای گرمایی و شیمیایی در جلوگیری از قهوه‌ای شدن و حفظ کیفیت میوه برش خورده گلابی، نهمین کنگره علوم باغبانی/ایران، اهواز.
- امینی خوشالانی، کمال و حسن پور، حمید (۱۴۰۱). تأثیر اسیدآمینه‌های ال-سیستئین بر کیفیت و خواص آنتی اکسیدانی میوه گلابی رقم "درگری" در طول انبار سرد، نخستین همایش ملی فناوری تولید و پس از برداشت گیاهان باغی، بیرجند.
- بابالار، مصباح؛ پیرزاد، فرهاد؛ عسکری سرچشمه، محمدعلی؛ طلایی، علیرضا و لسانی، حسین. (۱۳۹۶). کاهش خسارت سرمازدگی و بهبود خواص آنتی اکسیدانی میوه انار با تیمارهای قبل و بعد از برداشت با استفاده از متیل جاسمونات. *مجله علوم باغبانی/ایران*، ۵۲(۳)، ۵۴۱-۵۵۲.
- باقری زاده، مسعود و سیف، سیده ندا (۱۳۹۱). بررسی رسیدن روی بوته، رسیدن پس از برداشت و مدت انبارداری بر ترکیبات فنولی، مقدار کاروتنوئید و کیفیت پس از برداشت میوه گوجه فرنگی رقم فادو. *فیزیولوژی و تکنولوژی پس از برداشت فرآورده های باغی*. ۱۱(۱)، ۴۵-۶۱.
- حسن زاده، سکینه؛ حبیبی، فریبرز و امیری محمداسماعیل (۱۳۹۳). اثرات سمپاشی کود آمینول فورت بر پاسخهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی انار رقم نادری در شرایط تنش خشکی. *مجله علوم باغبانی*. دانشگاه فردوسی مشهد ۲۹(۳)، 459-465.

رستگاری، حمیده؛ تهرانی فر، علی؛ نعمتی، سیدحسین و وظیفه شناس، محمدرضا (۱۳۹۳). کاربرد اسید سالیسیلیک قبل از برداشت میوه بر خصوصیات پس از برداشت انار و نگهداری در انبار سرد. *مجله علوم باغبانی*، ۲۸(۳)، ۳۶۰-۳۶۸.

رمضانی معوا، ملیحه؛ ابوطالبی، عبدالحسین و خادمی، رحیم (۱۳۹۱). تأثیر کاربرد پس از برداشت چیتوسان و اسید سالیسیلیک بر برخی خواص کمی میوه کنار رقم سب ('Seb') (ZiziphusMauritinaLam, CV. 'Seb'). *فصلنامه فیزیولوژی و تکنولوژی پس از برداشت فرآورده های باغی*، ۱(۱)، ۸۹-۹۹.

شکرالله فام، صبا؛ حاجیلو، جعفر؛ زارع، فریبرز؛ طباطبایی، سید جلال و نقشی بند حسنی، رحیم (۱۳۹۱). اثر کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک بر ویژگیهای کیفی و ماندگاری آلو رقم قطره طلا. *پژوهشهای صنایع غذایی (دانش کشاورزی)*، ۲۲(۱)، ۷۵-۷۵.

طالابی، علیرضا؛ و عسگری سرچشمه، محمد علی و بهادران، فیروزه و شرافتیان، داریوش (۱۳۸۳). مطالعه آثار تیمارهای آب گرم و پوشش پلی اتیلن بر روی عمر انبارمانی و کیفیت میوه انار (رقم ملس ساوه). *مجله علوم کشاورزی ایران*، ۳۵(۲)، ۳۶۹-۳۷۷.

صادرات و واردات کالاهای کشاورزی و غذا در سال ۱۴۰۲، (1403)، وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه ریزی اقتصادی مرکزآمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهادکشاورزی.

عسگری سرچشمه، محمدعلی و شاهدی، محمد (۱۳۷۳). تأثیر دماهای مختلف نگهداری بر برخی ویژگیهای کمی و کیفی چهار رقم انار منطقه ساوه. *مجله علوم کشاورزی ایران*، ۲۵(۲)، ۲۵-۵۳.

فرهنگ پور، ملیحه؛ برزگر، طاهر؛ نیکبخت، جعفر و نکونام، فاطمه (۱۴۰۲). اثر آل-سیستئین و لاکتات کلسیم بر عملکرد و کیفیت میوه بادمجان (*Solanum melongena* L.) تحت تنش کم آبیاری، *مجله فرایند و کارکرد گیاهی انجمن فیزیولوژی گیاهی ایران*، ۱۲(۵۳)، ۱۳۷-۱۵۲.

قاسم نژاد، محمود. (۱۳۸۵). واکنش مرکبات مختلف به نگهداری در دمای پایین *PH.D. پایان نامه*. دانشکده باغبانی. دانشگاه تهران. ایران

ماندگاری، مریم؛ میرزا علیان دستجردی، عبدالمجید؛ مشرف، لاله و تاتاری، مریم (۱۳۹۸). تأثیر دمای انبار و نیتریک اکسید بر کیفیت و انبارمانی آریل های انار نادری. *مجله علوم و صنایع غذایی ایران*، ۱۶(۸۹)، ۳۴۱-۳۵۶.

محمدی بنارویه، پروانه و شریفی سیرچی، غلامرضا (۱۳۹۵). تغییر خواص کیفی میوه توت فرنگی (*Fragaria x ananassa* Duch) طی انبارمانی بعد از غوطه وری در نمک کلسیم. *سمپوزیوم ملی میوه های ریز*.

نصر، فهیمه؛ ربیعی، ولی؛ رضوی، فرهنگ و گوهری، غلامرضا (۱۴۰۰). تأثیر تیمار آل-سیستئین و ویژگیهای کیفی و آنتی اکسیدانی میوه خرمالو طی انبار سرد. *مجله پژوهش های میوه کاری*، ۱(۱)، ۱-۱۴.

REFERENCES

- Akbari, A and Gholami, M, 2015, comparison of thermal and chemical treatments in preventing browning and preserving the quality of cut pear fruit, *9th Iran Horticultural Science Congress*, Ahvaz. (In Persian) [DOR: 10.1001.1.16807154.1397.19.1.2.2](https://doi.org/10.1001.1.16807154.1397.19.1.2.2)
- Amini Khushalani, K and Hasanpour, H, (۲۰۲۲), The effect of L-cysteine amino acids on the quality and antioxidant properties of Galbi fruit of "Dargzi" variety Length of cold storage, *the first national conference on the production and post-harvest technology of horticultural plants*, Birjand. (In Persian)
- Amodio, M. L., Cabezas-Serrano, A. B., Peri, G., & Colelli, G. (2011). Post-cutting quality changes of fresh-cut artichokes treated with different anti-browning agents as evaluated by image analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 62(2), 213-220. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.05.004>
- Antonio, J. P., Francisco, M. A., Ana, S. M., Maria, I. F. and Estrella, D. (2007) Influence of agricultural practices on the quality of sweet pepper fruits as affected by the maturity stage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 2075-2080
- Askari Sarchimeh, M.A. and a Shahedi, M. (1994). The effect of different storage temperatures on some quantitative and qualitative characteristics of four varieties of pomegranate in Saveh region. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 25:53-25. (In Persian) <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.42862>

- Babalar, M., Kalantari, S., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Serrano, M. & Valero, D. J. F. C. (2011). Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. 124, 964-970 [doi:10.1016/J.FOODCHEM.2010.07.036](https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2010.07.036)
- Babalar, M., Pirzad, F., Askari Sarcheshme, M., Talai, A., and Lasani, H. (2017). Reducing frost damage and improving antioxidant properties of pomegranate fruit with pre- and post-harvest treatments using methyl jasmonate. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 53(2), 541-552. (In Persian) DOI: [10.22059/ijhs.2018.253537.1414](https://doi.org/10.22059/ijhs.2018.253537.1414)
- Bagheri Zadeh, M., Saif, S., (2011). Investigating ripening on the plant, ripening after harvest and storage period on phenolic compounds, carotenoid content and quality after harvest of Fado tomato fruit. *Physiology and Technology After Harvesting Garden Products*, 1 1:61-45. (In Persian). <https://sid.ir/paper/247712>
- Bico, S. L. S., Raposo, M. F. J., Morais, R. M. S. C., & Morais, A. M. M. B. (2009). Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. *Food Control*, 20(5), 508-514. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.07.017>
- Brestenský, M., Nitrayová, S., Heger, J., Patráš, P., Rafay, J., and Sirotkin, A. (2014). Methods for determination reactive lysine in heat-treated foods and feeds *Journal of Microbiology and Food Sciences*, 4(1), 13-15. doi: [10.15414/jmbfs.2014.4.1.13-15](https://doi.org/10.15414/jmbfs.2014.4.1.13-15)
- Cabezas-Serrano, A. B., Amodio, M. L., & Colelli, G. (2013). Effect of solution pH of cysteine-based pre-treatments to prevent browning of fresh-cut artichokes. *Postharvest Biology and Technology*, 75, 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.07.006>
- Cao, S., Y. Zheng, K. Wang, P. Jin and H. Rui. (2009). Methyl jasmonate reduces chilling injury and enhances antioxidant enzyme activity in postharvest loquat fruit. *Food Chem.* 115(4): 1458–1463. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.082>
- Colantuono, F., Amodio, M. L., Colelli, G., & Castillo Garcia, S. (2015). Application of antioxidant compounds to preserve fresh-cut peaches quality. *Acta Horticulturae*, (1084), 633-641. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111755>
- Dorantes-Alvarez, L., Parada-Dorantes, L., Ortiz-Moreno, A., Santiago-Pineda, T., Chiralt-Boix, A., & Barbosa-Cánovas, G. (1998). Effect of anti-browning compounds on the quality of minimally processed avocados/Efecto de inhibidores del pardeamiento en la calidad de aguacates mínimamente procesados. *Food Science and Technology International*, 4(2), 107-113. DOI:[10.1177/108201329800400205](https://doi.org/10.1177/108201329800400205)
- Exports and imports of agricultural and food goods in 2023. (2024). *Ministry of Jihad and Agriculture, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center*. (In Persian)
- Fan, L., Wang, Q., Lv, J., Gao, L., Zuo, J. and Shi, J., (2016). Amelioration of postharvest chilling injury in cowpea (*Vigna sinensis*) by methyl jasmonate (MeJA) treatments. *Scientia Horticulturae*, 203, 95-101. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.010>
- Farhang poor, M., Barzgar, T., Nikbakht, J & Nekoonam, F. (2023). Effect of L-cysteine and calcium lactate on yield and quality of eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit under deficit irrigation stress. *Journal Plant process and function* ۵۳(۱۲), ۱۰۲-۱۳۷ [20.1001.1.23222727.1402.12.53.9.7](https://doi.org/10.2322/2727.1402.12.53.9.7)
- Food and Drug Administration, (2013). Title 21 Food and Drugs Section 184: Direct Food Substances Affirmed as Generally Recognized as Safe', Electronic Code Federal Regulation. <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfCFR>
- Forget, F. R., Goupy, P., & Nicolas, J. (1992). Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 2. Kinetic studies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (40), 2108-2113. <https://doi.org/10.1021/jf00023a014>
- Ghasemnejad, M. (2006). Response of Different Citrus Fruits to Low Temperature Storage. PH.D. Thesis. Faculty of Horticulturae. University of Tehran. Iran. (In Persian). DOI:[10.1016/B978-012374130-1.50014-0](https://doi.org/10.1016/B978-012374130-1.50014-0)
- Ghidelli, C., Mateos, M., Rojas-Argudo, C., & Pérez-Gago, M. B. (2014). Extending the shelf life of fresh-cut eggplant with a soy protein–cysteine based edible coating and modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 95, 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.04.007>

- Gil, M.I., Sanchez, R., Marin, J.G., Artes, F., 1996. *Quality changes in pomegranates during ripening and cold storage*. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 202, 481–485. <https://doi.org/10.1007/BF01197269>
- Gorny, J. R., Hess-Pierce, B., Cifuentes, R. A., & Kader, A. A. (2002). Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. *Postharvest biology and Technology*, 24(3), 271-278. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00139-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00139-9)
- Guerrero-Beltran, J. A., Swanson, B. G., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2005). Inhibition of polyphenoloxidase in mango puree with 4-hexylresorcinol, cysteine and ascorbic acid. *LWT-Food Science and Technology*, 38(6), 625-630. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.08.002>
- Hasanzade, S., Habibi, F. & Amiri, M. (2015). The effect of Aminol-Forte fertilizer spraying on physiological and biochemical responses of pomegranate cv. Naderi under irrigation treatment conditions. *Journal of Horticultural Science*, 29(3), 459-465. (In Persian) <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.38796>
- Hancock, J.T. (2017). Harnessing evolutionary toxins for signaling: Reactive oxygen species, nitric oxide and hydrogen sulfide in plant cell regulation. *Frontiers of Plant Science*, 8: 189-198
- Hmid, I., Elothmani, D., Hanine, H., Oukabli, A., & Mehinagic, E. (2017). Comparative study of phenolic compounds and their antioxidant attributes of eighteen pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Morocco. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S2675-S2684. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.10.011>
- Holland, D., Hatib, K. and Bar-Ya'akov, I., (2009). 2 Pomegranate: Botany, horticulture, breeding. *Horticultural Reviews*, 35(2), pp.127-191. <https://doi.org/10.1002/9780470593776.ch2>
- Hong, K., Gong, D., Xu, H., Wang, S., Jia, Z., Chen, J. and Zhang, L., (2014). Effects of salicylic acid and nitric oxide pretreatment on the expression of genes involved in the ethylene signalling pathway and the quality of postharvest mango fruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 42(3), 205-216. <https://doi.org/10.1080/01140671.2014.892012>
- Jiang, Y., Li, J., & Shi, J. (2008). Enhanced effect of l-cysteine and citric acid combination on browning inhibition and quality maintenance in harvested litchi fruit. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 45(1), 75-77.
- Kader, A.A., Chardas, A., Elyatem, S., (1984). Responses of pomegranate to ethylene treatment and storage temperature. *Calif. Agr.* 38, 14–15. DOI:10.3733/ca.v038n07p14.
- Khan, A. S., Ahmad, B. M. J. & Ahmad, R. (2012). Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract improve growth and physico-chemical properties of grapes. *International Journal of Agriculture & Biology Print*, 1560-8530; Online: 1814-9596.
- Khan, A.S. and Malik, A.U., (2016). Postharvest L-cysteine application delayed pericarp browning, suppressed lipid peroxidation and maintained antioxidative activities of litchi fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 121, 135-142. DOI:10.1016/j.postharvbio.2016.07.015
- Koksal, A.I., (1989). Research on the storage of pomegranate (cv. Gok Bahce) under different conditions. *Acta Hort.* 258, 295–302. doi: 10.17660/ActaHortic.1989.258.33
- Li, H.M., Li, F., Wang, L., Sheng, J.C., Xin, Z.H. and Zhao, L.Y. (2009). Effect of nano packing on preservation quality of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. var. inermis (Bunge) Rehd). *Food Chemistry*, 114(2): 547–552. DOI:10.1016/j.foodchem.2008.09.085
- Maijedi, M. (1994). *Methods of foods chemicals analysis*. Jahad daneshgahi press. University of Tehran. (In Persian).
- Malik, A., Singh, Z. & Tan, S. (2005). Exogenous application of polyamines improves shelf life and fruit quality of mango. *International Symposium on Improving the Performance of Supply Chains in the Transitional Economies*, 699291-296. URL: <http://hdl.handle.net/20.500.11937/42134>
- Malik, M.T., Dasti, A.A. and Khan, S.M. (2005). Mango decline disorders prevailing in Pakistan, *Proceedings of International Conference on Mango and Date: Culture and Export*, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan. 20-23. ISSN: 1019-763X (Print), 2305-0284 (Online)
- Mandeghari, M., Mirzaalian Dastjerdi, A., Musharraf, L., Tatari M. (2019). The effect of storage temperature and nitric oxide on the quality and shelf life of Naderi pomegranate arils. *Iran Food Science and Industry*. 16. Number 89:356 -341. (In Persian). URL: <http://fsct.modares.ac.ir/article-7-29087-fa.html>

- Marcuse, R., (1960). Antioxidative effect of amino-acids. *Nature*, 186(4728), 886-887.
- McCollum, T. G., & McDonald, R. E. (1991). Electrolyte leakage, respiration, and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. *HortScience*, 26(9), 1191-1192. DOI:<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.26.9.1191>
- Melgarejo, P. & Valero, D. (eds.) (2012). *II International Symposium on the Pomegranate: Zaragoza* : CIHEAM / Universidad Miguel Hernández. <http://om.ciheam.org/om/pdf/a103/a103.pdf>
- Melgarejo, P., Salazar, D.M.S., (2003). *Tratado De Fruticultura Para Zonas Áridas Y Semiáridas*. 2: 416. URI: <http://hdl.handle.net/11000/5410>
- Ministry of Agricultural Jihad, Information and Communication Technology Center. (۲۰۲۳). *Export and Import of Agriculture and Food Sector*
- Mirdehghan, S.H., Rahemi, M., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J.M., Zapata, P.J., Serrano, M. and Valero, D., (2007). Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat treatment: role of polyamines. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 19-25. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.11.001>
- Mohammadi Benaroye, P. and Sharifi Sirchi, G. (2015). Changes in the quality properties of strawberry fruit (*Fragaria × ananassa* Duch) during storage after immersion in calcium salt. *National Small Fruits Symposium*. (In Persian)
- Mukherjee, P.K., (1958). Storage of pomegranate (*Punicagranatum* L.). *Sci. Cult.* 24, 91.
- Nasr, F., Rabiei, V., Razavi, F & Gohariz Gh. (2023). Effects of l-cysteine treatment on the quality and antioxidant properties of persimmon fruit during cold storage. *Pomology Research Scientific Journal* 8(1), 1-14. (In Persian) DOI:10.30466/rip.2021.53542.1175
- Nirupama, P., Gol, N.B. and Rao, T.R., (2010). Effect of post harvest treatments on physicochemical characteristics and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits during storage. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 9(5470-479). ISSN 1818-6769
- Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R. and Martín-Belloso, O., (2008). Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology*, 50(1), 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.03.005>
- Pareek, S., Valero, D., & Serrano, M., (2015). post harvest biology and technology of pomegranates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(12), 2360-2379. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7069>
- Ramezani Muawa, M., Abu Talebi, A., Khademi, R., (2011). The effect of storage time and storage temperature on the quality characteristics of the fruit of Indian juniper (*Ziziphus mauritina* Lam, CV. 'Seb'). *Physiology and technology after harvesting garden products*, 1. (2):99-89. (In Persian)
- Rastagari, H., Tehranifar, A., Nemati, S.H., vazifeshenas, M.R. (2013). The application of salicylic acid before fruit harvesting on the properties of pomegranate after harvesting and storage in cold storage. *Horticultural Science Journal*, 28(3), 368-360. (In Persian) <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.42838>
- Remon, S., Venturini, M.E., Lopez-Buesa, P. and Oria, R., (2003). Burlat cherry quality after long range transport: optimisation of packaging conditions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 4(4), 425-434. DOI: 10.1016/S1466-8564(03)00058-4
- Rojas-Grati, M. A., Sobrino-López, A., Soledad Tapia, M., & Martín-Belloso, O. (2006). Browning inhibition in fresh-cut 'Fuji' apple slices by natural antibrowning agents. *Journal of Food Science*, 71(1), S59-S65. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb12407.x>
- Sadak, M. S., Abd El-Hameid, A. R., Zaki, F. S., Dawood, M. G. and El-Awadi, M. E. (2020) Physiological and biochemical responses of soybean (*Glycine max* L.) to cysteine application under sea salt stress. *Bulletin of the National Research Centre* 44: 1-10. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0259-7>
- Salunke, D.K., Desai, B.B., (1986). Low temperature storage of pomegranate fruits. In: *Postharvest Biotechnology of Fruits*, vol. 2. CRC Press, Boca Raton, FL,. 65-67
- Sapers, G. M. & Simmons, G. F. J. F. T. (1998). Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology*, 52, 48-52. DOI : 10.1177/108201329800400109

- Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Serrano, M. and Valero, D., (2009). Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*, 53(3), 152-154. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.03.005>
- Seeram, N.P., Schulman, R.N., Heber, D., (2006). *Pomegranates: Ancient Roots to Modern Medicine*. Taylor and Francis CRC Press, Boca Raton, FL, USA <https://doi.org/10.1201/9781420009866>
- Schwartz, E., Tzulker, R., Glazer, I., Bar-Ya'akov, I., Wiesman, Z., Tripler, E., Bar-Ilan, I., Fromm, H., Borochoy-Neori, H., Holland, D. and Amir, R., (2009).. Environmental conditions affect the color, taste, and antioxidant capacity of 11 pomegranate accessions' fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(19): 9197-9209. <https://doi.org/10.1021/jf901466c>
- Shokrolah Pham, S., Hajilo, J., Zare, F., Tabatabai, S., and Nakhshi Bandhasani, R. (2011). *The effect of calcium chloride and salicylic acid on quality characteristics and shelf life of drop gold plum variety*. *Food Industry Research (Agricultural Knowledge)*, 22(1), 75-75. (In Persian) [JR_FOODRE-22-1_008](https://doi.org/10.1007/978-3-319-00000-0_008)
- Statistics of the Ministry of Jihad and Agriculture (2023). *Ministry of Jihad and Agriculture, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center* (In Persian)
- Sogvar, O.B., Rabiei, V., Razavi, F., and Gohari, Gh. (2020). Phenylalanine Alleviates Postharvest Chilling Injury of Plum Fruit by Modulating Antioxidant System and Enhancing the Accumulation of Phenolic Compounds. *Food Technology and Biotechnology* , 58(4): 433- 444. <https://doi.org/10.17113/ftb.58.04.20.6717>
- Talaei, A., Asgari Sarcheshme, M., Bahadran, F., and Sharaftian, D. (2004). *Studying the effects of hot water treatments and polyethylene coating on the storage life and quality of pomegranate fruit (Meles Saveh variety)*. *Agricultural Sciences of Iran*, 35(2), 369-377. (In Persian) [SID.https://sid.ir/paper/417611](https://sid.ir/paper/417611)
- Wang, J., Wei, L., Yan, L., Zheng, H., Liu, Ch., and Zheng, L. (2021). Effects of postharvest cysteine treatment on sensory quality and contents of bioactive compounds in goji fruit. *Food Chemistry*, 366 : 1-8 [DOI:10.1016/j.foodchem.2021.130546](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130546)
- Wills, R. B. H. (2007). *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals*, University of New South Wales Press [ISBN 9780868409801](https://doi.org/10.1017/9780868409801)

Effect of Postharvest Application of Cysteine and Lysine on Some Quality Attributes of Commercial Pomegranate Cultivars ('Rabab' and 'Mikhosh')

Extended Abstract

Intruduction

Pomegranate (*Punica granatum*) is an important product for arid and semi-arid regions. In recent years, more interest has been observed in increasing its cultivation, and various researches are carried out to develop its industrialization. One of the most important issues in producing this product is the decrease in quality after harvesting the pomegranate in the storage and storage period and the control of effective factors.

Materials and Methods

The objective of this experiment was to evaluate the effect of postharvest application of amino acids cysteine (0, 5, 10 mM), lysine (0, 5, 10 mM), and their interactions (5 mM-Cys+5 mM Lys, 5 mM-Cys+10 mM Lys, 10 mM-Cys+5 mM Lys, 10 mM-Cys+10 mM Lys) on the quality attributes of 'Rabab' and 'Mikhosh' pomegranate fruits. Fruits were harvested at commercial maturity from a commercial orchard located in Neyriz city of Fars province and Ardakan city of Yazd province , respectively and immediately transported to the Postharvest Laboratory of the Department of Horticultural Sciences, Tehran University,

Karaj, Iran, for postharvest treatments. Only fruits with uniform appearance and free from insect damage or mechanical injuries were selected. For each treatment and replicate, 15 pomegranates were placed in plastic boxes. Postharvest treatments were applied by immersing the plastic boxes containing the fruits in a small tank filled with different concentrations of amino acids for 30 minutes. Distilled water (0 mM) was used as the control. Postharvest treatments were applied in a factorial experiment based on a completely randomized design with three replicates. Following treatment, fruits were stored at 4 ± 0.5 °C and 85%–95% relative humidity for 120 days. After 24 hours of cold storage, fruits were kept at room temperature for 3 days prior to quality evaluation. During storage, changes in quality attributes were measured at 0, 30, 60, 90, and 120 days. Before each measurement, fruits were equilibrated at room temperature for 3 days.

Results and Discussion

The study revealed that quality attributes were significantly influenced by storage time. During storage, titratable acidity and vitamin C decreased. However, amino acid treatments effectively delayed the reduction of titratable acidity and vitamin C. In contrast, total soluble solids, pH, and both skin and aril ionic leakage increased over the storage period. These increases were less pronounced in the treated fruits compared to the control. The ‘Rabab’ cultivar exhibited greater resistance to cell membrane damage, structural degradation, and ion leakage than the ‘Mikhosh’. Although total soluble solids increased in both cultivars over time, the rate of increase was slower in ‘Mikhosh’. Despite this, ‘Mikhosh’ maintained higher total soluble solids than ‘Rabab’ throughout the storage period. Amino acid treatments significantly affected total soluble solids compared to the control, leading to delay in increase of total soluble solids compared with control. According to the results of this research, amino acids treatments (5 mM-Cys+10 mM Lys and 10 mM-Cys+10 mM Lys) increased titratable acidity (6.3% compared to the control) and vitamin C (14% compared to the control). Conversely, they significantly reduced Electrolyte leakage (1.4% compared to the control) the amount of total soluble solids (3% compared to the control), pH (2% compared to the control) and weight loss (11% compared to the control).

Conclusion

The results confirmed the effective role of lysine and cysteine in maintaining fruit the quality of pomegranate fruits during the storage. According to the findings, the ‘Rabab’ cultivar demonstrated superiority and significant differences compared to the ‘Mikhosh’ cultivar in approximately 75% of the evaluated quality attributes, suggesting its greater suitability for storage. Among the treatments, the combinations of 5 mM-Cys+10 mM Lys and 10 mM-Cys+10 mM Lys showed the most significant effects and are therefore recommended for improving the nutritional quality of pomegranate fruits.