Plant Prod., 2025, 47(4), 595-612
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.46550.2157
Received: 6 April 2024
Accepted: 28 September 2024

Plant Productions

Research Article

Effect of preharvest foliar spraying of calcium and potassium compounds on the shelf life of thornless blackberry

Ehsan Alinejad[1], Mehdi Hadadinejad[2*], Kamran Ghasemi[3], Morteza Soleimani Aghdam[4]

1. Former Msc Student, Department of Horticulture, Faculty of Agronomy Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran
2. Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agronomy Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran
3. Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agronomy Sciences, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran
4. Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

Citation: Alinejad, E., Hadadinejad, M., Ghasemi, K., Soleimani Aghdam, M. (2025). Effect of preharvest foliar spraying of compounds containing calcium and potassiumon on the shelf life of thornless blackberry. *Plant Productions*, 47(4), 595 - 612 .

Abstract

Introduction

Blackberries are susceptible to post-harvest decay, weight loss, and wrinkling due to the absence of a protective cuticle layer, leading to a short life and challenging long-term storage. The present study investigates the effect of pre-harvest foliar applications of calcium and potassium compounds on the shelf life and quality of thornless blackberries.

Materials and Methods

A factorial experiment was conducted in 2020 using a completely randomized design with two factors and three replications. The first factor consisted of nutritional treatments applied at the fruit-set stage at five levels: (1) control, (2) calcium nitrate (5 g/L), (3) potassium silicate (1 g/L), (4) calcium nitrate (5 g/L) + potassium silicate (1 g/L), and (5) potassium fertilizer (51-0-0, 3.5 g/L). The second factor was storage duration in cold storage (4 ℃) at four levels (0, 6, 12 and 18 days post harvesting). Qualitative traits (weight loss percentage and fruit firmness), sensory quality (pH, soluble solids, taste index, ascorbic acid content), nutritional value (total phenol and anthocyanin), and sensory evaluation (marketability, taste, and color) were examined.

* **Corresponding Author:** Mehdi Hadadinejad
E-mail: m .hadadinejad@sanru.ac.ir

© 2025 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Results and Discussion

The results recorded an increase in the weight loss over the storage period with the combined treatment of calcium nitrate and potassium silicate significantly reducing water loss by day 18. This treatment also managed to maintain the highest firmness (0.21 N) during storage, whereas firmness decreased with extended storage. Fruit length and width declined with time, with the highest values obtained in the control treatment (2.107 and 1.923 centimeters, respectively). Soluble solids and taste index peaked on day 12, with the highest amounts (9 and 4.22, respectively) obtained in the potassium silicate treatment. Also, ascorbic acid content increased in the control treatment until day 6 but decreased thereafter while potassium silicate treatment significantly ($P\leq 0.05$) preserved vitamin C (9% retention) by day 18. The combined calcium nitrate and potassium silicate treatment resulted in the highest phenol content (74.75 mg/g gallic acid) and anthocyanin levels (189.8 mg cyanidin 3-glucoside/L) at harvest. Finally, sensory evaluation revealed a decline in fruit quality and consumer preference with extended storage, though potassium treatments were found to be most effective in maintain sensory attributes.

Conclusion

The findings highlight the efficacy of pre-harvest foliar applications of calcium nitrate and potassium silicate in extending the shelf life of thornless blackberries. Additionally, these treatments improved fruit firmness, soluble solids, taste index, vitamin C content, phenol, and anthocyanin levels. The use of calcium nitrate and potassium silicate enhances the levels of phenols and anthocyanins in the fruit. Despite the natural decline in fruit quality during storage, these nutritional treatments offer a practical solution for farmers and fruit sellers to enhance product quality and prolong storage life.

Keywords: Anthocyanin; Berry; Fruit-set; Merton; Post-harvest

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۳، ۴۷(۴)، ۵۹۵ -۶۱۲
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.46550.2157
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

تأثیر محلول‌پاشی پیش از برداشت ترکیبات حاوی کلسیم و پتاسیم بر ماندگاری تمشک سیاه بی خار

احسان علی نژاد[۱]، مهدی حدادی نژاد[۲]*، کامران قاسمی[۳]، مرتضی سلیمانی اقدم[۴]

۱-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۴- دانشیار، مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران

چکیده

میوه‌های تمشک به‌دلیل نداشتن لایه محافظ یا کوتیکول به پوسیدگی حساس بوده و پس از جدا شدن از بوته به سرعت با کاهش وزن، پلاسیده می‌شوند. بنابراین میوه‌های تمشک عمر کوتاهی دارند و نگهداری طولانی مدت میوه تمشک مشکل است. به همین منظور در این تحقیق تأثیر تیمارهای قبل از برداشت بر ماندگاری میوه تمشک سیاه بدون خار مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در سال۱۳۹۹به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول تیمارهای تغذیه‌ای در پنج سطح (شاهد، نیترات کلسیم ۵ در هزار، سیلیکات پتاسیم ۱ در هزار، نیترات کلسیم ۵ در هزار +سیلیکات پتاسیم ۱ در هزار، کود پتاسیمی ۵۱-۰-۰ با غلظت ۳/۵ در هزار) بود که در مرحله تشکیل میوه اعمال گردید. فاکتور دوم زمان نگهداری در انبار سرد در چهار سطح (صفر، ٦، ۱۲ و ۱۸ روز پس از برداشت) در نظر گرفته شد. صفات کیفیت ظاهری (درصد کاهش وزن و سفتی حبه)، کیفیت خوراکی (pH عصاره، مواد جامد محلول، شاخص طعم، اسید آسکوربیک)، ارزش غذایی (فنول و آنتوسیانین کل)، ارزیابی حسی (بازارپسندی، طعم و رنگ میوه) بررسی شدند. نتایج این بررسی نشان داد در طول مدت نگهداری تمشک سیاه میزان کاهش وزن میوه روند افزایشی داشت. درحالی‌که تیمار توأم نیترات کلسیم*سیلیکات پتاسیم به‌صورت معنی داری افت آب‌میوه را در روز هیجدهم کاهش داد. همچنین همین تیمار توانست بیشترین سفتی میوه (۰/۲۱ نیوتن) را در طول انبارمانی به‌همراه داشته باشد؛ این در شرایطی است که با افزایش زمان نگهداری روند کلی سفتی میوه کاهشی بود. با افزایش زمان نگهداری از طول و عرض میوه کاسته شد، به طوریکه بیشترین میزان این پارامترها در تیمار شاهد (به‌ترتیب ۲/۱۰۷ و ۱/۹۲۳ سانتی‌متر) به‌دست آمد. مقدار مواد جامد محلول و شاخص طعم از روز برداشت تا روز دوازدهم با افزایش همراه بود و بالاترین مقادیر (به ترتیب ۹ و ٤/۲۲) در تیمار سیلیکات پتاسیم به‌دست آمد. همچنین بررسی میزان اسید آسکوربیک نشان داد در

* **نویسنده مسئول:** مهدی حدادی نژاد
رایانامه: m .hadadinejad@sanru.ac.ir

طول مدت نگهداری تمشک سیاه میزان آن در تیمار شاهد تا روز ششم روند افزایشی و پس از آن تا پایان دوره نگهداری روند کاهشی و ثابتی داشته است. کاربرد سیلیکات پتاسیم موجب حفظ معنی‌دار ویتامین ث ($P\leq 0.05$) نسبت به سایر تیمارها در طول انبارمانی گردید، به طوریکه در این تیمار و در روز هجدهم ۹ میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه ویتامین ث ثبت شد. میزان فنول در طول نگهداری و با کاربرد نیترات کلسیم و سیلیکات پتاسیم بیشترین مقدار(۷۵/۷٤ میلی‌گرم اسید گالیک در گرم عصاره میوه) را نشان داده است. بر اساس نتایج، آنتوسیانین میوه نیز در تیمار ترکیبی نیترات کلسیم*سیلیکات پتاسیم بیشترین مقدار (۱۸۹/۸ میلی‌گرم سیانیدین ۳-گلوکوزید در لیتر آب‌میوه) را در روز برداشت نشان داد. در نهایت، نتایج بررسی پارامترهای حسی نشان داد با افزایش زمان نگهداری از کیفیت میوه کاسته شد. همچنین در بین تیمارهای قبل از برداشت، تیمارهای پتاسیمی مؤثرتر بود. درمجموع نتایج نشان داد استفاده از تیمار توأم نیترات کلسیم و سیلیکات پتاسیم باعث افزایش سفتی میوه در طول مدت نگهداری می‌شود. همچنین، استفاده از سیلیکات پتاسیم تأثیر مثبتی بر میزان مواد جامد محلول و شاخص طعم میوه دارد و می‌تواند ویتامین ث را در میوه حفظ کند. استفاده از نیترات کلسیم و سیلیکات پتاسیم میزان فنول و آنتوسیانین را در میوه افزایش می‌دهد. اگرچه با افزایش زمان نگهداری، کیفیت میوه کاهش می‌یابد ولیکن استفاده از تیمارهای تغذیه‌ای می‌تواند با تأثیر مثبت بر میوه، به کشاورزان و فروشندگان میوه‌ها در بهبود نگهداری و افزایش کیفیت محصول کمک نماید.

کلید واژه ها: آنتوسیانین، پس از برداشت، تشکیل میوه، حبه، مرتون

مقدمه

تمشک سیاه (*Rubus fruticosus*) متعلق به خانواده گل‌سرخیان می‌باشد و ارقام بی‌خار آن بیشترین سطح زیر کشت تمشک کشور را تشکیل می‌دهند (Yegane *et al.*, 2023). عمدتاً میوه رشد کرده تمشک خوراکی محسوب می‌شود که سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی به‌ویژه پلی‌فنل ها می‌باشد (Kahkonen *et al.*, 2001). ترکیبات فنلی از بهترین منابع آنتی‌اکسیدانی طبیعی محسوب می‌شوند (Pedram Nia *et al.*, 2014). با این حال حبه‌های تمشک سیاه به‌دلیل فقدان لایه حفاظتی یا کوتیکول، به پوسیدگی حساس بوده و بعد از جدا شدن از بوته به‌سرعت وزن خود را از دست داده و فاسد می‌شوند. بنابراین میوه‌های تمشک دارای عمر کوتاهی هستند و نگهداری طولانی‌مدت میوه تمشک مشکل است (Han *et al.*, 2004). حبه‌های تمشک در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد، تنها می‌تواند برای ۴۸ ساعت سالم باقی بماند. فساد سریع میوه‌های ریز از جمله تمشک یکی از مشکلات شایع می‌باشد که در طی یک دوره کوتاه به مرحله پیری رسیده و انبارداری و بازاریابی این میوه را دچار مشکل می‌کند (Han *et al.*, 2004). بنابراین اجرای صحیح اقدامات پس از برداشت، جهت کنترل دور ریز بالا و جلوگیری از تخریب ویتامین‌ها و دیگر ماده‌های مغذی میوه، از اهمیت فراوانی برخوردار است (Mohammadi *et al.*, 2020).

نقش کلسیم در حفظ کیفیت میوه، جلوگیری از نرم شدگی و ممانعت از رشد کپک در بسیاری از محصولات از جمله میوه‌های ریز به اثبات رسیده است؛ به‌طوری‌که Capdeville *et al.* (2003) بیان کردند که استفاده از کلسیم سبب افزایش مقاومت بافت میوه و تأخیر پیری و جلوگیری از تولید اتیلن می‌گردد. همچنین محققان بیان کردند که استفاده از کلسیم سبب افزایش مقاومت میوه در زمان حمل نقل و همچنین افزایش عمر انباری محصولات می‌شود چراکه کلسیم موجود در دیواره سلولی با افزایش مقاومت میوه در مقابل میکروب‌هایی که تلاش دارند از طریق شکستن پکتین وارد آن شوند، محافظت می‌کند (Conway and Sam, 1987). عنصر پتاسیم نیز می‌تواند

تا اندازه زیادی در حفظ کیفیت پس از برداشت محصولات باغبانی مفید و مؤثر باشد. پتاسیم از طریق جذب یا تخریب اتیلن تولید شده از تحریک فعالیت‌های آنزیمی هیدرولیزکننده دیواره سلولی با اتیلن جلوگیری می‌کند و سبب حفظ سفتی میوه می‌شود (Krishnamoorthy, 1981).

سیلیسیم از طریق شکل‌دهی پیوندهای گروه کربوکسیل آزاد دیواره سلولی و زنجیره پکتین می‌تواند سبب حفظ و پایداری غشا سلولی شود (Manganaris *et.al.*, 2007). همچنین Gong et al. (2005) گزارش کردند که سیلیسیم در بافت‌های گیاهی به‌شکل سیلیکات ($SiO_2.nH_2O$) در آپوپلاست سلول رسوب کرده و سبب افزایش استحکام بافت می‌گردد و از این طریق از اتلاف آب بافت نیز جلوگیری می‌کند. طی پژوهشی بیان شده‌است که سیلیسیم سبب افزایش استحکام و تقویت دیواره سلولی می‌شود (Hasanvand, 2017).

با توجه به نقش کلسیم و سیلیسیم در سفتی، استحکام و پایداری غشا و دیواره سلولی و نقش پتاسیم در ممانعت از تخریب دیواره سلولی، به نظر می‌رسد این عناصر بتوانند سبب افزایش میزان ماندگاری و عمر انباری تمشک شوند که برای رسیدن به این مهم لازم است میزان غلظت این عناصر در گیاه را از طریق محلول‌پاشی افزایش داد. لذا هدف از این آزمایش، بررسی تأثیر تغذیه پیش از برداشت با عناصر کلسیم، پتاسیم و سیلیسیم بر ماندگاری میوه تمشک سیاه بی‌خار بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه فرشته بانو واقع در استان مازندران، شهرستان نور، روستای ولیرکان با مشخصات خاک جدول ۱، روی بوته‌های تمشک سیاه بی‌خار ۵ ساله در سه ردیف کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۹ انجام شد. فاکتور اول تیمارهای تغذیه‌ای در پنج سطح (شاهد، نیترات کلسیم ۵ در هزار، سیلیکات پتاسیم ۱ در هزار، نیترات کلسیم ۵ در هزار +سیلیکات پتاسیم ۱ در هزار، کود پتاسیمی ۵۱-۰-۰ با غلظت ۳/۵ در هزار) و فاکتور دوم زمان نگهداری در یخچال چهار درجه سانتی‌گراد، در چهار زمان (صفر، ۶، ۱۲ و ۱۸ روز پس از برداشت) بوده است. لازم به ذکر است محلول‌های غذایی فاکتور اول همگی در حجم ۱۰ لیتر آب تهیه شده‌اند. محلول‌پاشی در سه مرحله از زمان تشکیل میوه تا یک هفته قبل از برداشت صورت گرفت. سپس میوه‌ها را در مرحله رسیدگی (سیاه براق) برداشت کرده و تا رسیدن به آزمایشگاه در ظروف سوراخ‌دار صدفی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. در هر ظرف ۱۰۰ گرم میوه جای گرفت.

Table 1. Physicochemical and nutrient elements analysis of the soil of the blackberry garden at the experiment site

Soil texture	Soil saturation	Organic carbon	Organic matter	pH	EC	Total neutralizing value
-	%	%	%	-	$ds.m^{-1}$	%
Sandy loam	75	2.37	4.1	7.49	0.78	13
Absorbable phosphorus	Absorbable potassium	Absorbable magnesium	Iron	Manganese	Zinc	Copper
Mg/kg	Mg/kg	Mg/kg	Mg/kg	Mg/kg	Mg/kg	Mg/kg
103	322	910	28	9	2.88	3.98

محلول‌پاشی عناصر غذایی روی بوته با سم‌پاش ۲۰ لیتری دوشی شارژی، انجام شد و تا جایی ادامه می‌یافت که محلول کاملاً روی اندام‌های گیاه را پوشانده و به صورت قطرات اضافه ریزش کند. محلول‌پاشی طی سه مرحله از زمان تشکیل میوه تا یک هفته قبل از برداشت صورت گرفت. سپس میوه‌ها در مرحله رسیدگی (سیاه براق) برداشت‌شده و در ظروف سوراخ‌دار صدفی قرار گرفتند و در محفظه سرد (پیش‌سرمادهی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد) از مزرعه به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انتقال داده شدند، تا پس از بررسی صفات مدنظر روی نمونه‌های شاهد و اتیکت زنی مابقی نمونه‌ها در یخچال چهار درجه سانتی‌گراد قرار داده شوند.

ویژگی‌های مختلف کیفی در قالب صفات کیفیت ظاهری (درصد کاهش وزن حبه، سفتی، بازارپسندی، طعم و رنگ میوه)، کیفیت خوراکی (مواد جامد محلول میوه، نسبت مواد جامد محلول به اسید) و ارزش غذایی (فنل کل و آنتوسیانین) بررسی شدند.

تغییرات وزن حبه، با ترازوی دیجیتالی (مارک A & D مدل Fx-300GD ساخت ژاپن با دقت یک‌هزارم گرم)، برای ده حبه هم‌اندازه و یکنواخت از میان حبه های موجود در هر تکرار ارزیابی شد. مواد جامد محلول از طریق دستگاه انعکاس‌سنج دیجیتالی (ATAGO مدل PR-32 ساخت ژاپن) اندازه‌گیری شد.

محتوای فنل کل با روش فولین سیوکالتیو تعیین گردید. بدین‌منظور مقدار ۴۰ میکرولیتر از آب‌میوه با ۳۱۶۰ میکرولیتر آب‌مقطر و ۲۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتیو مخلوط شده و در نهایت ۶۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم به آن اضافه شد. بعد از ۳۰ دقیقه انکوبه شدن جذب این ترکیب توسط دستگاه طیف‌سنج نوری در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد. در نهایت مقادیر فنل کل معادل میلی‌گرم گالیک اسید در میلی‌لیتر آب میوه بیان گردید (Waterhouse and Laurie, 2006).

اندازه‌گیری آنتوسیانین به‌روش pH افتراقی صورت گرفت (Wroslstad, 1976). ابتدا دو سیستم بافری شامل بافر استات سدیم (pH =1) و بافر کلراید پتاسیم (pH =4/5) تهیه شد. نیم میلی‌لیتر از هر عصاره یک شبانه‌روز در ۲ میلی‌لیتر بافر استخراج قرار گرفت و هر یک در دو طول موج ۵۲۰ و ۵۷۰ نانومتر توسط دستگاه طیف‌سنج نوری (MAPADA مدل uv-1800pc ساخت چین) خوانده شدند. نتایج برحسب میلی‌گرم سیانیدین ۳- گلوکوزید در لیتر آب‌میوه معادل رنگ دانه اصلی آنتوسیانین با فرمول زیر محاسبه و گزارش شد.

$$A= (A520 - A700)\ pH=1 – (A520 - A700)\ pH= 4.5$$

اندازه‌گیری اسید آسکوربیک (ویتامین ث)

انجام تیتراسیون با استفاده از محلول تیو سولفات سدیم در محیط اسیدی در حضور معرف نشاسته صورت پذیرفت. نقطه پایان تیتراسیون با بی رنگ شدن (از رنگ بنفش پررنگ اولیه) مشخص گردید. محاسبه میزان ویتامین ث با در دست داشتن مول ید تیتر شده با محلول تیو سولفات سدیم انجام پذیرفت. ابتدا از حجم تیوسولفات مصرفی، تعداد مول آن را محاسبه، و از تفاوت میزان ید تیتر شده با محلول تیوسولفات سدیم و کل ید آزاد شده در واکنش، که خود بر اساس حجم مصرفی محلول تیوسولفات و غلظت مولی آن قابل محاسبه است، بدست آمد. از تعداد مولهای ید، تعداد مولهای ویتامین ث تعیین و با توجه به حجم آب میوه اولیه، تعداد مول اسید آسکوربیک (ویتامین ث) در لیتر محاسبه شد.از ضرب عدد حاصل در ۱۷۴/۲ (وزن مولکولی ویتامین ث) مقدار این ویتامین بصورت گرم در لیتر محاسبه و سرانجام بصورت میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه گزارش شد (Majedi, 1994).

برای صفات کیفی بازارپسندی، طعم و رنگ میوه به صورت مقدار از ۱۰۰ درصد توسط داوران با تجربه شامل ۶ نفر از اعضای مرد و زن گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری که دارای آموزش‌های پایه‌ای مربوطه بودند، انجام شد. داوران در

مراحل آزمایش ثابت بوده و در شرایط یکنواخت بدون دانستن جزئیات طرح آزمایشی صرفاً با بررسی حبه کدگذاری شده نظر خود را در مورد صفات موردنظر به صورت درصد (۱۰۰ بهترین و صفر کمترین) در برگه های مشخص ثبت نمودند. ملاک قابل‌مصرف بودن میوه ها براساس برخورداری از امتیاز بالاتر از ۵۰ درصد در ارزیابی چشایی بود. داده‌ها پس از ارزیابی در نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۷ وارد و با نرم‌افزار SAS 9.0 تجزیه واریانس شدند. مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵ و ۱ درصد انجام شد. همبستگی صفات با نرم‌افزار SPSS 19 انجام شد.

نتایج و بحث

کاهش وزن

نتایج به‌دست آمده نشان داد وزن حبه تمشک سیاه در طول مدت نگهداری کاهش می‌یابد (شکل ۱). بیشترین میزان کاهش وزن در تیمار سیلیکات پتاسیم در روز هیجدهم مشاهده شد؛ به طوریکه ۲۶ درصد از وزن میوه کاهش یافت و سایر تیمارهای به‌کاررفته اختلاف معنی داری نشان داد. همچنین تیمار تلفیقی نیترات کلسیم و سیلیکات پتاسیم توانسته کمترین افت وزن (۱۸درصد) را نشان دهد. در این رابطه، Shahid *et al.*(2020) گزارش دادند کاربرد تیمار کلسیمی موجب شده بیشترین وزن میوه هلو در درختانی به‌دست آید که محلول پاشی کلرید کلسیم ۳ درصد را دریافت نمودند.Abd El-Wahab (2015) گزارش کرد کمترین مقادیر کاهش وزن و پوسیدگی و همچنین بهترین نتایج ماندگاری در زمان محلول پاشی کلسیم در زردآلو حاصل گردید. همچنین Aziz *et al.*(2021) گزارش کردند کاربرد همزمان سیلیکات پتاسیم و کلسیم موجب شده بیشترین وزن میوه و کمترین افت وزن در طول نگهداری مشاهده شود که با نتایج حاضر مطابقت دارد. آنچه مشهود است باغداران نیز به اهمیت تغذیه قبل از برداشت تمشک پی برده و با تغذیه مناسب مانع از بروز عوارض منفی سوء تغذیه در بوته می‌شوند تاجاییکه نمونه شاهد این تحقیق تا روز دوازدهم، تفاوت معنی‌داری با اکثر تیمارها نداشت. هرچند اثر منفی تغذیه با یک عنصر حاکی از ضرورت توجه به تغذیه صحیح، متعادل و داشتن برنامه ترکیبی مناسب می‌باشد.

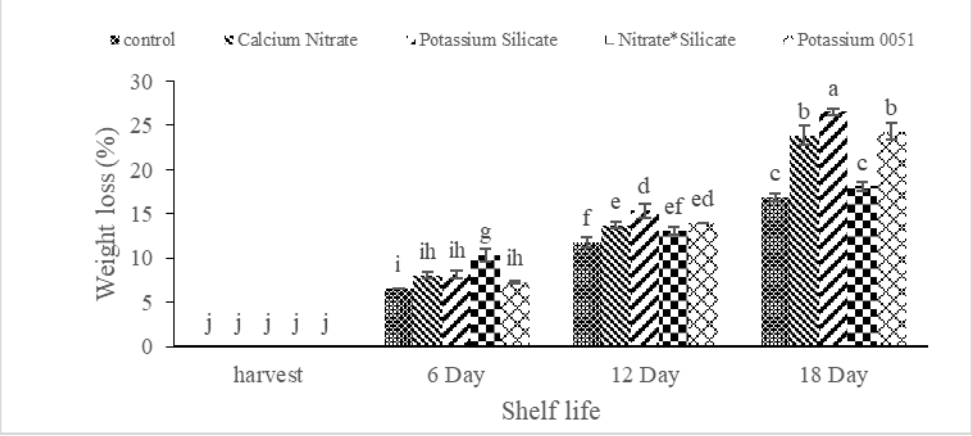

Figure 1. **The interaction effect of pre-harvest nutrition on the of blackberry the weight loss during storage at 4°C**
(*Means followed by similar letter (s) in each column are not significantly different by Duncan's multiple range test at P< 0.05)

سفتی میوه

میزان سفتی میوه تمشک در زمان برداشت ۰/۱ تا ۰/۱۵ نیوتن اندازه‌گیری شد (شکل ۲). پتاسیم به‌تنهایی اثر معنی‌داری روی سفتی بافت میوه نداشت. در تیمار نیترات کلسیم کاهش معنی‌داری در میزان سفتی میوه تا روز هجدهم مشاهده شد. درحالی‌که در تیمار شاهد و سیلیکات پتاسیم مقدار سفتی میوه ابتدا روند افزایشی و سپس دچار کاهش معنی‌داری گردید. در تیمار توأم نیترات کلسیم+سیلیکات پتاسیم، میزان سفتی تا روز دوازدهم با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت و در روز هیجدهم این تیمار که منجر به کاهش افت آب در بین تیمارهای کودی شده بود، بیشترین میزان سفتی را نیز در بین سایر تیمارها با مقدار ۰/۲۱ نیوتن نشان داد. این میزان سفتی بافت میوه چهار برابر از میانگین سفتی میوه در تیمار نیترات کلسیم در روز هیجدهم بیشتر بود.

گزارش شده در حبه‌های رسیده تمشک سیاه، چسبندگی سلول به سلول زیاد، دیواره سلولی ضخیم و ساختار سلولی یکنواختی دیده‌می‌شود (Salgado and Clark, 2016). در این پژوهش نتایج نشان داد در برخی تیمارها در طول ذخیره سازی تمشک، اگرچه وزن میوه کاهش یافت، اما سفتی میوه با افزایش همراه بود. در همین راستا، Segantini *et al.* (2017) با ارزیابی چندین ژنوتیپ تمشک سیاه جهت بررسی پتانسیل ذخیره سازی پس از برداشت، دریافتند که کاهش وزن با سفتی حبه همبستگی منفی دارد. این نتایج نشان‌می‌دهد در حبه های تمشک با از دست دادن آب، سلول‌ها فشرده می‌شوند و بافت میوه سفتی بیشتری به خود می‌گیرد؛ در واقع این روند در میوه‌های تیمار شده با نیترات کلسیم+سیلیکات پتاسیم به‌صورت معنی‌دار دیده‌می‌شود. پتاسیم با شرکت در فعال سازی آنزیم، سنتز پروتئین، فتوسنتز، انتقال آبکش و سایر فعالیت‌های متابولیکی بر کیفیت و سفتی میوه تأثیر می‌گذارد و بنابراین به‌عنوان یک عنصر مؤثر شناخته می‌شود (Yang *et al.*, 2023). نیترات کلسیم باعث بهبود خصوصیات مختلف فیزیکی شیمیایی میوه مانند حفظ میوه و تأخیر در نرم شدن میوه گلابی می‌شود و همچنین با کاهش چروکیدگی و پوسیدگی منجر به افزایش ماندگاری انگور می‌گردد (Sinha *et al.*, 2019). کلسیم همچنین پکتین کل موجود در میوه را افزایش می‌دهد و در نتیجه نرم شدن محصول را به تأخیر می‌اندازد (Hong and Lee, 1999).

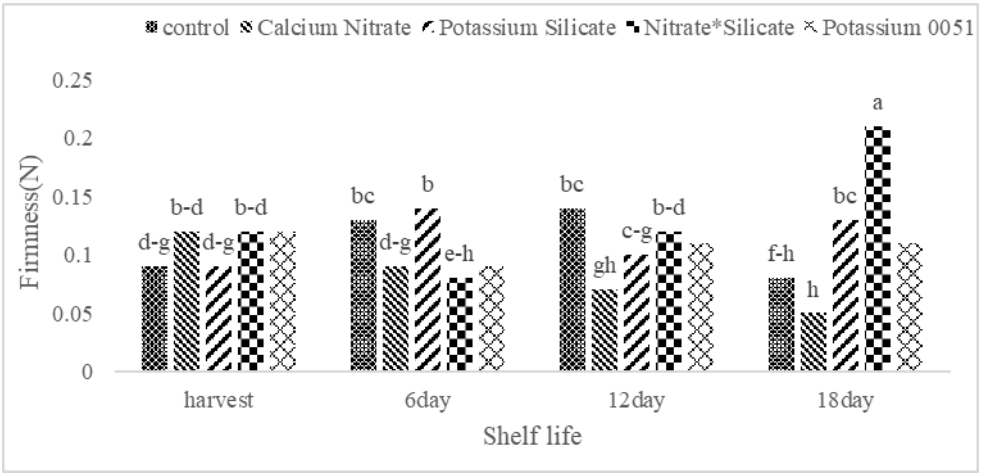

Figure 2. **The interaction effect of pre-harvest nutrition on the of blackberry the firmness during storage at 4°C**

(*Means followed by similar letter (s) in each column are not significantly different by Duncan's multiple range test at P< 0.05)

طول و عرض میوه

نتایج نشان داد در طول مدت نگهداری تمشک سیاه از میزان طول میوه کاسته می‌شود. به‌طوری‌که بیشترین میانگین طول میوه در زمان صفر با مقدار ۲/۱۰۷ سانتی‌متر بوده است و کمترین میانگین طول میوه با میزان ۱/۹۱۵ سانتی‌متر مربوط به‌روز ۱۲ بوده که با روزهای ۶ و ۱۸ تفاوت معنی داری نداشته‌است. پس طول میوه در طول زمان در حدود ده درصد کاهش یافت (جدول ۲). همچنین نتایج نشان داد در طی مدت نگهداری تمشک سیاه از میزان عرض میوه کاسته می‌شود. به‌طوری‌که بیشترین میانگین عرض میوه در زمان صفر با مقدار ۱/۹۲۳ سانتی‌متر بوده است و کمترین میانگین عرض میوه با میزان ۱/۶۹۸ سانتی‌متر مربوط به‌روز ۱۸ بوده است؛ که با عرض میوه در روز ۱۲ تفاوت معنی داری نداشته‌است و حاکی از کاهش ده درصدی عرض میوه در طول زمان پس از برداشت بود (جدول ۲). بیشتر میوه‌های ریز همچون توت فرنگی و تمشک به‌دلیل محتوای آب نسبتاً زیاد و همچنین فعالیت فیزیولوژیکی بالا، در زمان پس از برداشت با گذشت زمان و افزایش میزان تنفس، تغییر در بافت، رنگ، طعم و اندازه در طول نگهداری را از خود نشان می‌دهند که چنین تغییراتی برای تعیین کیفیت میوه و مقبولیت مصرف کننده بسیار مهم است (Goulas and Manganaris, 2011). در همین راستا گزارش شده طی مدت نگهداری تمشک سیاه از استحکام میوه و کیفیت ظاهری آن کاسته می‌شود.(Horvitz *et al.*, 2017).

مقدار مواد جامد محلول کل میوه (TSS)

نتایج نشان داد نیترات کلسیم به‌تنهایی تا پایان دوره نگهداری اثر معنی‌داری روی مواد جامد محلول کل میوه نداشت (شکل ۳). مواد جامد محلول میوه در تیمارهای شاهد و سیلیکات پتاسیم تا روز دوازدهم روند افزایشی و پس از آن روند کاهشی داشت در حالی‌که در تیمار نیترات کلسیم+سیلیکات پتاسیم تا روز ششم روند افزایشی و پس از آن ثابت ماند. در تیمار پتاسیم میزان TSS میوه تا روز دوازدهم تقریباً روند ثابتی داشت و پس از آن افزایش یافت. بیشترین میانگین مواد جامد محلول میوه مربوط به تیمار سیلیکات پتاسیم در روز دوازدهم با مقدار ۹ درجه بریکس بود که با تیمار شاهد در روز دوازدهم تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میانگین مواد جامد محلول میوه مربوط به نیترات کلسیم+سیلیکات پتاسیم در روز صفر با مقدار ۵/۸۳ بود که با اثر تیمارهای نیترات کلسیم، شاهد و کود پتاسیم در روز صفر تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به‌طور معنی‌داری کمتر از میزان مواد جامد محلول حبه در تیمار با سیلیکات پتاسیم بود. تیمار با سیلیکات پتاسیم منجر به بهبود ۳۵ درصدی مواد جامد محلول میوه در زمان برداشت گردید. در پژوهش Hanumanthaiah *et al.*(2015) گزارش گردید محلول پاشی انگور با سیلیکات پتاسیم موجب افزایش میزان قند احیاکننده شده و این افزایش می تواند به‌تدریج موجب افزایش مواد جامد محلول کل شود. همچنین در پژوهش دیگر نیز تیمار محلول پاشی سیلیکات پتاسیم به‌طور قابل توجهی محتوای مواد جامد محلول میوه را افزایش داد. ایشان بیان کردند استفاده از سیلیکون و پتاسیم به سنتز قندهای بیشتر در میوه کمک کرده و در نتیجه به افزایش مواد جامد محلول کل کمک می‌کند (El Kholy *et al.*, 2015).

شاخص رسیدگی یا شاخص طعم (TSS/TA)

نتایج بررسی شاخص طعم نشان داد که با افزایش زمان نگهداری بر میزان شاخص طعم افزوده شده و در طول عمر پس از برداشت در همه‌ی تیمارها نسبت TSS/TA نسبت به‌روز برداشت با افزایش همراه بود. بیشترین مقدار شاخص طعم در تیمار سیلیکات پتاسیم و در روز دوازدهم به میزان ۴/۲۲ به‌دست آمد، که افزایش ۳/۷ برابری نسبت به‌روز برداشت را نشان‌می‌دهد. اگرچه این مقدار با تیمارهای پتاسیم و سیلیکات پتاسیم در روز هجدهم تفاوت معنی داری نشان نداد. کمترین میانگین شاخص طعم مربوط به نمونه‌های تازه برداشت‌شده (روز صفر) با مقدار ۰/۹۸ بود. به نظر می‌رسد حضور پتاسیم در فرایند پس از برداشت تمشک مؤثر بوده و توانسته با بهبود مواد جامد محلول میوه منجر به بیشترین میزان شاخص طعم در میوه شود. چراکه پتاسیم به‌عنوان یک عنصر ضروری نقش به سزایی در

فتوسنتز، تنظیم اسمزی، هدایت روزنه‌ای، کیفیت و عطر و طعم محصولات مختلف دارد و به‌طور ویژه در توت فرنگی از طریق بهبود سطح برگ و هدایت روزنه‌ای منجر به افزایش معنادار فتوسنتز و عملکرد گردید (Arshad *et al.*, 2019). از آنجایی که شاخص طعم با میزان مواد جامد محلول رابطه مستقیم دارد، در نتیجه افزایش مواد جامد محلول می‌تواند موجب افزایش شاخص طعم شود. در همین راستا گزارش شده کاربرد پتاسیم به‌طور مؤثری موجب افزایش صفات کیفی از جمله مواد جامد محلول و شاخص طعم می‌شود (Jahanbean *et al.*, 2009). در میوه زردآلو نیز کود پتاسیمی توانسته موجب افزایش مواد جامد محلول شود (Bassi, 2003) که با پژوهش حاضر همخوانی دارد. در واقع می‌توان گفت پتاسیم نقش کلیدی در انتقال کربوهیدرات و ساکارز از طریق آوند های آبکش دارد که افزایش طعم و میزان قند میوه را می‌تواند توجیه کند (Alizade *et al.*, 2014).

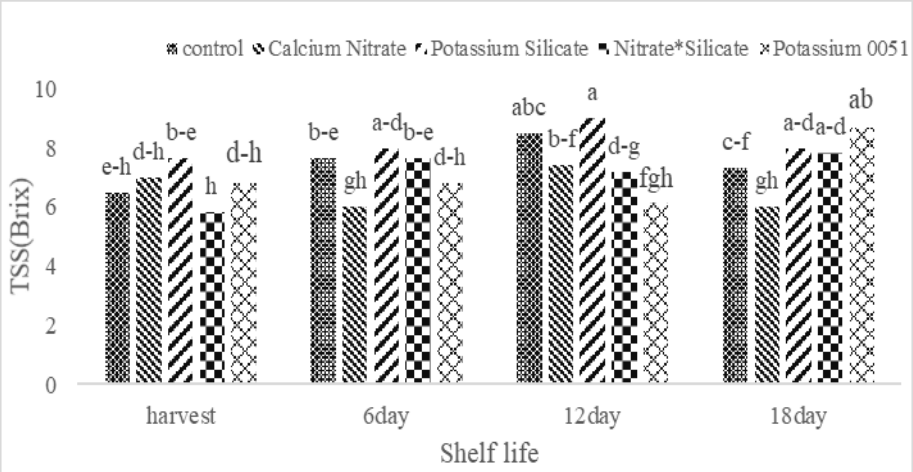

Figure 3. The interaction effect of pre-harvest nutrition on total soluble solids(TSS) of blackberry during storage at 4°C

(*Means followed by similar letter (s) in each column are not significantly different by Duncan's multiple range test at P< 0.05)

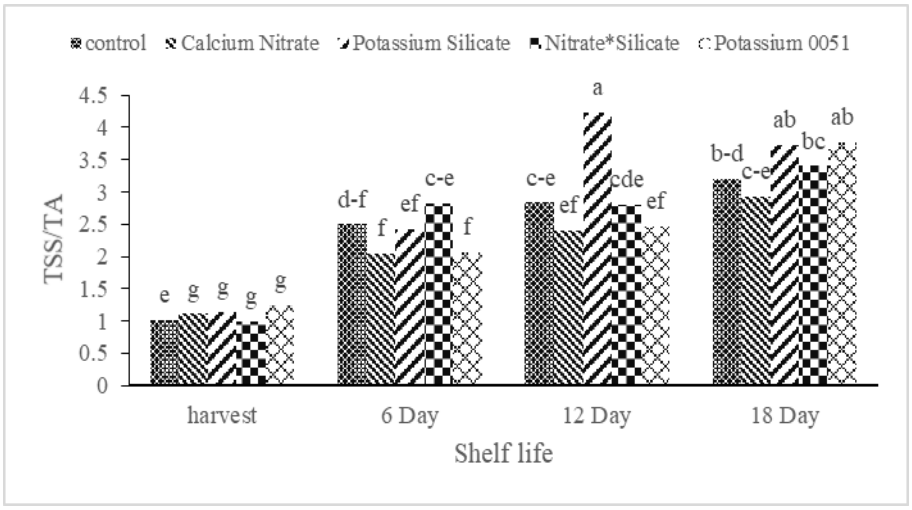

Figure 4. The interaction effect of pre-harvest nutrition on TSS/TA ratio of blackberry during storage at 4°C

(*Means followed by similar letter (s) in each column are not significantly different by Duncan's multiple range test at P< 0.05)

محتوای فنل کل

با گذشت شش روز از زمان برداشت، میزان فنول در تیمار نیترات کلسیم *سیلیکات پتاسیم در سطح احتمال یک درصد کاهش یافته و تا روز دوازدهم به همین روال ادامه یافت (شکل ۵) ولیکن در روز هجدهم مجدد با افزایش همراه بود. همچنین در سایر تیمارها نیز در روز ششم روند کاهشی را نشان داد که بیانگر آن است که اعمال تیمارهای کودی نیز نتوانست مانع از این رخداد طبیعی گردد. در این میان تیمار ترکیبی نیترات کلسیم و سیلیکات پتاسیم منجر به بالاترین میزان فنل کل در زمان برداشت به میزان ۷۱/۱۲ (میلی‌گرم اسید گالیک در میلی لیتر عصاره میوه) به‌دست آمد که از لحاظ ارزش غذایی و سلامتی تمشک و به‌خصوص برای کسانی که تمشک سیاه تازه را به‌عنوان دارویی پاداکساینده مصرف می‌کنند، مهم می‌باشد. در روز دوازدهم تیمار نیترات کلسیم با مقدار ۷۳/۷۳ (میلی‌گرم اسید گالیک در میلی لیتر عصاره میوه) بالاترین سطح را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. در روز هجدهم و در تیمار سیلیکات پتاسیم با افزایش معنی‌دار، بیشترین میزان فنول به میزان ۷۵/۷۴ (میلی‌گرم اسید گالیک در میلی لیتر عصاره میوه) مشاهده گردید. در مجموع نتایج نشان داد که کاربرد کلسیم و پتاسیم به‌صورت توأم و به‌تنهایی در روزهای مختلف برداشت و پس از برداشت بر میزان فنول مؤثر بوده است.

محققین با محلول‌پاشی قبل از برداشت کلرید کلسیم روی میوه گلابی آسیایی رقم KS10 نقش آن را بر حفظ سفتی، جلوگیری از کاهش فنل کل میوه‌ها و مهار فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز مثبت ارزیابی کردند (Khalaj *et al.*,2015). در خصوص اثر تیمار و زمان نگهداری بر روی خواص آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنولی میوه تمشک، Aghdam *et al.* (2013) افزایش ظرفیت اکسیدانی میوه‌های زغال‌اخته را با تیمار کلرید کلسیم گزارش کردند و آن را به افزایش تولید مواد آنتی‌اکسیدانی شامل فنول‌ها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و اسید اسکوربیک نسبت دادند. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی با تیمار کلرید کلسیم در گلابی مشاهده شده‌است (Kou *et al.*, 2013). محلول‌پاشی قبل از برداشت فلفل دلمه با لاکتات کلسیم نیز باعث افزایش تولید فنول‌ها، فلاونوئیدها، کاروتنوئیدها و اسید اسکوربیک و به‌دنبال آن افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گردید (Barzegar *et al.*, 2018)؛ که با نتایج حاضر مطابقت دارد.

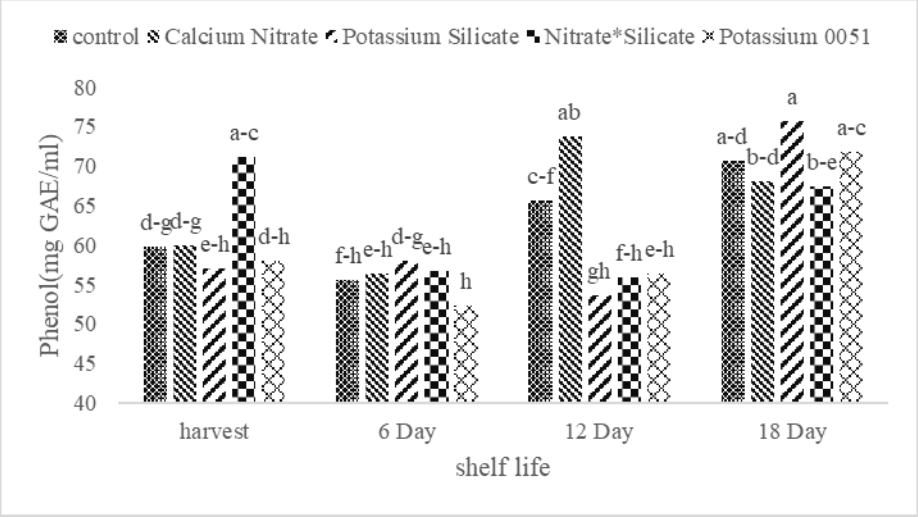

Figure 5. The interaction effect of pre-harvest nutrition treatment on the amount of total phenol of blackberry during storage at 4°C

(*Means followed by similar letter (s) in each column are not significantly different by Duncan's multiple range test at P< 0.05)

آنتوسیانین

نتایج نشان داد در طول مدت نگهداری تمشک سیاه میزان آنتوسیانین میوه در تمامی تیمارها به‌جز تیمار نیترات کلسیم تا روز دوازدهم روند کاهشی و ثابتی داشته است و پس از آن در روز هیجدهم میزان آنتوسیانین میوه افزایش یافت (شکل ۶). بیشترین میانگین آنتوسیانین مربوط به اثر متقابل تیمار نیترات کلسیم+سیلیکات پتاسیم در زمان صفر با مقدار ۱۸۹/۸ میلی‌گرم سیانیدین ۳-گلوکوزید در لیتر آب میوه بود که با شاهد و تیمار نیترات کلسیم در روز صفر تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کمترین میانگین آنتوسیانین مربوط به تیمار سیلیکات پتاسیم در زمان صفر با مقدارهای ۳۶/۳ میلی‌گرم سیانیدین ۳-گلوکوزید در لیتر آب‌میوه بود که با تیمار کود پتاسیمی در روز صفر اختلاف معنی‌داری نداشت. این نتایج نشان داد که ترکیب نمودن نیترات کلسیم با سیلیکات پتاسیم ضمن ممانعت از کاهش میزان آنتوسیانین در تیمارهای حاوی پتاسیم قبل از برداشت، می‌تواند منجر به افزایش ۸۰ درصدی آن در زمان برداشت نیز گردد.

مقدار آنتوسیانین کل پس از برداشت رقم‌های مختلف میوه تمشک سیاه کاهش می‌یابد (Wu *et al.*, 2010) در بررسی Rezaee Kivi *et al.* (2014) مشخص شد که تمشک‌های نگهداری شده در صفر و پنج درجه سانتی‌گراد، طی چهار روز با کاهش مقدار آنتوسیانین کل مواجه بوده اما در ۲۰ درجه سانتی‌گراد روند کاهشی آن سریع‌تر بوده است. Haddadinejad *et al.* (2017) اعلام نمودند که افزایش میزان آنتوسیانین تمشک (سیاه وحشی خاردار) در اواخر انبارداری می‌تواند ناشی از افزایش آزادسازی آنتوسیانین‌ها طی انبارداری یا ناشی از بیوسنتز آنها باشد که در مورد تمشک فرنگی، تمشک سیاه و پرتقال خونی نیز گزارش شده‌است (Wu et al., 2010). همچنین بیان گردید محلول پاشی سوربات پتاسیم بر توت فرنگی رقم آروماس موجب افزایش آنتوسیانین شده‌است (Hosseini et al., 2019) که با پژوهش حاضر مطابقت دارد.

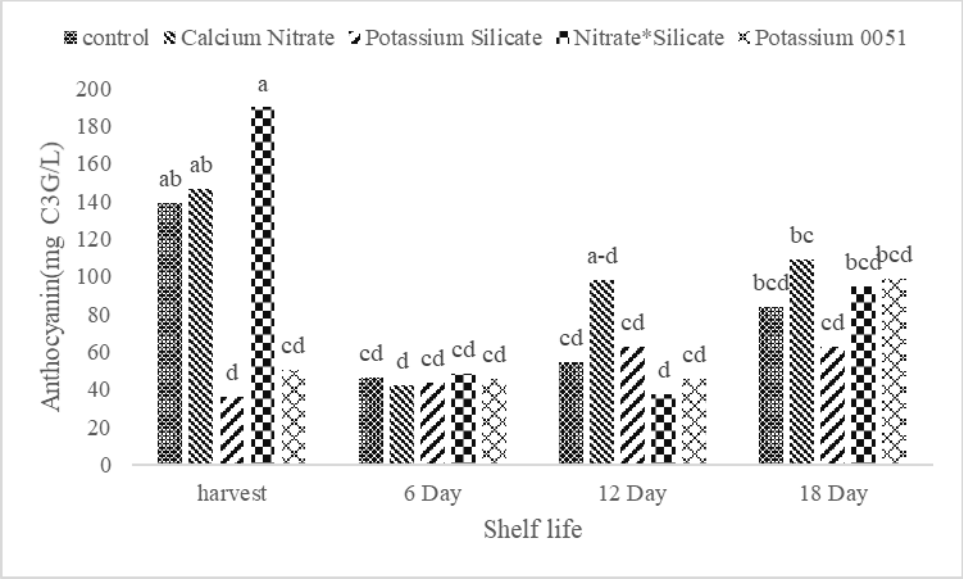

Figure 6. The interaction effect of pre-harvest nutrition treatment on the anthocyanin content of blackberries during storage at 4°C

(*Means followed by similar letter (s) in each column are not significantly different by Duncan's multiple range test at P< 0.05)

اسید آسکوربیک

نتایج نشان داد در طول مدت نگهداری تمشک سیاه میزان اسید آسکوربیک میوه در تیمار شاهد تا روز ششم روند افزایشی و پس از آن تا پایان دوره نگهداری روند کاهشی و ثابتی داشته است (شکل ۷). در تیمار نیترات کلسیم تا روز دوازدهم روند کاهشی و ثابتی داشته و پس از آن افزایش یافته که تفاوت معنی داری با روزهای قبل نداشته‌است. در تیمار سیلیکات پتاسیم مقدار اسید آسکوربیک میوه تا پایان دوره نگهداری روند کاهشی داشته است ولی در تیمارهای نیترات*سیلیکات و کود پتاسیمی تا روز ششم روند کاهشی و پس از آن تا روز دوازدهم روند افزایش سپس کاهش یافته‌است. به‌طوری‌که بیشترین میانگین اسید آسکوربیک مربوط به اثر متقابل تیمار شاهد در روز ششم با مقدار ۱۱ میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه بوده که با اثرات متقابل تیمار سیلیکات پتاسیم در روز صفر و تیمار سیلیکات پتاسیم در ششم تفاوت معنی‌داری نداشته و کمترین میانگین اسید آسکوربیک مربوط به اثر متقابل تیمار نیترات کلسیم در زمان دوازدهم با مقدار ۶/۵۰ میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه بوده است. بنابراین در تیمار نیترات کلسیم در روز دوازدهم نسبت به تیمار شاهد در روز ششم ۴۰ درصد کاهش اسید آسکوربیک میوه را شاهد بوده‌ایم. در خصوص اثر تیمار و زمان نگهداری بر روی خواص آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنولی میوه تمشک، Aghdam *et al.* (2013) افزایش ظرفیت اکسیدانی میوه‌های زغال‌اخته را با تیمار کلرید کلسیم گزارش کردند و آن را به افزایش تولید مواد آنتی‌اکسیدانی شامل فنول‌ها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و اسید اسکوربیک نسبت دادند. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی با تیمار کلرید کلسیم در گلابی مشاهده شده‌است (Kou *et al.*, 2013).

محلول‌پاشی قبل از برداشت فلفل دلمه با لاکتات کلسیم نیز باعث افزایش تولید فنول‌ها، فلاونوئیدها، کاروتنوئیدها و اسید اسکوربیک و به‌دنبال آن افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گردید (Barzegar *et al.*, 2018)؛ که با نتایج حاضر مطابقت دارد.

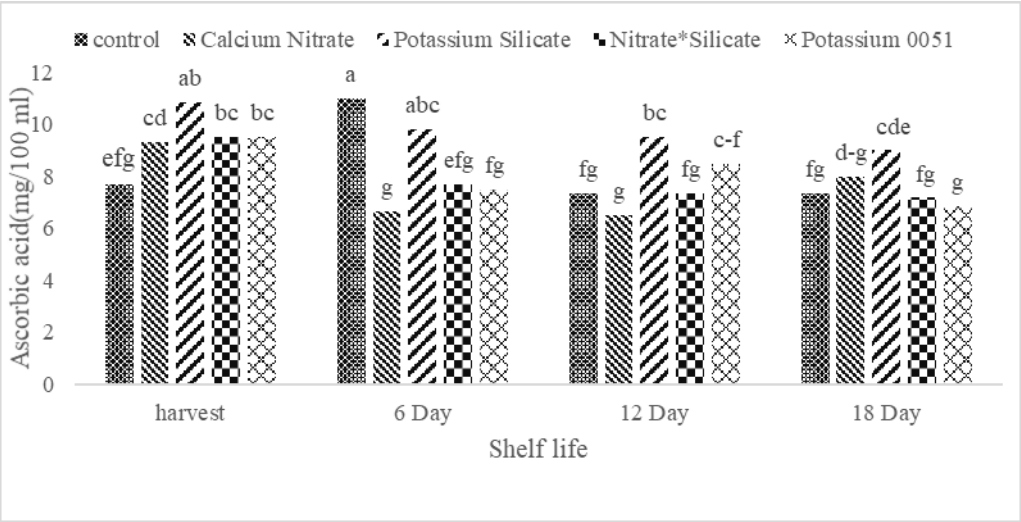

Figure 7. The interaction effect of pre-harvest nutrition treatment on the ascorbic acid content of blackberry during storage at 4°C

(*Means followed by similar letter (s) in each column are not significantly different by Duncan's multiple range test at P< 0.05)

ارزیابی حسی

بازارپسندی میوه

نتایج نشان داد که اثرات ساده زمان نگهداری و تیمارهای محلول پاشی روی بازارپسندی حبه تمشک سیاه معنی‌دار شد. در طول مدت نگهداری تمشک سیاه از میزان بازارپسندی میوه کاسته می‌شود. به‌طوری‌که که بیشترین میانگین برای صفت بازارپسندی در زمان صفر با مقدار ۱۰۰ درصد بوده و کمترین میانگین با میزان ۲۳/۰۲۳ مربوط به‌روز ۱۸ بوده است. پس بازارپسندی حبه‌ها در طول زمان در حدود ۷۷ درصد کاهش یافت (جدول ۲). همچنین نتایج نشان داد در طول مدت نگهداری تمشک سیاه بازارپسندی میوه در تیمارهای شاهد، سیلیکات پتاسیم، نیترات*سیلیکات‌و کود پتاسیمی روند افزایشی و در تیمار نیترات کلسیم روند کاهشی داشته است. به‌طوری‌که بیشترین میانگین بازارپسندی میوه با میانگین ۷۶/۱۴ درصد مربوط به تیمار شاهد بوده است که با تیمارهای سیلیکات پتاسیم، نیترات *سیلیکات و کود پتاسیمی تفاوت معنی‌داری نداشته است. و کمترین میزان بازارپسندی با میانگین ۷۲/۲۲ درصد مربوط به تیمار کودی نیترات کلسیم بوده است. بنابراین بازارپسندی حبه‌ها در تیمار نیترات کلسیم نسبت به شاهد تقریباً ۴ درصد کاهش نشان داده است (جدول ۳).

طعم میوه

نتایج نشان داد در طول مدت نگهداری تمشک سیاه از میزان طعم حبه کاسته می‌شود. به‌طوری‌که که بیشترین میانگین طعم حبه در زمان صفر با مقدار ۱۰۰ درصد بوده است و کمترین میانگین طعم حبه با میزان ۲۶/۹۴ مربوط به‌روز ۱۸ بوده است. پس طعم میوه در طول زمان در حدود ۷۳ درصد کاهش یافت (جدول ۲).

نتایج نشان داد محلول پاشی با کود پتاسیمی در تمشک سیاه موجب شده طعم میوه نسبت به شاهد بهبود یابد، اگرچه این اختلاف معنی‌دار نبوده است. همچنین کاربرد سایر تیمارهای تغذیه‌ای، به‌جز نیترات کلسیم اختلاف معنی داری را با شاهد ایجاد نکرده‌است. استفاده از نیترات کلسیم موجب شده طعم میوه نسبت به شاهد کاهش معنی داری را نشان دهد، به طوریکه کمترین میزان طعم حبه با میانگین ۷۴/۸۶ درصد مربوط به تیمار کودی نیترات کلسیم بوده است (جدول ۳).

رنگ میوه

نتایج نشان داد در طول مدت نگهداری تمشک سیاه از میزان رنگ حبه کاسته می‌شود. به‌طوری‌که که بیشترین میانگین رنگ حبه در زمان صفر با مقدار ۱۰۰ درصد بوده و کمترین میانگین رنگ میوه با میزان ۲۵/۶۱۲ مربوط به‌روز ۱۸ بوده است. پس رنگ میوه در طول زمان در حدود ۷۴ درصد کاهش یافت (جدول ۲).

Table 2- The effect of storage time on the size and marketability of blackberry fruit at 4℃

Day	Fruit length cm	Fruit width cm	Marketability %	Fruit taste %	Fruit color %
0	2.10a	1.92a	100.00a	100.00a	100.00a
6	2.00b	1.77b	88.38b	92.94b	90.49b
12	1.91b	1.70c	87.77b	87.00c	87.33c
18	1.94b	1.69c	23.02c	26.94d	25.61d

(*Means followed by similar letter (s) in each column are not significantly different by Duncan's multiple range test at P< 0.05)

نتایج نشان داد رنگ حبه در تیمارهای شاهد، سیلیکات پتاسیم، نیترات*سیلیکات و کود پتاسیمی روند افزایشی و در تیمار نیترات کلسیم با کاهش همراه بوده است. به‌طوری‌که بیشترین میانگین رنگ میوه با میانگین ۷۷/۱۵ درصد مربوط به تیمار کودی سیلیکات پتاسیم بوده که با تیمارهای کود پتاسیمی نیترات*سیلیکات و شاهد تفاوت معنی‌داری نداشته و کمترین میزان رنگ میوه با میانگین ۷۲/۹۲ درصد مربوط به تیمار کودی نیترات کلسیم بوده است. بنابراین رنگ میوه در تیمار نیترات کلسیم نسبت به سیلیکات پتاسیم تقریباً ۴ درصد کاهش نشان داده است (جدول ۳).

به طورکلی نتایج بررسی پارامترهای حسی نشان داد که با افزایش زمان نگهداری از کیفیت میوه کاسته شده و درصد اقبال به آن کاسته می‌شود. همچنین کاربرد تیمارهای قبل از برداشت تیمارهای پتاسیمی مؤثر بوده و کاربرد کلسیم موجب کاهش معنی‌دار نسبت به شاهد شده‌است. Mohammadi *et al.* (2020)، ضمن بررسی میوه‌های وحشی و رقم بی‌خار تمشک سیاه دریافتند که از دست رفتن آب‌میوه عامل اصلی کاهش بازارپسندی تمشک می‌باشد. تیمار نیترات کلسیم از جمله تیمارهای ی بود که نرخ کاهش وزن بالایی را نیز در میوه (به‌خصوص در روز ۱۸) به‌همراه داشت. کلسیم عنصری غیر متحرک در گیاه محسوب می‌گردد که بیشتر از طریق آوند چوبی انتقال پیدا می‌کند و غالباً حرکت آن به‌سمت بخش‌هایی است که میزان تبخیر و تعرق بالایی دارند (Khalaj *et al.*,2015). ممکن است محلول‌پاشی کلسیم به درون میوه نفوذ چندانی نداشته‌باشد و از دیگر سو، از سمت برگ هم قابلیت انتقال به میوه را ندارد. بنابراین تجمع سطحی کود کلسیمی روی سطح میوه خود می‌تواند تنش اسمزی ایجاد نموده و دهیدراته شدن میوه‌های ظریفی مانند تمشک را تشدید کند. به نظر می‌رسد که نیترات کلسیم توان نفوذ به میوه را نداشته لذا به‌جای اینکه بتواند کیفیت پس از برداشت آن را حفظ نماید موجب شده‌است طعم میوه ناشی از پیری بافت کاهش نیز یابد. همچنین وجود عنصر نیتروژن در این ترکیب می‌تواند موجب کاهش کیفیت میوه شده باشد، به طوریکه گزارش شد نیترات کلسیم در انگور کیفیت میوه را کاهش دهد (Young-Sik *et al.*,2022). در تمشک سیاه رنگ حبه براساس میزان شفاف و براق بودن شفتک مشخص می‌شود و کدر شدن رنگ حاکی از کاهش کیفیت می‌باشد. پتاسیم به‌دلیل اینکه آنزیم‌های متعددی را در گیاه فعال می‌کند و همچنین در بارگیری و انتقال شیره پرورده نقش اساسی دارد، می‌تواند رنگ و طعم میوه را شدیداً تحت تأثیر قرار دهد. در همین راستا گزارش شده‌است که تیمار قبل از برداشت پتاسیم، توانسته است بازارپسندی میوه و مقبولیت آن را افزایش دهد (Mohammadi *et al.*, 2022).

نتیجه‌گیری

کمترین میزان کاهش وزن میوه را تیمار ترکیبی نیترات کلسیم+سیلیکات پتاسیم داشت که با تیمار شاهد در همان روز تفاوت معنی‌داری نشان نداد. برای صفت سفتی میوه تیمار ترکیبی نیترات کلسیم+سیلیکات پتاسیم در روز هیجدهم بیشترین میزان سفتی را نشان داد. در صفت‌های بازارپسندی، ظاهر و رنگ میوه تیمار نیترات کلسیم+سیلیکات پتاسیم با تیمار برتر تفاوت معنی‌داری نداشت. در صفت مواد جامد محلول میوه نیز اختلاف معنی‌داری بین تیمار ترکیبی نیترات کلسیم+سیلیکات پتاسیم با تیمارهای برتر دیده نشد؛ هرچند در مجموع تیمارهای حاوی پتاسیم میوه‌های شیرین‌تری را تولید نمودند. در نسبت مواد جامد محلول به اسید، کودهای حاوی پتاسیم و در رأس آن تیمار سیلیکات پتاسیم به‌ویژه در روز دوازدهم بیشترین میزان نسبت مواد جامد محلول به اسید را به خود اختصاص داد در این بین تیمار ترکیبی نیترات کلسیم+سیلیکات پتاسیم اثر افزایشی قابل‌قبولی نشان داد. بیشترین میزان فنل هم در تیمار سیلیکات پتاسیم در روز هیجدهم بوده است. در صفت آنتوسیانین هم بیشترین میزان آنتوسیانین مربوط به تیمار ترکیبی

نیترات کلسیم+سیلیکات پتاسیم در روز صفر می‌باشد. درمجموع بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه و مقایسه میانگین صفات معنی‌دار تیمار نیترات کلسیم+سیلیکات پتاسیم برای صفات میزان کاهش وزن میوه، سفتی میوه، بازارپسندی، ظاهر و رنگ میوه و میزان آنتوسیانین بهترین جایگاه را در این تحقیق به خود اختصاص داد و برای دیگر صفات در حد مطلوب یا قابل قبول بوده است.

سپاس گزاری

بدین وسیله، از مالکان محترم مزرعه فرشته بانو بابت فراهم کردن امکان انجام آزمایش کمال تشکر بعمل می آید.

References

Abd El-Wahab, S. M. (2015). Apricot postharvest fruit quality, storability and marketing in response to preharvest application. *Middle East Journal of Agriculture Research*, *4*, 347-358.

Aghdam, M.S., Dokhanieh, A.Y., Hassanpour, H., & Fard, J. R. (2013). Enhancement of antioxidant capacity of cornelian cherry (*Cornus mas*) fruit by postharvest calcium treatment. *Scientia horticulturae*, 161: 160-164.

Alizadeh, A., Nabopour, M., & Rahnama, A. (2014). Effect of different levels of potassium on soluble carbohydrate remobilization in two bread wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Plant Productions, 37(3),* 69-82. [In Persian]

Arshad, M., & Nazarideljo, M.J. (2019). Effect of potassium and calcium foliar application on quantity and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Selva). *Journal of Plant Process and Function*, 8 (29): 193-203. [In Persian]

Aziz, M. H., Soliman, M. A., & Ennab, H. A. (2021). Effect of potassium silicate and chelated calcium sprays on yield, quality and storage of peach fruits cv. "Dessert red". *Menoufia Journal of Plant Production*, *6*(3), 119-135.

Barzegar, T., Fateh, M., & Razavi, F. (2018). Enhancement of postharvest sensory quality and antioxidant capacity of sweet pepper fruits by foliar applying calcium lactate and ascorbic acid. *Scientia Horticulturae*, 241: 293-303.

Bassi, D. (2003). Growth habits in stone fruit trees (ed.). Il Divulgatore, Bologna, Italy.

Capdeville, G., Maffia, L.A., Finger, F.L. & Batista, U.G. (2003).Gray mold severity and vase life of rose buds after pulsing with citric acid, salicylic acid, calcium sulfate, sucrose and silver thiosulfate. *Fitopatologia Brasileira*, 28(4):380-385.

Conway, W. S., & Sam, C.E. (1987). Possibles mechanisms by which post-harvest calcium treatment reduces decay in apples. *Phytopathology*. 74 (2): 208-210.

El Kholy, M. F., Mahmoud, A. A., & Mehaisen, S. M. A. (2018). Impact of potassium silicate sprays on fruiting, fruit quality and fruit storability of Loquat trees. *Middle East J. Agric. Res*, *7*(1), 139-153.

Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Wang, S. & Zhang, C. (2005). Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science*, 169 (28): 313-321.

Goulas, V., & Manganaris, G. A. (2011). The effect of postharvest ripening on strawberry bioactive composition and antioxidant potential. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(10): 1907-1914.

Haddadinejad, M., Ghasemi, K., & Mohammadi, A. A. (2017). Evaluation of storage temperature and container material effects on summer wild blackberry postharvest. *Plant Productions*, 40(2): 99-112. [In Persian]

Han, C., Zhao, Y., Leonard, S.W., & Traber, M.G. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria* × *ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*, 33(1): 67-78.

Hanumanthaiah, M. R., Kulapatihipparagi, K., Vijendrakumar, R. C., Renuka, D. M., Kumar, K. K., & Santhosha, K. V. (2015). Effect of soil and foliar application of silicon on fruit quality parameters of banana cv. Neypoovan under hill zone.

Hong, J. H., & Lee, S. K. (1999). Effect of high CO_2 treatment on tomato fruit ripening. *Journal of korean society of horticultural science*, 40: 403-406.

Horvitz, S., Chanaguano, D., & Arozarena, I. (2017). Andean blackberries (*Rubus glaucus* Benth) quality as affected by harvest maturity and storage conditions. *Scientia Horticulturae*, 226: 293-301.

Hosseini, F., Amiri, M. E., & Razavi, F. (2019). Improvement of anthocyanin and antioxidant properties of strawberry (cv. Amaros) by calcium lactate and potassium sorbate application. *Plant Productions*, 42(4): 455-468. [In Persian]

Jahanbean, R. Yavari, S. Eshghi, S. & Tafazoli E. (2009). The effect of 2,4-D and K_2SO_4 on quantitative and qualitative characteristics of sweet orange cv. Navel fruits. *Journal of Horticultural Science*, 22(2):102-112. [In Persian]

Kahkonen, M.P., Hopia, A.I., & Heinonen, M. (2001). Berry phenolic and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8): 4076-4082**.**

Khalaj, K., Ahmadi, N., & Souri, M K. (2015). Effect of calcium and boron foliar application on fruit quality in Asian pear cultivar 'KS10'. *Journal of Crop Production and Processing*, 4 (14) :89-97. [In Persian]

Kou, X.H., Guo, W.L., Guo, R.Z., Li, X.Y., & Xue, Z.H. (2013). Effects of chitosan, calcium chloride, and pullulan coating treatments on antioxidant activity in pear cv. "Huang guan" during storage. Food Bioprocess Technology. 7: 671–681.

Krishnamoorthy, H. N. (1981). Plant growth substances: Including applications in agriculture. (No Title).

Majedi, M. (1994). Methods chemical test of food. Tehran University Publications of Jahad, Tehran, 108 pp. [In Persian]

Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G. & Mignani, I. (2007). The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Journal of Food Chemistry*, 100(4): 1385–1392.

Mohammadi, A., hadadinejad, M., & ghasemi, K. 2020. Evaluation of postharvest quality of three blackberries fruit in bio-degradable and non-biodegradable packaging. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 21 (3): 195-208. [In Persian]

Mohammadi, A., Shahabian, M., Ramezanpour, M. R., & Hajivand, S. 2022. Evaluation of the Effects of Calcium Nitrate and Potassium Phosphite on the Storage Life and Some Quality Traits of Thomson Navel Orange. *Plant Productions*, 45(2): 181-192. [In Persian]

Pedram Nia, A., Elhami Rad, A.H., Nemat Shahi, M.M., Nemat Shahi, N., & Estiri, H. (2014). Study of antioxidant activity of Iranian raspberry fruit extract. *Advances in Natural and Applied Sciences, 8(10)*, 70-75.

Hasanvand, F., Rezaei Nejad, A., & Feizian, M. (2017). Effect of silicic acid on some anatomical and biochemical characteristics of *Pelargonium graveolens* under salinity stress. *Journal of Horticultural Science*, *30*(4), 723-732. [In Persian]

Rezaee Kivi, A., & Sartipnia, N. (2014). Influence of fruit ripening stages on antioxidant enzymes in *Rubus Hyrcanus* Juz. *International Journal of Biosciences (IJB*), 5(2): 7-13.

Salgado, A., & Clark, J. R. (2015, June). Extended evaluation of postharvest quality and shelf-life potential of blackberries. In *XI International Rubus and Ribes Symposium 1133* (pp. 379-382).

Segantini, D. M., Threlfall, R., Clark, J. R., Brownmiller, C. R., Howard, L. R., & Lawless, L. J. (2017). Changes in fresh-market and sensory attributes of blackberry genotypes after postharvest storage. *Journal of Berry Research*, *7*(2), 129-145.

Shahid, M. O., Muhmood, A., Ihtisham, M., Amjad, M., Sajid, M., Riaz, K., & Ali, A. (2020). Fruit Yield and quality of 'Florida King'peaches subjected to foliar calcium chloride sprays at different growth stages. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, *19*(1).

Sinha, A., Jawandha, S. K., Gill, P. P. S., & Singh, H. (2019). Influence of pre-harvest sprays of calcium nitrate on storability and quality attributes of plum fruits. Journal of food science and technology, 56(3): 1427-1437.

Waterhouse, A.L., & Laurie, V.F. (2006). Oxidation of wine phenolics a critical evaluation and hypotheses. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3): 306-313.

Wroslstad, R.E. (1976). Color and pigment analysis in fruit products. Agriculture Experiment Staation, Oregon State University. *Station Bull*. pp: 1-20.

Wu, R., Frei, B., Kennedy, J. A., & Zhao, Y. (2010). Effects of refrigerated storage and processing technologies on the bioactive compounds and antioxidant capacities of ‘Marion’and ‘Evergreen’blackberries. *LWT-Food Science and Technology*, 43(8): 1253-1264.

Yang, X., Du, R., He, D., Li, D., Chen, J., Han, X.,... & Zhang, Z. (2023). Optimal combination of potassium coupled with water and nitrogen for strawberry quality based on consumer-orientation. *Agricultural Water Management, 287,* 108461.

Yegane, F., Varasteh, F., Alizadeh, M., & Ghasemi, Y. (2023). Evaluation of physicochemical traits of thorny and thornless blackberries at ripening and during storage. *Journal of Plant Production Research*, 30(3), 21-39. [In Persian]

Young-Sik, P. A. R. K., Je-Chang, L. E. E., Joo-Hyun, K. I. M., Jeong, H. N., & Jae-Yun, H. E. O. (2022). Effect of calcium nitrate treatment on reduction of berry shattering in ‘Cheongsoo’grape cultivars. *Notulae Scientia Biologicae, 14(1)*, 11158-11158.