The University of Tehran Press

Iranian Journal of Horticultural Science

Online ISNN: 2008-482X

Homepage: http:// ijhs.ut.ac.ir/

The Impact of Cold Storage on Antioxidant Enzymes Activity of Some Melons

Maryam Karbasi[1] , Forouzandeh Soltani[2] , Siamak Kalantari[3]✉

1. Department of Horticuitural Science, Faculty of Agricultural & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: maryamkarbasi20@ut.ac.ir
2. Department of Horticultural Science, Faculty of Agricultural & Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Karaj. E-mail: Soltanyf@ut.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Horticultural Science, Faculty of Agricultural & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: Kalantaris@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 13 September 2023

Received in revised form: 17 January 2024

Accepted: 21 January 2024

Published online: Summer 2024

Keywords:

Active oxygen,

Chilling,

Hybrid,

Melon,

Storage.

ABSTRACT

In cold-sensitive products, low temperatures lead to chilling injuries. Under chilling stress conditions, the production of reactive oxygen species increases and causes oxidative stress. Plants have developed an efficient antioxidant defense system to prevent the accumulation and elimination of reactive oxygen species. With the aim of investigating the antioxidant activity of melons under low temperature conditions, seven melon genotypes including 4 parents (Abadan, Khatouni, Dudaim and Japan) and 3 hybrids (Khatouni×Abadan, Dudaim×Khatoni and Japan× Khatouni) were cultivated in the Horticultural Science Research Center, University of Tehran, Karaj, in the years 2018 and 2019. After harvesting, the fruits were kept at three temperatures (1, 4 and 13° C) for thirty days. The results of the research showed that the firmness of the tissue and the total soluble solids were higher in the samples of Japan and Japan×Khatouni genotypes compared to other melons. Also, Japan and Japan×Khatouni genotypes showed the lowest chilling index (10% and 8% respectively) after thirty days. The lowest firmness and soluble solids and the highest malondialdehyde content was found in Dudaim×Khatouni genotype and the highest chilling index (45%) was seen in Khatouni × Abadan genotype. The amount of activity of antioxidant enzymes (catalase, peroxidase and superoxide dismutase) was higher in melons that had a lower chilling index. The highest activity of antioxidant enzymes was seen in Japan and Japan×Khatouni genotypes. It seems that the elevated levels of catalase, peroxidase, and superoxide dismutase enzymes contribute to improving cold resistance in these samples of melon. Japan and Japan×Khatouni are recommended as genotypes with high durability and shelf life (up to 30 days) at low temperatures conditions.

Cite this article: Karbasi, M., Soltani, F. & Kalantari, S. (2024). The Impact of Cold Storage on Antioxidant Enzymes Activity of Some Melons. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 55 (2), 177-197. DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.365091.2126

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.365091.2126

Extended Abstract

Introduction

Melons (*Cucumis melo* L.) are a type of vegetable belonging to the Cucurbitaceae family. They are particularly sensitive to chilling injuries, which can occur during storage at low temperatures. Chilling injuries can manifest in various ways, including discoloration, pitting, water-soaked areas, surface decay, and flavor loss.The severity of chilling injury depends on several factors, including the cultivar, maturity stage at harvest time, duration of exposure to chilling temperatures, and post-harvest handling practices. Some melon varieties are more susceptible to chilling injuries than others. Chilling stress can lead to the accumulation of reactive oxygen species (ROS) in plants, including melons. ROS are highly reactive molecules that can cause oxidative damage to various cellular components, including proteins and lipids. The excess production of ROS during chilling stress can disrupt normal cellular functions and contribute to chilling injury in plants. Malondialdehyde (MDA) is a commonly used biomarker to assess lipid peroxidation, which is a result of oxidative damage to lipids. Lipid peroxidation occurs when reactive oxygen species (ROS) attack and oxidize polyunsaturated fatty

acids in cell membranes, leading to the formation of MDA. To counteract the harmful effects of ROS, plants have developed antioxidant defense systems. Antioxidant activity in plants, can be attributed to both enzymatic (superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (POD) and non-enzymatic antioxidants (including ascorbic acid, carotenoids and phenolic compounds).

Material and methods

In this research, the antioxidant activity of different melon samples was investigated under low temperature conditions. Seven genotypes of melon were studied, including four parents (Abadan, Khatouni, Dudaim, Japan) and three hybrids (Khatouni×Abadan, Dudaim×Khatoni, Japan × Khatouni) in the years 2018 and 2019. Seeds were cultivated at the Horticultural Science Research Center, karaj according to completely randomized design with three replicates. After harvesting, the fruits were stored at three different temperatures (1, 4, and 13°C) for a duration of thirty days. The quality characteristics included texture firmness, total soluble solids, percentage of weight loss, chilling index, content of malondialdehyde and catalase, peroxidase and superoxide dismutase enzymes were evaluated on harvest time and during storage.

Results and discution

The results demonstrated that firmness and total soluble solids (TSS) were higher in the samples of Japan and Japan×Khatouni compared to the other genotypes. These also exhibited a lower chilling index after thirty days at temperatures of 1 and 4°C. On the other hand, Dudaim × Khatouni and Khatouni × Abadan hybrids showed the lowest degree of firmness and TSS amount, along with the highest percentage of weight loss, chilling index and malondialdehyde content. During storage, particularly at elevated temperatures, a noticeable reduction in firmness and TSS, along with an increase in weight loss was observed across all melon samples. it has been observed that the decomposition of polysaccharides, particularly hemicellulose and pectin, contributes to the softening and reduction in stiffness of fruit tissue during ripening. Additionally, it has been noted that the firmness of fruit decreases at lower temperatures, albeit at a slower rate. TSS is an important indicator of fruit quality, particularly in terms of sweetness. However, during storage, especially at higher temperatures, there can be a decrease in TSS content due to various factors such as enzymatic activity, respiration, and metabolic changes. Weight loss is another common observation during fruit storage. Fruits naturally lose moisture through processes such as transpiration and respiration. Higher temperatures can enhance these processes, leading to increased water loss and subsequent weight loss in melons. MDA increased with time, and the highest increase was observed in the Abadan and Dudaim×Khatouni genotypes at temperatures of 1 and 4°C. It is generally known that chilling stress can lead to an elevation in MDA levels in plants. Chilling stress can induce oxidative damage and lipid peroxidation, resulting in the accumulation of MDA as a byproduct. The extent of MDA accumulation can vary depending on factors such as the specific fruit cultivar, storage conditions, the duration of chilling stress, and environmental factors. Furthermore, it has been observed that melons with a lower chilling index exhibit higher activity of antioxidant enzymes, including catalase, peroxidase, and superoxide dismutase. Specifically, Japan and Japan×Khatouni genotypes have shown the highest activity levels of these antioxidant enzymes.

Conclution

The activity of antioxidant enzymes plays a crucial role in improving cold resistance. Melons with a lower chilling index tend to have higher levels of antioxidant enzymes. Japan and Japan×Khatouni are recommended as genotypes with high durability (up to 30 days) at low temperatures condition.

نشریه علوم باغبانی ایران، دوره ۵۵، شماره ۲

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۹۳۰

Homepage: http://ijhs.ut.ac.ir//

تأثیر نگهداری در انبار سرد بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی برخی ملون‌ها

مریم کرباسی[۱] | فروزنده سلطانی[۲] | سیامک کلانتری[۳] ✉

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: maryamkarbasi20@ut.ac.ir

۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: Soltanyf@ut.ac.ir

۳. نویسنده مسئول، گروه علم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: Kalantaris@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۱

تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۳

کلیدواژه‌ها:

اکسیژن فعال، انبارمانی، سرمازدگی، ملون، هیبرید.

چکیده

در محصولات حساس به سرما، دماهای پایین منجر به بروز آسیب سرمازدگی می‌شود. تحت شرایط تنش سرمازدگی، تولید گونه‌های اکسیژن فعال افزایش می‌یابد و باعث تنش اکسیداتیو می‌شود. گیاهان یک سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی کارآمد به منظور جلوگیری از تجمع و حذف گونه‌های اکسیژن فعال ایجاد کرده‌اند. با هدف بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی ملون‌ها تحت شرایط دمای پایین، هفت ژنوتیپ ملون شامل ۴ والد (آبادان، خاتونی، دستنبو، ژاپن) و ۳ هیبرید (خاتونی×آبادان، دستنبو×خاتونی، ژاپن×خاتونی) در سال‌های ۱۳۹۸و ۱۳۹۹ در مرکز تحقیقات علوم باغبانی کرج، دانشگاه تهران کشت شدند. میوه‌ها بعد از برداشت در سه دمای (۴،۰۱و ۱۳درجه سانتی‌گراد) به مدت سی روز نگه‌داری شدند. نتایج پژوهش نشان داد که میزان سفتی بافت و مواد جامد محلول کل در ژنوتیپ‌های ژاپن و ژاپن×خاتونی نسبت به سایر ملون‌ها بالاتر بود. هم‌چنین ژنوتیپ‌های ژاپن و ژاپن×خاتونی، پایین‌ترین شاخص سرمازدگی (به ترتیب ۱۰ درصد و ۸ درصد) را بعد از سی روز نشان دادند. پایین‌ترین میزان سفتی و مواد جامد محلول و بالاترین محتوای مالون دی آلدهید در ژنوتیپ دستنبو×خاتونی و بالاترین شاخص سرمازدگی (۴۵ درصد) در ژنوتیپ خاتونی×آبادان دیده شد. میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی (کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیس موتاز) در ملون‌هایی که شاخص سرمازدگی بالاتری داشتند، پایین‌تر بود. بالاترین فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در ژنوتیپ‌های ژاپن و ژاپن×خاتونی دیده شد. به نظر می‌رسد که محتوای بالاتر آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیس موتاز در بهبود مقاومت به سرما در این نمونه‌های ملون نقش دارند. ژنوتیپ‌های ژاپن و ژاپن×خاتونی به عنوان ژنوتیپ‌های با قابلیت ماندگاری بالا (تا سی روز) در دمای پایین توصیه می‌شوند.

استناد: کرباسی، مریم؛ سلطانی، فروزنده و کلانتری، سیامک (۱۴۰۳). تأثیر نگهداری در انبار سرد بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی برخی ملون‌ها. *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۵ (۲)، ۱۹۷-۱۷۷. DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.365091.2126

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.365091.2126

مقدمه

ملون یکی از پرمصرف‌ترین سبزی‌های میوه ای است که به طور گسترده‌ای در ایران و جهان کشت می‌شود. در سال ۲۰۲۱ میزان تولید جهانی ملون ۲۷/۵ میلیون تن بوده است و چین مقام اول تولید ملون را به خود اختصاص داده است. ایران بعد از ترکیه و هند و قزاقستان مقام پنجم تولید ملون را دارد (FAOSTAT,2021). تنوع گسترده‌ای از نظر شکل، رنگ، بافت و طعم در میوه‌های ملون وجود دارد. ملون‌ها شامل ژنوتیپ‌های فرازگرا و نافرازگرا هستند. ژنوتیپ‌های فرازگرا مثل طالبی دارای ویژگی‌هایی از جمله تولید اتیلن بالا، سرعت رسیدن بالا، عطر زیاد و انبارمانی کم هستند. ژنوتیپ‌های نافرازگرا مثل خربزه دارای ویژگی‌هایی مثل قادر نبودن به تولید خود تنظیمی اتیلن، سرعت رسیدن کم، عطر کم و انبارمانی طولانی‌تر هستند (Pech et al., 2008). بیان ژن ۱- امینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلیک اسید سینتتاز[4] در رقم‌های فرازگرا بالاتر از رقم‌های نافرازگرا بوده است بیان ژن ۱-آمینو سیکلوپروپان-۱- کربوکسیلیک اسید اکسیداز[5] نیز در بین اقام فرازگرا افزایش پیدا کرده است و علاوه بر این افزایش بیان برخی دیگر از ژن‌ها نشان دهنده پیچیدگی رفتار فرازگرایی و نافرازگرایی است (Saladié et al., 2015). ملون‌ها به طور معمول محصولاتی فسادپذیر با انبارمانی محدود هستند و در شرایط دمای اتاق بیشتر از ۱۰ روز قابلیت بازاریابی خود را حفظ نمی‌کنند. (Alabboud et al., 2022).

دمای پایین به عنوان مؤثرترین روش برای حفظ کیفیت میوه و سبزیجات که امکان حمل و نقل طولانی و در نتیجه عرضه منظم‌تر کالاها در بازار را فراهم می‌کند. با این حال، در مورد محصولات حساس به دمای پایین مثل ملون‌ها منجر به آسیب سرمازدگی می‌شود (Carvajal et al., 2018). سرمازدگی یک نابسامانی فیزیولوژیک پس از برداشت است که می‌تواند منجر به کاهش کیفیت، قابلیت ذخیره سازی و مصرف محصول به دنبال قرار گرفتن در معرض دماهای پایین تر از حد بحرانی شود (Habibi et al., 2020). سرمازدگی بر ظاهر میوه اثرگذار است و منجر به کاهش بازار پسندی محصول می‌شود. در شرایط سرمازدگی، بافت‌ها به دلیل اینکه قادر به انجام فرآیندهای متابولیسمی طبیعی نیستند، تخریب می‌شوند. تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مختلف و اختلال سلولی در گونه‌های حساس به سرمازدگی در واکنش به تنش سرمازدگی اتفاق می‌افتد. این تغییرات شامل تحریک تولید اتیلن، افزایش میزان تنفس، غیر فعال شدن آنزیم، اختلال غشاء و تغییر در ساختار سلولی است که منجر به توسعه علائم مختلف سرمازدگی مثل فرورفتگی پوست، رنگ پریدگی، ظاهر آبکی، از هم پاشیدگی درونی، قهوه‌ای شدن، رسیدن غیر یکنواخت، بد طعمی و پوسیدگی می‌شود (Patel et al., 2016). قرار گرفتن میوه در معرض تنش سرما واکنش‌هایی از جمله افزایش نشت یونی، پراکسید هیدروژن و محتوای مالون دی آلدهید که تأثیر نامطلوبی بر یکپارچگی و نفوذپذیری غشاء دارد را در پی دارد (Ge et al., 2019). هم‌چنین صدمه سرمازدگی باعث ایجاد تنش اکسیداتیو می‌شود و منجر به تجمع گونه‌های اکسیژن فعال می‌شود. تولید بیش از حد گونه‌های اکسیژن فعال باعث تجمع متابولیت‌های سمی و تخریب عملکردهای بیولوژیکی مولکول‌های زیستی از جمله لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (Ge et al., 2019). آسیب ناشی از قرارگرفتن میوه در معرض دمای نامناسب در طی حمل و نقل و پس از برداشت ممکن است منجر به تغییر در مکانیسم تولید اتیلن شود. به عنوان مثال، در خربزه هانی دیو، ACC (۱-آمینو سیکلو پروپان ۱-کربوکسیلاز) به عنوان پیش ساز تولید اتیلن در طی انبارمانی در دمای پایین تجمع پیدا کرد که نقش اتیلن در توسعه سرمازدگی را نشان می‌دهد. هم‌چنین گزارش شده است که رفتار فرازگرایی میوه را مستعد به سرمازدگی شدیدتر می‌کند (Pech et al., 2008).

از آنجاکه معمولا علائم سرمازدگی تا زمانی‌که محصولات داخل سردخانه نگه‌داری می‌شوند ظهور پیدا نمی‌کنند و پس از خروج از سردخانه و در زمان توزیع علائم ظهور پیدا می‌کنند کنترل یا کاهش صدمه سرمازدگی مشکل است (Yadav, 2010).

---

1. *Cucumis melo*
2. *Cucumis melo* var. *cantalupensis*
3. *Cucumis melo* var. *inodorus*
4. CMe-ACS1& CME-ACS5
5. CMe-ACO1

از جمله راهکارها برای کاهش صدمه سرمازدگی می‌توان به شرایط مناسب ذخیره سازی در انبارها (دما و زمان نگه‌داری)، استفاده از تیمارهای حرارتی، مواد شیمیایی و ارقام مقاوم اشاره کرد. تنوع زیاد بین گروه‌های مختلف ملون از نظر ویژگی‌های رشد گیاه، ویژگی‌های میوه و شباهت‌های ژنتیکی باعث می‌شود تلاقی بین ارقام ملون به راحتی انجام گیرد و انتقال صفات مرغوب بین ارقام مختلف به راحتی انجام شود (Alabboud & Kalantari, 2022). بنابراین، معرفی انواع جدید ملون با قابلیت انبارمانی بیشتر و پتانسیل حمل و نقل بهتر از جمله اهداف اصلی بهنژادگران ملون است. در این راستا گروه اینودوروس که شامل اکثر توده‌های خربزه با ماندگاری خوب است در تلاقی با سایر ملون‌ها مورد توجه است (Perpiñá et al., 2016)

به دلیل تأثیرات منفی سرمازدگی بر کیفیت محصول و نیز زیان‌های اقتصادی ناشی از آن، به حداقل رساندن این علائم و رسیدن به یک شرایط مناسب نگه‌داری در سردخانه ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به اهمیت تنش سرمازدگی، وجود تفاوت در حساسیت به سرما بین ملون‌ها و پژوهش‌های کمی که در مورد تأثیر دمای پایین نگه‌داری در ملون‌ها انجام گرفته است، این پژوهش با هدف شناسایی ملون‌های مقاوم‌تر به سرما انجام پذیرفت.

پیشینه پژوهش

تنوع زیاد در رفتارهای رسیدن و پس از برداشت ملون فرصت خوبی برای درک بهتر انبارمانی در دمای سرد است. ملون‌ها از نظر فرازگرایی و نافرازگرایی گروه‌های مختلفی را شامل می‌شوند: Reticulatus (فرازگرا، با شبکه بندی)، Cantalupensis (فرازگرا، بدون شبکه بندی)، Inodorus (نافرازگرا)، دستنبو و غیره. رفتار پس از برداشت در گروه‌های والد ملون و هیبریدهای بین آن‌ها بر اساس ویژگی‌های میوه و ارتباط آن‌ها با بیان ژن‌های آمینو سیکلو پروپین کربوکسیلات سینتتاز۱ (CMe-ACS1) و ژن‌های گیرنده اتیلن (CM-ETR2, CM-ETR1) در طول انبارمانی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بر اساس رفتار پس از برداشت ملون‌ها به چهار گروه با ماندگاری ضعیف تا عالی متمایز شدند و ملون‌های با بیان کم‌تر ژن‌های مورد بررسی (خاتونی، ژاپن، آبادان و برخی از هیبریدهای آن‌ها) ماندگاری بهتر و رفتار نافرازگرایی نشان دادند و سطوح بالاتر بیان ژن‌های مورد نظر در ملون‌های (دستنبو و هیبریدهای آن) ماندگاری کم‌تر و رفتار فرازگرایی نشان دادند (Alabboud & Kalantari, 2022). اطلاعات کمی در مورد مکانیسم ایجاد سرما در ملون در دسترس است. پیشنهاد شده است که آسیب به غشای پلاسمایی، تولید اتیلن و تنفس غیر طبیعی و سطح گونه‌های اکسیژن فعال اولین رویدادهای منجر به آن در ملون است (Fernández-Trujillo et al., 2008). به نظر می‌رسد که در موارد خاصی حساسیت میوه‌ها به سرمازدگی در طول انبار با دمای پایین به مرحله رسیدن بستگی دارد و در گونه‌های گیاهی متفاوت است. در موز میوه‌هایی که بیشتر به سرمازدگی حساس هستند از خوشه‌هایی که در مرحله رسیدگی پیشرفته هستند به دست می‌آیند. در آووکادو، خربزه هانی دیو و گوجه فرنگی تحمل به سرما در مراحل بعد از فرازگرایی، زمانیکه تولید اتیلن اتوکاتالیتیکی اتفاق می‌افتد و میوه‌ها در مراحل پایانی رسیدن هستند، بالاتر است که پیچیدگی بین تولید اتیلن و سرمازدگی را نشان می‌دهد (Sevillano et al., 2009). میوه نافرازگرای کدوی زوخینی نسبت به آسیب سرمازدگی بعد از برداشت حساس است و انبار سرد منجر به افزایش تولید اتیلن در میوه سرمازده می‌شود و حساسیت به سرما را افزایش می‌دهد (Megías et al., 2016). تکنولوژی‌های پس از برداشت (تیمار گرمایی و کاربرد ۱- متیل سیکلو پروپان) قبل از انبار سرد منجر به کاهش علائم سرمازدگی و تولید اتیلن شده است (Megías et al., 2016). تیمار آووکادو با ۱- متیل سیکلو پروپان با جلوگیری از حساسیت به اتیلن، مقاومت بالاتر نسبت به سرما ایجاد کرده است (Pesis et al., 2002). زمانی‌که میوه در معرض تنش سرما قرار می‌گیرد، تصور می‌شود که غشاهای سلولی (حسگر دمایی فرضی) با ایجاد سفتی غشاء و افزایش نفوذپذیری و نشت یونی و مالون دی آلدهید، محل اولیه آسیب هستند (Tang et al., 2021). افزایش در سطح مالون دی آلدهید نشان دهنده زوال مشخص یکپارچگی غشاء و فعال شدن پراکسیداسیون لیپیدی

1 *Cucurbita pepo*

در محصولات گیاهی است. تخریب اسیدهای چرب غیر اشباع چندگانه به دلیل پراکسیداسیون باعث تولید مالون دی آلدهید در همان زمان می‌شود که باعث سفتی غشاء و مرگ سلول می‌شود (Posmyk et al., 2005). افزایش محتوای مالون دی آلدهید در گیاهانی که در معرض دمای پایین قرار دارند، عموما با ظهور علائم سرمازدگی همراه است و یک رابطه مثبت بین شاخص سرمازدگی و نفوذپذیری غشاء و محتوای مالون دی آلدهید به ترتیب وجود دارد (Liu et al., 2010). افزایش معنادار در میزان نشت یونی و مالون دی آلدهید به دلیل نگه‌داری در سرما در میوه بلوبری (Wang et al., 2019)، طالبی (Wang et al., 2018) و انار (Garcia-Pastor et al., 2020) گزارش شده است.

در اثر تنش سرما تولید و تجمع گونه‌های اکسیژن فعال مثل، پراکسید هیدروژن (H2O2)، رادیکال‌های هیدروکسیل (HO•)، آنیون‌های سوپراکسید (O_2^-) و اکسیژن منفرد ($^1O_2$) افزایش می‌یابد که می‌تواند توسط آنزیم‌های آنتی اکسیدانی برای حفظ یکپارچگی و پایداری سلول حذف شود (Habibi et al., 2019). در گیاهان، سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی شامل، آنتی اکسیدان-های آنزیمی و غیر آنزیمی هستند. آنتی اکسیدان‌های غیر آنزیمی شامل، آسکوربات (AsA)، گلوتاتیون (GSH)، کاروتنوئیدها، فلاوون‌ها، توکوفرول‌ها، آنتوسیانین‌ها و غیره هستند. آنتی اکسیدان‌های آنزیمی شامل، سوپراکسید دیس موتاز ، کاتالاز ، آسکوربات پروکسیداز ، گلوتاتیون ردوکتاز و غیره هستند (Nahar et al., 2015; Surówka et al., 2020). در طالبی رقم گالیا آنزیم‌های سوپر اکسید دیس موتاز و پراکسیداز نقش کلی در پاسخ به دمای پایین با جلوگیری از گسترش سرمازدگی ایفا می‌کنند (Fogelman et al., 2011)

روش‌هایی مثل شستشو با آب گرم و تیمار با آب گرم به منظور کاهش سرما در میوه خربزه ذخیره شده در سرما، منجر به افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی شده است (Zhang et al., 2017b). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که محتوای بیشتر مواد احیا کننده مانند آسکوربات و گلوتاتیون که واسطه چرخه آسکوربات– گلوتاتیون هستند، ظرفیت حذف گونه‌های اکسیژن فعال را در میوه به دلیل کمک به حفظ بخش بندی سلولی افزایش می‌دهد (Wang et al., 2018). تیمارهای پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها با متیل سالیسیلات، متیل جاسمونات و ذخیره در اتمسفر با اکسیژن بالا، بیان ژن آلترناتیو اکسیداز[۲] را به عنوان یک ژن جلوگیری کننده از فعالیت گونه‌های اکسیژن فعال، افزایش می‌دهد و صدمه ناشی از تنش اکسیداتیو را کاهش می‌دهد (Sevillano et al., 2009).

فعالیت آنزیم کاتالاز به طور معناداری در میوه‌های گوجه فرنگی بعد از تیمار سرمازدگی در مقایسه با شاهد افزایش یافت (Imahori *et al*., 2016). گزارش شده است که صدمه سرمازدگی باعث تجمع پراکسید هیدروژن می‌شود. تعادل بین فعالیت آنزیم‌های از بین برنده پراکسید هیدروژن برای بقای سلول تحت شرایط تنش حیاتی است (Bassal & El-Hamahmy, 2011).

حساسیت ملون‌ها به سرمازدگی یک عامل محدودکننده در استفاده از دمای پایین به منظور حفظ کیفیت است. هم‌چنین به دلیل تنوع در بین گروه‌های مختلف ملون از نظر رفتار پس از برداشت و ماندگاری و حساسیت به سرمازدگی، معرفی ژنوتیپ‌های جدید با ویژگی‌های حفظ کیفیت و ماندگاری بیشتر در دمای پایین از اهداف مهم پژوهش است.

روش‌شناسی پژوهش

مواد گیاهی

بذرهای والدین انتخابی از گروه‌های ملون (شامل دستنبو، خربزه خاتونی، طالبی آبادان و طالبی ژاپن) و برخی هیبریدهای بین آن‌ها (خاتونی×آبادان، دستنبو×خاتونی و ژاپن×خاتونی) انتخاب و در گلخانه کشت شدند (جدول۱) . سپس نشاها پس از سه هفته در اوایل خرداد ماه سال‌های ۹۸و ۹۹ به زمین اصلی در مرکز تحقیقات گروه مهندسی علوم باغبانی انتقال یافتند.

1*Cucumis melo* var. *reticulatus*
2Alternative Oxidase

آزمایش در مزرعه و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. میوه‌ها از هفت ژنوتیپ مختلف در سه بلوک کشت و ۱۰ بوته در هر واحد آزمایشی، (در مجموع ۲۱۰ بوته) در نظر گرفته شد. مراقبت‌های زراعی لازم از جمله آبیاری به صورت قطره ای با استفاده از تیپ‌های پلاستیکی انجام شد و دفع علف‌های هرز نیز به صورت دستی انجام گرفت.

برداشت میوه‌ها در اوایل مرداد ماه آغاز شد. رسیدن میوه با ایجاد لایه جداشونده به میزان $\frac{1}{2}$ تا $\frac{3}{4}$ بین دم میوه و میوه یا ۴۲ روز پس از گرده افشانی در نمونه‌هایی که قادر به ایجاد لایه جداشونده نیستند تعیین شد. میوه‌ها بعد از برداشت به سردخانه گروه علوم باغبانی منتقل شدند و در سبدهای پلاستیکی قرار گرفتند. نگه‌داری در سردخانه در ۳ دمای مختلف (۱، ۴ و ۱۳ درجه سلسیوس) انجام گرفت. اندازه‌گیری صفات مورد نظر در زمان برداشت میوه (زمان صفر) و هر ۱۰ روز یکبار صورت گرفت. پس از انتقال به سردخانه آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار و پنج میوه برای هر تکرار در نظر گرفته شد. فاکتورها شامل، هفت ژنوتیپ ملون، سه دمای نگه‌داری و چهار زمان نگه‌داری بود.

جدول ۱. ویژگی‌های ملون‌های مورد بررسی

ملون	گروه	شکل	خاستگاه	رنگ گوشت	پوست	تصویر
آبادان	Cantaloupensis	گرد	آبادان	سفید	زرد	
دستنبو	Dudaim	گرد	کرمانشاه	سفید	زرد تیره با نقاط نارنجی بدون شبکه	
خاتونی	Inodorus	بیضی کشیده	مشهد	سبز کمرنگ	زرد کمرنگ با شبکه بندی	
ژاپن	Cantaloupensis	گرد	ژاپن	سبز	سبز با شبکه بندی	
خاتونی×آبادان	Hybrid	بیضی	کرج	سفید	زرد بدون شبکه بندی	
ژاپن×خاتونی	Hybrid	بیضی	کرج	سبز	سبز با شبک بندی	
دستنبو×خاتونی	Hybrid	بیضی	کرج	سفید	زرد با نقاط نارنجی بدون شبکه بندی	

درصد کاهش وزن

درصد کاهش وزن با اندازه‌گیری وزن اولیه و ثانویه انجام گرفت. و درصد کاهش وزن با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} \times 100 \qquad \text{رابطهٔ ۱)}$$

سفتی بافت میوه

سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی سنج (پنترومتر) در سه نقطه از سطح استوایی میوه و بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع محاسبه شد.

مواد جامد محلول کل

مواد جامد محلول کل توسط دستگاه قند سنج دستی (رفرکتومتر) به منظور بررسی میزان قند میوه اندازه گیری شد. مقدار درصد مواد جامد محلول کل بر اساس درجه بریکس بیان شد.

محتوای مالون دی آلدهید (MDA)

محتوای مالون دی آلدهید با کمی تغییر طبق روش (1981) ,.Dhindsa et al و بر اساس تیوباربیتوریک اسید اندازه‌گیری شد. جذب در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر قرائت گردید. مقدار مالون دی آلدهید از ضریب خاموشی ۱۵۵ m/M.cm محاسبه و برحسب نانو مول بر گرم وزن تازه محاسبه شد (رابطه ۲).

$$MDA = \frac{A532-A600}{0/155} \times 1000$$ رابطهٔ ۲)

در این رابطه: MDA محتوای مالون دی آلدهید و A میزان جذب در طول موج مشخص می باشد.

شاخص سرمازدگی

برای ارزیابی خسارت سرمازدگی تعداد پنج میوه از هر واحد آزمایشی انتخاب شدند. این میوه‌ها سپس به مدت ۷۲ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند. سپس، ارزیابی به صورت وجود خراش پوستی، فرورفتگی، پوسیدگی و بیماری مانند مشاهده کلونی‌های قارچ در سطح میوه‌ها انجام گرفت. به این صورت که سطح صفر بدون علائم سرمازدگی، سطح ۱ خسارت بسیار کم (کمتر از ۲۰ درصد)، سطح ۲ خسارت متوسط (از ۲۰ درصد تا ۵۰ درصد) و سطح ۳ خسارت شدید (بیش از ۵۰ درصد) در نظر گرفته شد. شاخص سرمازدگی بر اساس رابطه ۳ محاسبه گردید. در این رابطه CL شاخص سرمازدگی؛ N تعداد میوه‌ها با توجه به سطح خسارت و TFN تعداد کل میوه ها است (Yang et al., 2009; Lu et al., 2010).

$$Cl = \frac{\sum Scale \times N}{TFN}$$ رابطهٔ ۳)

فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی

برای سنجش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز ، پراکسیداز ، سوپراکسیددیس‌موتاز ، ۰/۱ گرم از بافت میوه در ۱ میلی لیتر بافر فسفات پتاسیم (pH= ۷/۸) حاوی ۲ میلی مولار اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA)، ۵ درصد وزنی/حجمی پلی واینیل پیرولیدون (PVP) و ۴۰۰ میکرولیتر تریتون ایکس ۱۰۰ همگن شد. فعالیت سوپراکسید دیس موتاز بر اساس کاهش مهار نیتروبلوتترازولیوم(NBT) تعیین شد. یک واحد از فعالیت سوپراکسید دیس موتاز به عنوان مقدار آنزیم مورد نیاز برای دستیابی به ۵۰ درصد کاهش مهار NBT در ۵۶۰ نانومتر تعریف شد (Wang et al., 2005) . فعالیت کاتالاز بر پایه روش (Pinhero et al., 1997) و بر اساس کاهش جذب پراکسید هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر اندازه گیری شد. فعالیت کاتالاز با استفاده از ضریب خاموشی معادل ۳۹/۴ میلی مولار بر سانتی‌متر و به صورت واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین به دست آمد (Fogelman et al., 2011). فعالیت پراکسیداز بر اساس افزایش جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر به دلیل تشکیل تتراگایاکول از گایاکول در حضور پراکسید هیدروژن با استفاده از ضریب خاموشی معادل ۲۶/۶ میلی مولار بر سانتی‌متر و به صورت واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین به دست آمد (Hammerschmidt et al., 1982).

محتوای پروتئین

محتوای پروتئین بر اساس روش (Bradford, 1976) به دست آمد.

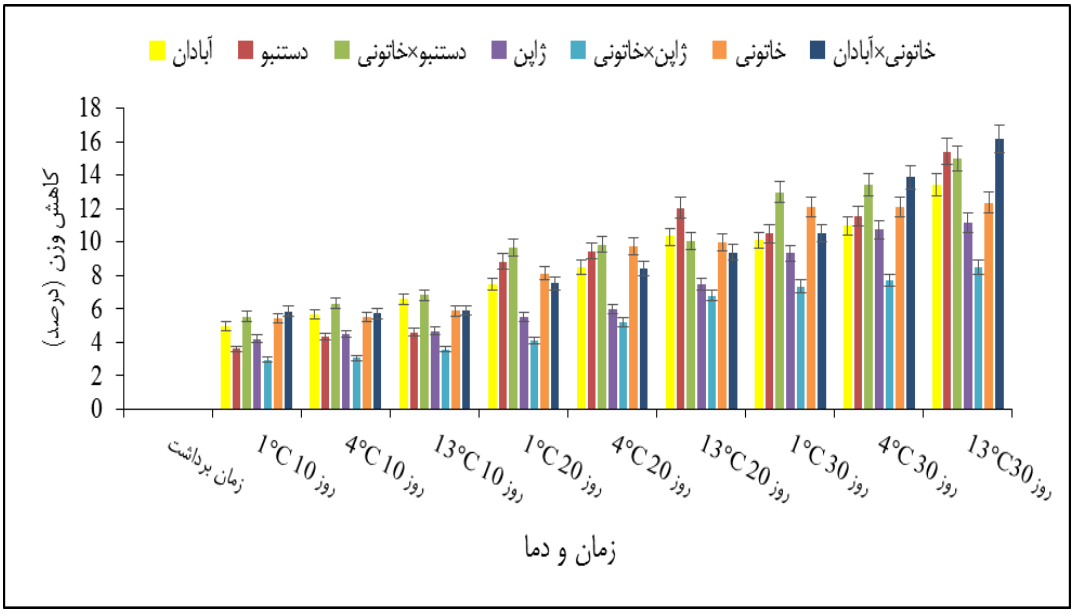
تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ و مقایسه میانگین توسط آزمون دانکن انجام گرفت. رسم نمودارها نیز با نرم افزار اکسل ۲۰۱۳ انجام شد.

یافته‌های پژوهش

درصد کاهش وزن

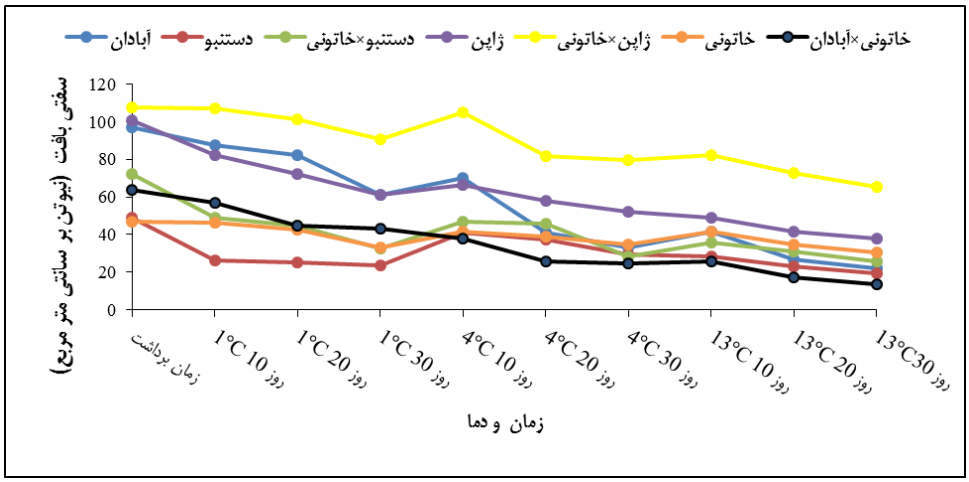
با گذشت زمان، درصد کاهش وزن در همه نمونه‌ها و در هر سه زمان افزایش داشت و میزان کاهش وزن در دمای ۱۳ درجه سلسیوس نسبت به دماهای یک و چهار درجه سلسیوس بیشتر بود. درصد کاهش وزن در انتهای دوره انبارمانی میوه افزایش معنادار داشت (شکل۱). درصد کاهش وزن در ژنوتیپ دستنبو بعد از۳۰ روز انبارمانی به ۱۰/۵ درصد در دمای یک درجه سلسیوس، ۱۱/۵۴درصد در دمای چهار درجه سلسیوس و ۱۵/۴درصد در دمای ۱۳ درجه سلسیوس رسید. در ژنوتیپ ژاپن×خاتونی که کم‌ترین کاهش وزن را نشان داد، درصد کاهش وزن در انتهای دوره انبارمانی به ۷/۲۵ درصد، ۷/۷۱ درصد و ۸/۵ درصد به ترتیب در دماهای یک، چهار و ۱۳ درجه سلسیوس رسید (شکل۱).



شکل۱. تغییرات درصد کاهش وزن ملون‌ها در طی انبارمانی (روز صفر، ۱۰، ۲۰و ۳۰) در دماهای (۱، ۴ و ۱۳ درجه سلسیوس)، (منبع:یافته‌های تحقیق)

سفتی بافت

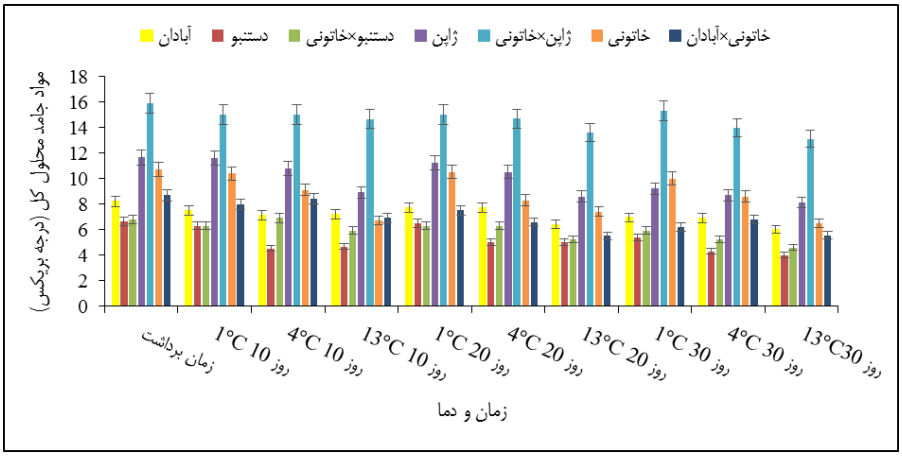
در تمام نمونه‌های ملون و در هر یک از دماهای یک، چهار و ۱۳ درجه سلسیوس و با گذشت زمان، میوه‌ها نسبت به روز صفر نرم‌تر شدند. در بین نمونه‌های ملون، بالاترین میزان سفتی مربوط به زمان برداشت و ژنوتیپ ژاپن×خاتونی بود. هم‌چنین کمترین میزان سفتی مربوط به ژنوتیپ‌های دستنبو و خاتونی×آبادان بود (شکل ۲). کاهش میزان سفتی در دمای ۱۳ درجه سلسیوس نسبت به دو دمای دیگر (یک و چهار درجه سلسیوس) با سرعت بیشتری اتفاق افتاد به طوریکه سفتی بافت ژنوتیپ ژاپن ×خاتونی از ۱۰۷/۶۷ نیوتن بر سانتی متر مربع در زمان برداشت به ۱۰۱/۴۹ نیوتون بر سانتی متر مربع در دمای یک درجه سلسیوس و ۶۵/۳۱ نیوتون بر سانتی متر مربع در دمای ۱۳ درجه سلسیوس بعد از گذشت ۳۰ روز رسید (شکل ۲). در هر زمان، دمای برداشت میوه‌ها بر سفتی بافت آن‌ها تأثیر گذار بود و با افزایش دما و نیز گذشت زمان، میوه‌ها به سمت نرم‌تر شدن رفتند. پایین‌ترین میزان سفتی بعد از گذشت سی روز، مربوط به ژنوتیپ خاتونی×آبادان در دمای ۱۳ درجه سلسیوس بود و میزان سفتی از ۶۳/۷۴ نیوتون بر سانتی متر مربع در روز صفر به ۱۳/۴۳ نیوتون بر سانتی متر مربع در روز ۳۰ رسید (شکل۲).



شکل۲. تغییرات سفتی بافت ملون‌ها در طی انبارمانی (روز صفر، ۱۰، ۲۰و ۳۰) در دماهای (۱، ۴ و ۱۳ درجه سلسیوس)، (منبع :یافته های تحقیق)

موادجامد محلول کل

تأثیر دما، زمان و نوع نمونه ملون بر میزان مواد جامد محلول معنی‌دار است. بالاترین میزان مواد جامد محلول در ژنوتیپ ژاپن×خاتونی (با مقدار ۱۵/۱۰درجه بریکس) و پایین‌ترین میزان آن در ژنوتیپ دستنبو (با مقدار ۵/۷۳ درجه بریکس) مشاهده شد. شکل۳ نیز نشان می‌دهد که در طول مدت انبارمانی، تغییرات مواد جامد محلول به صورت کاهشی است و این کاهش در ژنوتیپ‌های ژاپن×خاتونی و ژاپن ملایم‌تر و در ژنوتیپ‌های دستنبو و دستنبو×خاتونی شدیدتر است. در ژنوتیپ ژاپن×خاتونی، میزان کاهش مواد جامد محلول در دماهای یک و چهار درجه سلسیوس پس از ۳۰ روز نسبت به روز صفر، کمتر است. کاهش در مواد جامد محلول در دماهای یک و چهار درجه سلسیوس بعد از ۳۰ روز نسبت به دمای ۱۳ درجه سلسیوس، کم‌تر اتفاق افتاد همچنین، بیشترین کاهش در طول دوره انبارمانی ۳۰ روزه مربوط به نمونه دستنبو با ۳۹/۹۳ درصد نسبت به زمان برداشت در دمای ۱۳ درجه سلسیوس بود (شکل۳).

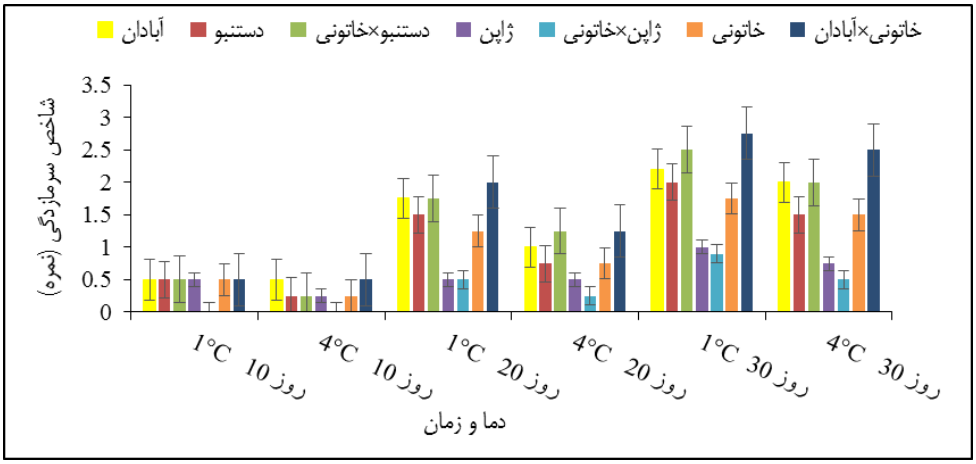


شکل۳. تغییرات مواد جامد محلول کل ملون‌ها در طی انبارمانی (روز صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰) در دماهای (۱،۴و ۱۳ درجه سلسیوس)، (منبع:یافته‌های تحقیق)

شاخص سرمازدگی

نتایج حاصل از ارزیابی میوه‌ها نشان داد که آسیب سرمازدگی به صورت معناداری در میوه‌های نگه‌داری شده در دمای یک درجه سلسیوس نسبت به میوه‌های نگه‌داری شده در دمای چهار درجه سلسیوس بیشتر بوده است (شکل۴). در دمای ۱۳ درجه

سلسیوس سرمازدگی مشاهده نشد ولی کاهش وزن شدید در این دما دیده شد. هم‌چنین با گذشت زمان، میزان خسارت ناشی از سرمازدگی افزایش یافت. در بین ملون‌ها، ژنوتیپ‌های ژاپن×خاتونی و ژاپن پایین‌ترین شاخص سرمازدگی را داشتند (شکل۴) و کم‌ترین آسیب ناشی از سرمازدگی در آن‌ها دیده شد (شکل۵). ژنوتیپ خاتونی×آبادان شاخص سرمازدگی بالاتری نسبت به سایر ملون‌ها نشان داد (شکل۴).



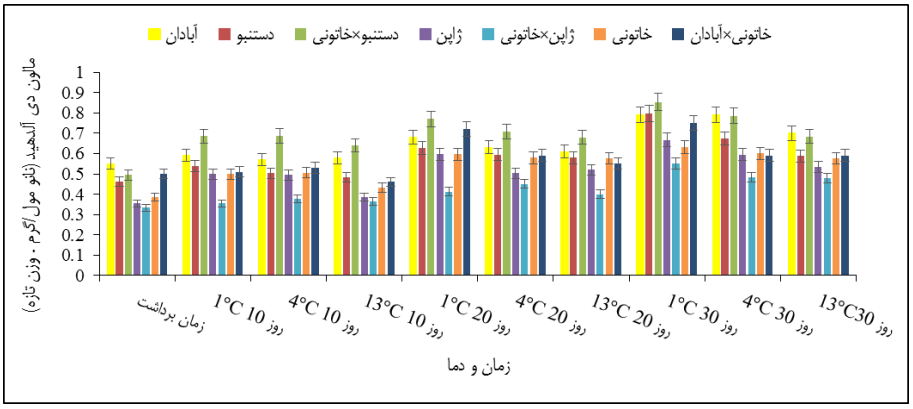
شکل۴. تغییرات شاخص سرمازدگی ملون‌ها در طی انبارمانی (روز صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰) در دماهای (۱، ۴ و ۱۳ درجه سلسیوس)، (منبع: یافته‌های تحقیق)

شکل ۵. خسارت سرمازدگی در ژنوتیپ‌های ملون (از بالا به پایین به ترتیب: زمان برداشت، یک درجه سلسیوس، چهار درجه سلسیوس بعد از ۳۰روز انبارمانی)(منبع: یافته‌های تحقیق)

محتوای مالون دی آلدهید (MDA)

مالون دی آلدهید یکی از شاخص‌های نشان دهنده آسیب به غشاست. نتایج آزمایش نشان داد که مالون دی آلدهید با گذشت زمان و افزایش طول دوره انبارمانی و افزایش آسیب به غشاء افزایش می‌یابد. در بین ملون‌ها، پایین‌ترین مقدار مالون دی آلدهید در روز صفر مربوط به ژنوتیپ‌های ژاپن×خاتونی و ژاپن بوده است. هم‌چنین بالاترین میزان آن نیز در ژنوتیپ دستنبو×خاتونی دیده شد، به طوریکه محتوای مالون دی آلدهید از ۰/۴۹۵ مول بر گرم وزن تازه در دروز صفر به ۰/۸۵۴ مول بر گرم وزن تازه در دمای یک درجه سلسیوس، ۰/۷۸۶ مول بر گرم وزن تازه در دمای چهار درجه سلسیوس و ۰/۶۸۴ مول بر

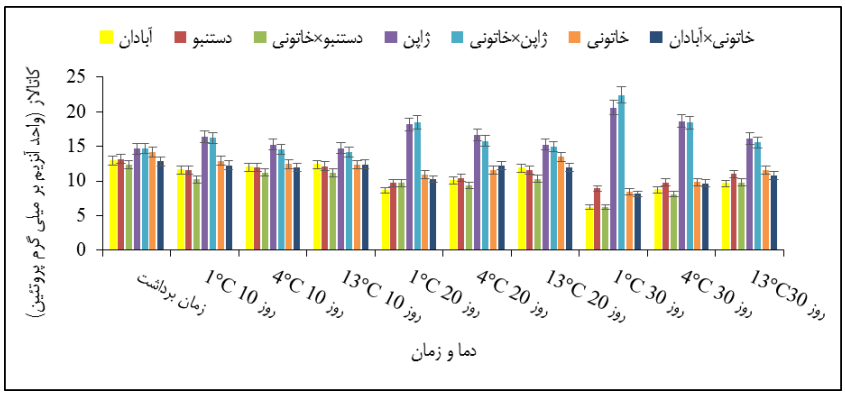
گرم وزن تازه در دمای ۱۳ درجه سلسیوس بعد از ۳۰ روز رسید (شکل۶). بعد از گذشت ۳۰ روز و در انتهای دوره انبارمانی، با وجود افزایش مالون دی آلدهیددر همه نمونه‌ها، ولی کم‌ترین مربوط به ژنوتیپ ژاپن×خاتونی بود و میزان آن از ۰/۳۳۴ مول بر گرم وزن تازه در روز صفر به ۰/۵۵۲ مول بر گرم وزن تازه در روز ۳۰ دمای یک درجه سلسیوس، ۰/۴۸۳ مول بر گرم وزن تازه در روز ۳۰ دمای چهار درجه سلسیوس و ۰/۴۷۹ مول بر گرم وزن تازه در روز ۳۰ دمای ۱۳ درجه سلسیوس رسید (شکل۶) که نشان دهنده آسیب کم‌تر به غشاء در این نمونه می‌باشد. در بین دماهای نگه‌داری نیز بیشترین مالون دی آلدهید مربوط به دماهای یک و چهار درجه سلسیوس بود (شکل۶).



شکل۶. تغییرات محتوای مالون دی آلدهید در ملون‌ها در طی انبارمانی (روزصفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰) در دماهای (۱، ۴ و ۱۳ درجه سلسیوس)، (منبع: یافته‌های تحقیق)

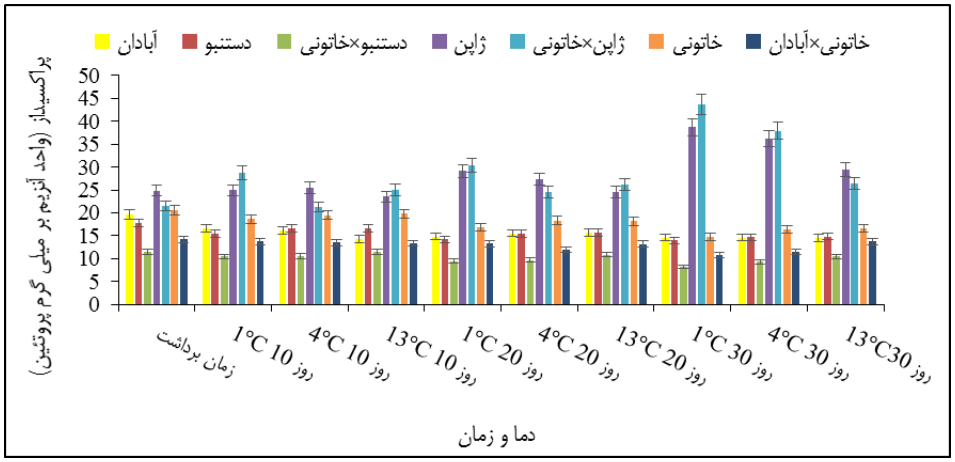
فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی

فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی شامل کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیس موتاز با گذشت زمان در نمونه‌های مختلف ملون تغییر کرد. تنش‌های محیطی بسته به شدت، مدت و نوع تنش باعث افزایش یا کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی در گیاهان می‌شوند. افزایش در فعالیت آنزیم کاتالاز در ژنوتیپ‌های ژاپن و ژاپن ×خاتونی بعد از گذشت سی روز از انبارمانی اتفاق افتاد (شکل۷). این افزایش در دمای یک درجه سلسیوس نسبت به دو دمای دیگر بیشتر بود. در سایر نمونه‌های ملون روند فعالیت آنزیم کاتالاز کاهشی بود و کاهش در یک درجه سلسیوس بیشتر اتفاق افتاد. سطح فعالیت آنزیم کاتالاز (۶/۱۹ واحد بر میلی گرم پروتئین) در ژنوتیپ آبادان بعد از گذشت سی روز در دمای یک درجه سلسیوس پایین بود (شکل۷). در ژنوتیپ خاتونی فعالیت آنزیم کاتالاز در دمای ۱۳ درجه سلسیوس در روز ۲۰ نسبت به روز ۱۰ افزایش یافت ولی با این حال نسبت به روز صفر کم‌تر بود (شکل۷).



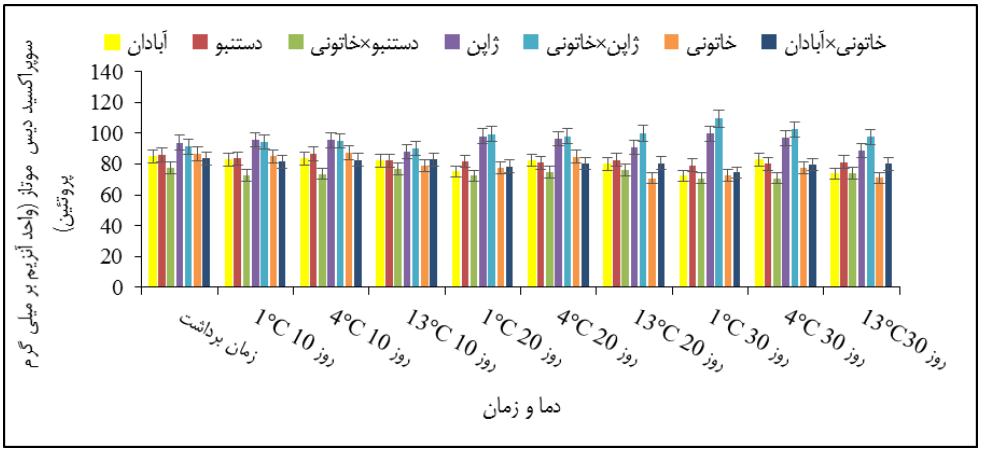
شکل۷. تغییرات در فعالیت آنزیم کاتالاز در ملون‌ها در طی انبارمانی (روز صفر، ۱۰، ۲۰ و۳۰) در دماهای (۱، ۴ و ۱۳ درجه سلسیوس)، (منبع:یافته‌های تحقیق)

فعالیت آنزیم پراکسیداز بعد از گذشت سی روز از انبارمانی در ژنوتیپ‌های ژاپن و ژاپن×خاتونی در هر سه دما افزایش یافت و افزایش در دماهای یک و چهار درجه سلسیوس بیشتر بود (شکل۸). میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در ژنوتیپ دستنبو ×خاتونی بعد از گذشت ۳۰ روز از انبارمانی در دمای یک درجه سلسیوس به پایین‌ترین سطح (۸/۱۴ واحد بر میلی گرم پروتئین) رسید در حالیکه در ژنوتیپ ژاپن×خاتونی بعد از گذشت ۳۰ روز در دمای یک درجه سطح فعالیت این آنزیم به ۴۳/۶۹ واحد بر میلی گرم پروتئین رسید که نشان می‌دهد میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در این دو ژنوتیپ تفاوت بسیار زیادی دارد (شکل۸). بالاترین و پایین‌ترین سطح آنزیم پراکسیداز به ترتیب درژنوتیپ‌های ژاپن×خاتونی و دستنبو×خاتونی دیده شد (شکل۸).



شکل۸. تغییرات در فعالیت آنزیم پراکسیداز در ملون‌ها در طی انبارمانی (روز صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰) در دماهای (۴،۱ و ۱۳ درجه سلسیوس)، (منبع:یافته‌های تحقیق)

آنزیم سوپراکسید دیس موتاز اولین سطح دفاعی را در برابر رادیکال‌های سوپر اکسید تشکیل می‌دهد. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیس موتاز نیز در طی زمان با تغییر همراه بود. در ژنوتیپ‌های خاتونی، آبادان، خاتونی×آبادان، دستنبو و دستنبو×خاتونی، روند به صورت کاهشی و در ژنوتیپ‌های ژاپن و ژاپن×خاتونی به صورت افزایشی بود (شکل۹). میزان فعالیت این آنزیم در ژنوتیپ خاتونی در دمای ۱۳ درجه سلسیوس نسبت به دماهای یک و چهار درجه سلسیوس کاهش بیشتری داشت. درژنوتیپ‌های ژاپن و ژاپن× خاتونی نیز، میزان فعالیت این آنزیم در دمای ۱۳ درجه سلسیوس بعد از سی روز، برخلاف آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز که در هر سه دما افزایش یافتند، کاهش یافت (شکل۹).



شکل۹. تغییرات در فعالیت آنزیم سوپراکسید دیس موتاز در ملون‌ها در طی انبارمانی (روز صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰) در دماهای (۴،۱ و ۱۳ درجه سلسیوس)، (منبع:یافته‌های تحقیق)

بحث

کاهش وزن، کاهش سفتی و نوسانات مواد جامد محلول کل از ویژگی‌های پس از برداشت در ملون‌های انبارمانی شده است و دما عامل اصلی تأثیرگذار بر این ویژگی‌ها در انبار سرد است. کاهش وزن در میوه به ساختار پوست و ماهیت موم روی سطح میوه مربوط می‌شود (Veraverbeke *et al*., 2003). از دست دادن رطوبت و کاهش وزن ناشی از آن در میوه‌ها با افزایش طول مدت انبارمانی، به دلیل از دست دادن آب و تنفس، افزایش می‌یابد. دمای پایین میزان فعالیت‌های بیوشیمیایی را کند می‌کند و باعث کاهش سرعت تنفس شده و کاهش وزن با سرعت کم‌تر اتفاق می‌افتد (Ghafir, 2009). در این پژوهش نیز درصد کاهش وزن در هر سه دما با افزایش همراه بوده است و در دمای بالاتر یعنی ۱۳ درجه سلسیوس با شدت بیشتری اتفاق افتاده است. ویژگی‌های میوه با تفاوت در کاهش وزن در طی انبارمانی مرتبط بود به طوریکه در ژنوتیپ‌های ژاپن و ژاپن×خاتونی که نافرازگزا هستند پوست و بافت‌های پریدرم زیرین ضخیم‌تر بوده و تبخیر آب را مسدود می‌کند. در مقابل ژنوتیپ‌های دستنبو و دستنبو×خاتونی که فرازگرا هستند و پوست نازک‌تر دارند، افت وزن بیشتری داشتند. کاهش وزن ناشی از تعرق در طی انبارمانی در خربزه هامی ملون (Wang *et al*., 2018) و خربزه[1] هانی دیو (Supapvanich *et al*., 2011) نیز گزارش شده است.

تجزیه پلی ساکاریدهای ساختمانی به ویژه همی سلولز و پکتین منجر به نرم شدن و کاهش سفتی بافت میوه در طی انبارمانی می‌شود. کاهش سفتی به طور مستقیم با فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی مرتبط است (Brummell & Harpster, 2001). کاهش در میزان سفتی در دماهای پایین‌تر با شیب ملایم‌تر اتفاق می افتد. در یافته‌های حاصل از پژوهش ما نیز دیده شد که ملون‌هایی که در دماهای پایین (یک وچهار درجه سلسیوس) نگه‌داری شدند نسبت به آنهائی‌که در دمای ۱۳ درجه سلسیوس بودند، بعد از گذشت ۳۰ روز، میزان سفتی بافت در آن‌ها بیشتر بود و هم‌چنین سفتی بافت در انتهای دوره انبارمانی با کاهش معنی‌دار همراه بود. گزارش شده است که در ملون‌های ذخیره شده در دماهای بالاتر کاهش در میزان سفتی شدیدتر است (Ning *et al*., 2019). سفتی هامی ملون‌ها قبل از انبارمانی بالاتر بوده و در طی انبار به تدریج کاهش یافته است و میزان سفتی ملون‌هایی که در دمای سه درجه سلسیوس بودند نسبت به آن‌هاییکه در ۲۱ درجه سلسیوس ذخیره شده بودند، به آرامی کاهش پیدا کرد (Wang *et al*., 2018). یکی از شایع‌ترین مشکلات میوه خربزه، نرم شدن در طی دوره نگه‌داری است که عامل اصلی تعیین کننده کیفیت میوه و عمر پس از برداشت است. انواع فرازگرا ملون، کاهش شدید در سفتی بافت نشان می‌دهند و سرکوب تولید اتیلن در انواع تراریخته ملون، کاهش شدید در نرم شدن نشان داد با این حال نرم شدن ادامه پیدا کرد که نشان می‌دهد نرم شدن شامل هردو مؤلفه وابسته و مستقل از اتیلن است و به غیر از اتیلن وجود یک جزء مستقل از اتیلن (آنزیم‌های تخریب کننده دیواره سلولی) در آن نقش دارد (Pech *et al*., 2008). از بین رفتن بافت معمولا به از دست دادن فشار تورژسانس، تخریب غشاء و جداشدن دیواره سلولی مربوط می‌شود. رابطه بین از دست دادن سفتی و تغییر پلیمرهای پکتین و سایر اجزای دیواره سلولی در میوه ملون گزارش شده است (Villanueva *et al*., 2004).

مواد جامد محلول و اسیدهای آلی ویژگی های مهم کیفی هستند که در متابولیسم انرژی و تحمل تنش در میوه دخیل هستند (Borsani *et al*., 2009) . مواد جامد محلول به طور کلی ترکیبی از قندها و اسیدهای آلی هستند که در طی بلوغ میوه افزایش می‌یابد ودر طی دوره ذخیره سازی در فرآیند تنفس سلولی مصرف شده و میزان آن کاهش می‌یابد (Damyar & Dastjerdi, 2014). کاهش در میزان مود جامد محلول در پژوهش ما نیز در طول دوره نگه‌داری میوه و در تمام ملون‌ها مشاهده شد. دلیل کاهشی بودن روند مواد جامد محلول در طول دوره انبارمانی این است که قند حاصل از شکسته شدن پلی ساکارید، وارد فرآیند تنفس می‌شود. انرژی مورد نیاز متابولیسم میوه از طریق فرآیند تنفس حاصل می‌شود و قند به طور مدام اکسید می‌شود (Nasr *et al*., 2022). در دمای پایین با کند شدن تنفس و تبدیل نشاسته به قند، روند کاهش مواد جامد محلول کندتر اتفاق می‌افتد. بالاتر بودن میزان مواد جامد محلول باعث می‌شود که فرآیند زوال میوه با سرعت کم‌تر اتفاق بیفتد و مقاومت

1 *Cucumis melo* var. saccharinus

در برابر تنش را افزایش دهد همانطور که در پژوهش ما نیز ملون‌های "ژاپن" و "ژاپن×خاتونی" که مواد جامد محلول در آن‌ها بالاتر بود، تحمل به سرمای بیشتری هم داشتند. قندهای احیایی (گلوکز و فروکتوز) و غیراحیایی (ساکارز) در بخش‌های مختلف گوشت میوه ملون تجمع می‌یابد و به تدریج در میوه‌های برداشت شده در طی انبارمانی کاهش می‌یابند (Iqbal *et al*., 2019). کاهش در میزان مواد جامد محلول در طی انبارمانی توسط (Beaulieu & Lea, 2007; Fallik *et al*., 2005) نیز گزارش شده است. مواد جامد محلول کل در خربزه هانی دیو در دمای ۲۷ درجه سلسیوس تا روز ۷ افزایش یافت و پس از آن تا روز ۲۱ کاهش یافت (Supapvanich *et al*., 2011).

یکی از بحرانی‌ترین مشکلات در طول دوره نگه‌داری در دمای پایین، سرمازدگی است. محصولاتی که به سرمازدگی حساس هستند اغلب عمر انبارمانی کوتاهی دارند زیرا دمای پایین نمی‌تواند برای به تأخیر انداختن فساد و رشد پاتوژن‌ها به کار رود. تولید اتیلن توسط انواع مختلفی از تنش‌ها مثل زخم‌های مکانیکی، دما (سرمازدگی، یخ زدگی، دمای بالا) و شیمیایی (اکسین، حشره کش‌ها) تحریک می‌شود (Hong & Gross, 2000). اتیلن با گسترش سرمازدگی در ارتباط است. نظر رایج پذیرفته شده، همبستگی مثبت بین فرازگرایی با افزایش تولید اتیلن و اختلالات ناشی از آن (مانند سرمازدگی) است. در این پژوهش سرمازدگی در دمای یک درجه سلسیوس نسبت به چهار درجه سلسیوس با شدت بیش‌تری اتفاق افتاد و در دمای ۱۳ درجه سلسیوس سرمازدگی مشاهده نشد. ژنوتیپ‌های نافرازگرای ژاپن و ژاپن×خاتونی پایین‌ترین شاخص سرمازدگی را نشان دادند و کیفیت ظاهری این ملون‌ها پس از گذشت ۳۰ روز نسبت به سایر ملون‌ها قابل قبول‌تر بود. در مقابل ژنوتیپ‌های فرازگرای دستنبو و دستنبو×خاتونی شاخص سرمازدگی بالاتری را نشان دادند. همبستگی‌های ژنتیکی ممکن است به درک ارتباط بین برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی محاسبه شده از رفتار فرازگرایی و حساسیت به سرمازدگی کمک کند با این حال به طور قطع یک رابطه منحصر به فرد بین ژن‌های فرازگرایی و سرمازدگی ایجاد نمی‌کند. در مجموع هرچه رفتار فرازگرایی بیشتر باشد، تلفات بیشتر است. با این حال استثنائاتی نیز وجود دارد (Fernández-Trujillo *et al*., 2008). ژنوتیپ ملون نافرازگرای رقم pielde sapo الگویی مشابه با لاین ایزوژنیک 5M5 فرازگرا در اختلالات سرمازدگی نشان داد که نشان می‌دهد اثرات دیگری غیر از الگوی فرازگرایی مانند ویژگی‌های پوست ملون یا حساسیت به اتیلن در ژنوتیپ‌های نافرازگرا می‌تواند بر شروع سرمازدگی اثر بگذارد (Fernández-Trujillo *et al*., 2008). تلاقی بین دو رقم ملون نافرازگرای Pielde Sapo و Charmi PI SongWhan 161375 ، ملون با ویژگی فرازگرا ایجاد کرد که نشان دهنده پیچیدگی تنظیم ژنتیکی در ویژگی فرازگرایی است (Eduardo *et al*., 2007). بادمجان نافرازگرا که درزمان برداشت اتیلن به مقدار کم تولید می‌کند با شدید شدن صدمه سرمازدگی بعد از ۶ روز افزایش در تولید اتیلن نشان داد و بعد از آن اتیلن به سطح اول بازگشت که نشان دهنده نقش هورمون اتیلن در توسعه سرمازدگی است. تنش‌های محیطی مثل تنش سرما، منجر به کمبود آب می‌شود که می‌تواند تنش اسمزی را در سلول‌های گیاهی ایجاد کند (Lozano-Juste *et al*., 2020). خروج آب از سلول‌های گیاهی از طریق اسمز، باعث می‌شود تا غشای سلول و محتویات آن از دیواره سلولی سخت دور شده و فشار تورژسانس کاهش یابد (پدیده پلاسمولیز) و در نتیجه باعث ایجاد حفره و نرم شدن پوست ملون می‌شود (Wang *et al*., 2020). افزایش آسیب سرمازدگی و فرورفتگی در اپیدرم خربزه هامی ملون با افزایش مدت نگه‌داری در دمای پایین اتفاق افتاد (Huang *et al*., 2023). قرار گرفتن میوه در معرض تنش سرما واکنش‌هایی از جمله افزایش نشت یونی، پراکسید هیدروژن و محتوای مالون دی آلدهید را به دنبال دارد که تأثیر نامطلوبی بر یکپارچگی و نفوذپذیری غشاء دارد (Habibi *et al*., 2020).

غشاها محل اولیه توسعه سرمازدگی هستند. غشای بافت سرد شده تحت یک انتقال فاز از یک ساختار مایع–کریستالی به یک ساختار ژل–جامد قرار می‌گیرد .نشت یونی و مالون دی آلدهید به عنوان شاخص‌های آسیب به غشاء در نظر گرفته می‌شوند و وقوع سرمازدگی و از بین رفتن یکپارچگی غشاء را منعکس می‌کند. مالون دی آلدهید محصول حاصل از پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع در غشای سلول است که به عنوان یک شناساگر پراکسیداسیون چربی عمل می‌کند (Mo *et al*., 2008). هم‌چنین افزایش معنادار در محتوای مالون دی آلدهید به دلیل نگه‌داری در سرما در بلوبری نیز گزارش شده است

(Wang *et al*., 2019). محتویات مالون دی آلدهید و نفوذپذیری غشای سلولی که منعکس کننده درجه آسیب به غشای سلولی است در خربزه هامی ملون تحت شرایط دمای پایین افزایش یافت (Huang *et al*., 2023). در پژوهش حاضر نیز افزایش در محتوای مالون دی آلدهید در طی نگه‌داری در دمای پایین در ملون‌ها مشاهده شد. در ژنوتیپ‌های ژاپن و ژاپن×خاتونی با شاخص سرمازدگی پایین‌تر، محتوای مالون دی آلدهید نیز کم‌تر بود. در ارقام کدو سبز تحت تنش سرما نشان داده شد که ارقامی که تحمل به سرمای بالاتری داشتند، اتیلن ناشی از سرمازدگی کم‌تری تولید کردند و تجمع مالون دی آلدهید و پراکسید هیدروژن کم‌تری داشتند (Carvajal *et al*., 2018).

تنش اکسیداتیو ناشی از گونه‌های اکسیژن فعال اضافی با ظهور آسیب سرمازدگی در میوه مرتبط است. گونه‌های اکسیژن فعال اضافی می‌توانند باعث پراکسیداسیون لیپید، آسیب به غشاء و متعاقب آن پیری در میوه شوند. بنابراین گیاهان باید برای جلوگیری از اثرات مضر آن‌ها توسط یک سیستم آنتی اکسیدانی محافظت شوند (Cao *et al*., 2011).

بررسی‌های انجام شده نشان داده‌اند که مقاومت به سرمای میوه‌های برداشت شده می‌تواند از طریق افزایش فعالیت سیستم آنتی اکسیدانی و کاهش پراکسیداسیون لیپیدها، افزایش یابد. ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه‌ها و سبزی‌ها با فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیس موتاز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز و هم‌چنین ترکیبات غیر آنزیمی مثل ترکیبات فنولی، آسکوربیک اسید و کاروتنوئیدها مرتبط است. شرایط تنش و پیری منجر به تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود. ترکیبات آنتی اکسیدانی با دادن الکترون به رادیکال‌های آزاد اکسید می‌شوند و در نتیجه آسیب گونه‌های اکسیژن فعال را کاهش می‌دهند (Gil *et al*., 2000). هنگامیکه گیاهان در معرض دمای پایین قرار می‌گیرند، زنجیره انتقال الکترون تمایل به تشکیل رادیکال سوپراکسید دارد که بسیار واکنش‌پذیر و خطرناک است و توسط سوپراکسید دیس موتاز به پراکسید هیدروژن تبدیل می‌شوند. آنزیم سوپراکسید دیس موتاز اولین سطح دفاعی را در برابر رادیکال‌های سوپر اکسید تشکیل می‌دهند (Fogelman *et al*., 2011).

پراکسید هیدروژن توسط عمل آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز به آب و اکسیژن تبدیل می‌شود (Shu *et al*., 2020). کاتالاز یکی از اولین و اصلی‌ترین آنزیم‌های آنتی اکسیدانی است که در پاسخ به تنش اکسیداتیو فعال می‌شود. یک سنجش روی گوجه‌فرنگی اصلاح ژنتیکی شده با استفاده از راهکار تبدیل ژنتیکی نشان داد که ایزوفرم کاتالاز یک عنصر کلیدی در سیستم-های آنتی اکسیدانی است (Suzuki & Mittler, 2006). در این پژوهش افزایش در فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیس موتاز و پراکسیداز در "ژاپن" و "ژاپن×خاتونی" در دماهای نگه‌داری و در طی دوره ۳۰ روزه انبارمانی اتفاق افتاد و در این نمونه‌ها میزان مقاومت به سرمازدگی نیز بالاتر بود. هم‌چنین در ملون‌های "دستنبو×خاتونی" و "خاتونی×آبادان" با فعالیت پایین‌تر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، میزان حساسیت به سرما نیز بالاتر بود. افزایش در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در بهبود مقاومت به سرما در هامی ملون نقش داشته است (Zhang., *et al*., 2017a). نتایج در خربزه گالیا نشان داد که فعالیت گلوتاتیون ردوکتاز و کاتالاز در تحمل به سرما نقش دارند (Fogelman *et al*., 2011). افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز،سوپراکسید دیس موتاز و آسکوربات پراکسیداز نقش مهمی در سم زدایی گونه‌های اکسیژن فعال و کاهش سرمازدگی کدو ایفا می‌کنند (Zheng *et al*., 2008). کاهش سطح پراکسید هیدروژن، آنیون سوپر اکسید و محتوای مالون دی آلدهید منجر به کاهش پراکسیداسیون لیپید می‌شود و بنابراین با حفظ یکپارچگی و ساختار غشاء، تحمل به سرمازدگی در میوه افزایش می‌یابد (Song *et al*., 2009).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بررسی شرایط مناسب انبارمانی، به ویژه دمای مناسب، هنگام معرفی انواع جدید ملون حائز اهمیت است. در این پژوهش ژنوتیپ‌های ملون در سه دمای، یک، چهار و ۱۳ درجه سلسیوس نگه‌داری شدند. ارزیابی ویژگی‌های کیفی نشان داد که به

طور کلی دماهای پایین‌تر در حفظ کیفیت ملون‌ها مؤثر بوده است. در دمای ۱۳ درجه سلسیوس افت شدید کیفیت ملون‌ها مشاهده شد و دمای مناسبی جهت نگه‌داری ملون‌ها نبود. دمای یک و چهار درجه سلسیوس منجر به حفظ سفتی و کاهش وزن کم‌تر شد. با توجه به تفاوت در حساسیت به سرما در بین ژنوتیپ‌ها، ژاپن و ژاپن ×خاتونی را می‌توان حتی تا سی روز در دمای یک درجه سلسیوس نگه‌داری کرد. در مورد سایر ژنوتیپ‌های ملون مورد بررسی در این پژوهش با توجه به کاهش بازار پسندی و اثر سرمازدگی بر ظاهر و کیفیت میوه‌ها در انتهای دوره انبارمانی، دمای چهار درجه سلسیوس حداکثر تا ۲۰ روز و دمای یک درجه سلسیوس تا ۱۰ روز، شرایط کیفی بهتری را ایجاد می‌کند. خربزه ایرانی به عنوان یک ماده با ارزش در پرورش ملون‌ها برای اهداف پس از برداشت گزارش شده است. این نوع خربزه نسبت به طالبی سفت تر است و حمل و نقل را بهتر تحمل می‌کند (Alabboud *et al*., 2020). گزارش‌ها نشان دادند که خربزه خاتونی در تلاقی با سایر گروه‌های دیگر این گونه، انواع جدیدی را با ویژگی‌های امید بخش پس از برداشت به وجود آورده است و بررسی رفتار پس از برداشت این هیبریدهای بین گروهی در دماهای مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است (Shajari *et al*., 2021). در بین والدها، دستنبو و هیبرید حاصل از آن، دستنبو×خاتونی، با ویژگی فرازگرایی از لحاظ ویژگی‌های کیفی و ماندگاری ضعیف‌ترین بودند و دستنبو×خاتونی نیز عملکرد ضعیف‌تری نسبت به والدین خود (دستنبو و خاتونی) نشان داد. هیبرید خاتونی×آبادان فرازگرا نیز نسبت به والدهای خود آبادان و خاتونی نافرازگرا که ماندگاری و عملکرد نسبتا خوبی را داشتند، عملکرد ضعیف‌تری داشت. در مقابل والد ژاپن و هیبرید حاصل از آن، ژاپن×خاتونی، با ویژگی نافرازگرایی بهترین کیفیت را در بین ملون‌ها داشتند و هیبرید ژاپن×خاتونی نسبت به والدین (ژاپن و خاتونی) کیفیت بهتر و با ۸ درصد سرمازدگی کم‌ترین آسیب سرمازدگی را نشان داد. هم‌چنین، این دو ژنوتیپ دارای مقادیر بالاتری از مواد جامد محلول کل و سفتی بافت هستند که نشان دهنده ساختار سلولی بهتری است. همچنین، محتوای کمتری از مالون دی آلدهید دارند که نشان می‌دهد کاهش تولید رادیکال‌های آزاد و خسارت اکسیداتیو در سلول‌های گیاهی آن‌ها کم‌تر است. همچنین، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در این ملون‌ها بالاتر است، که نشان دهنده توانایی بیشتر در تنظیم تعادل اکسیداتیو–آنتی‌اکسیدانی در برابر تنش سرما است.

نتایج نشان می‌دهد که تاثیر سرمازدگی بر روی گیاهان و ملون‌ها به عوامل مختلفی بستگی دارد، از جمله نوع گیاه، مدت زمان سرمازدگی و دما. در این پژوهش ژنوتیپ‌های ژاپن و ژاپن×خاتونی با ویژگی‌های کیفی مناسب (کاهش وزن کم، موادجامد محلول بالا و سفتی بالاتر) و رفتار نافرازگرایی و هم‌چنین فعالیت بالاترآنزیم‌های آنتی اکسیدانی، قابلیت نگه‌داری طولانی‌تر در دمای پایین را با کم‌ترین علائم ظاهری ناشی از سرمازدگی به ترتیب با ۱۰ و ۸ درصد دارند.

استفاده از دمای مناسب انبارمانی، توجه به رفتار پس از برداشت (فرازگرایی و نافرازگرایی)، اصلاح به منظور تولید ژنوتیپ-های جدید با قابلیت انبارمانی خوب و حساسیت کم‌تر به سرمازدگی از جمله موارد مؤثر در افزایش قابلیت نگه‌داری ملون‌ها در انبار سرد است. ضمن اینکه وجود سیستم آنتی اکسیدانی کارآمد به منظور کاهش اثر خسارت اکسیداتیو ناشی از تنش سرما، در افزایش تحمل به سرما نقش دارد. با توجه به وجود پیچیدگی بین تنظیم ژن‌های مرتبط با سرمازدگی و ویژگی‌های فرازگرایی و نافرازگرایی و تولید اتیلن، بررسی‌های مولکولی در مورد ملون‌های مورد مطالعه مورد نیاز می‌باشد.

منابع

دامیار, سیما و دستجردی, رعنا. (۱۳۹۳). تغییرات کیفیت میوه سیب رقم گالا در مرحله رسیدگی و مدت انبارمانی. یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی، ۳(۳)، ۱۷۹-۱۸۹.

REFRENCES

Alabboud, M., Soltani, F. & Kalantari, S. (2022). Expression of CMe-ACS1 and ethylene receptor genes in melon F1 progenies under cold storage condition. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 24 (6),1443-1456.

Alabboud, M., Kalantari, S., & Soltani, F. (2020). Analysis of general and specific combining ability of postharvest attributes in melon. *Journal of Agricultural Science and Technology, 22*(6), 1523-1535 .

Alabboud, M., Kalantari, S., & Soltani, F. (2022). Postharvest performance interpretation and storage temperature optimization in some newly introduced melon hybrids. *Advances in Horticultural Science*, *36*(1), 27-36 .

Bassal, M., & El-Hamahmy, M. (2011). Hot water dip and preconditioning treatments to reduce chilling injury and maintain postharvest quality of Navel and Valencia oranges during cold quarantine. *Postharvest Biology and Technology, 60*(3), 186-191 .

Beaulieu, J. C., & Lea, J. M. (2007). Quality changes in cantaloupe during growth, maturation, and in stored fresh-cut cubes prepared from fruit harvested at various maturities. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *132*(5), 720-728 .

Borsani, J., Budde, C. O., Porrini, L., Lauxmann, M. A., Lombardo, V. A., Murray, R., Andreo, C. S., Drincovich, M. F., & Lara, M. V. (2009). Carbon metabolism of peach fruit after harvest: changes in enzymes involved in organic acid and sugar level modifications. *Journal of Experimental Botany*, *60*(6), 1823-1837 .

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, *72*(1-2), 248-254 .

Brummell, D. A., & Harpster, M. H. (2001). Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Molecular Biology*, *47*, 311-339 .

Cao, S., Yang, Z., Cai, Y., & Zheng, Y. (2011). Fatty acid composition and antioxidant system in relation to susceptibility of loquat fruit to chilling injury. *Food Chemistry, 127*(4), 1777-1783 .

Carvajal, F., Rosales, R., Palma, F., Manzano, S., Cañizares, J., Jamilena, M., & Garrido, D. (2018). Transcriptomic changes in Cucurbita pepo fruit after cold storage: differential response between two cultivars contrasting in chilling sensitivity. *BMC Genomics*, 19(125), 1-16 .

Damyar, S., & Dastjerdi, R.(2014). Evaluation of fruit quality changes in apple cultivar Gala, related to ripening stage and storage time. *Research achievement for field and horticultural crops*, 3,3 (3), 179-189. (In Persian)

Dhindsa, R .S., Plumb-Dhindsa, P., & Thorpe, T. A. (1981). Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany*, *32*(1), 93-101 .

Eduardo, I., Arús, P., Monforte, A. J., Obando, J., Fernández-Trujillo, J. P., Martínez, J. A., Alarcón, A. L., Álvarez, J. M., & van der Knaap, E. (2007). Estimating the genetic architecture of fruit quality traits in melon using a genomic library of near isogenic lines. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *132*(1), 80-89 .

Fallik, E., Shalom, Y., Alkalai-Tuvia, S., Larkov, O., Brandeis, E., & Ravid, U. (2005). External, internal and sensory traits in Galia-type melon treated with different waxes. *Postharvest Biology and Technology*, *36*(1), 69-75 .

FAOSTAT (2021). *Food and Agriculture Organization of the United Nations In FAO*. Rome, Italy

Fernández-Trujillo, J. P., Obando-Ulloa, J. M., Martínez, J. A., Moreno, E., García-Mas, J., & Monforte, A. J. (2008). Climacteric and non-climacteric behavior in melon fruit: 2. Linking climacteric pattern and main postharvest disorders and decay in a set of near-isogenic lines. *Postharvest Biology and Technology, 50*(2-3), 125-134 .

Fogelman, E., Kaplan, A., Tanami, Z., & Ginzberg, I. (2011). Antioxidative activity associated with chilling injury tolerance of muskmelon (Cucumis melo L.) rind. *Scientia Horticulturae*, *128*(3),

267-273 .

Garcia-Pastor, M. E., Serrano, M., Guillen, F., Zapata, P. J., & Valero, D. (2020). Preharvest or a combination of preharvest and postharvest treatments with methyl jasmonate reduced chilling injury, by maintaining higher unsaturated fatty acids, and increased aril colour and phenolics content in pomegranate. *Postharvest Biology and Technology*, *167*, 111226 .

Ge, W., Kong, X., Zhao, Y., Wei, B., Zhou, Q., & Ji ,S. (2019). Insights into the metabolism of membrane lipid fatty acids associated with chilling injury in post-harvest bell peppers. *Food Chemistry*, *295*, 26-35 .

Ghafir, S. A. (2009). Physiological and anatomical comparison between four different apple cultivars under cold-storage conditions. *Acta Biologica Szegediensis*, *53*(1), 21-26 .

Gil, M. I., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M., & Kader, A. A. (2000). Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *48*(10), 4581-4589 .

Habibi, F., Ramezanian, A., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Serrano, M., & Valero, D. (2020). Susceptibility of blood orange cultivars to chilling injury based on antioxidant system and physiological and biochemical responses at different storage temperatures. *Foods*, *9*(11), 1609 .

Habibi, F., Ramezanian, A., Rahemi, M., Eshghi, S., Guillén, F., Serrano, M., & Valero, D. (2019). Postharvest treatments with γ-aminobutyric acid, methyl jasmonate, or methyl salicylate enhance chilling tolerance of blood orange fruit at prolonged cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *99*(14), 6408-6417 .

Hammerschmidt, R., Nuckles, E., & Kuć, J. (1982). Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to Colletotrichum lagenarium. *Physiological Plant Pathology*, *20*(1), 73-82 .

Huang, S., Bi, Y., Li, H., Liu, C., Wang, X., Wang, X., Lei, Y., Zhang, Q., & Wang, J. (2023). Reduction of membrane lipid metabolism in postharvest Hami melon fruits by n-butanol to mitigate chilling injury and the cloning of phospholipase D-β gene. *Foods*, *12*(9), 1904 .

Imahori, Y., Bai, J., & Baldwin, E. (2016). Antioxidative responses of ripe tomato fruit to postharvest chilling and heating treatments. *Scientia Horticulturae*, *198*, 398-406 .

Iqbal, M., Bibi, F., Naeem, M., Khan, M., & Khan, R. (2019). Effect of various temperatures on the postharvest quality and storage life of persimmon fruit. *Journal of Postharvest Technology*, *7*, 9-24 .

Liu, Y., Jiang, H ,.Zhao, Z., & An, L. (2010). Nitric oxide synthase like activity-dependent nitric oxide production protects against chilling-induced oxidative damage in Chorispora bungeana suspension cultured cells. *Plant Physiology and Biochemistry*, *48*(12), 936-944 .

Lozano-Juste, J., Alrefaei, A. F., & Rodriguez, P. L. (2020). Plant osmotic stress signaling: MAPKKKs meet SnRK2s. *Trends in Plant Science*, *25*(12), 1179-1182 .

Lu, J., Charles, M. T., Vigneault, C., Goyette, B., & Raghavan, G. V. (2010). Effect of heat treatment uniformity on tomato ripening and chilling injury. *Postharvest Biology and Technology*, *56*(2), 155-162 .

Megías, Z., Martínez, C., Manzano, S., García, A., del Mar Rebolloso-Fuentes, M., Valenzuela, J. L., Garrido, D., & Jamilena, M. (2016). Ethylene biosynthesis and signaling elements involved in chilling injury and other postharvest quality traits in the non-climacteric fruit of zucchini (Cucurbita pepo). *Postharvest Biology and Technology*, *113*, 48-57 .

Mo, Y., Gong, D., Liang, G., Han, R., Xie, J., & Li., W. (2008). Enhanced preservation effects of sugar apple fruits by salicylic acid treatment during post-harvest storage. *Journal of the Science*

of Food and Agriculture, *88*(15), 2693-2699 .

Nahar, K., Hasanuzzaman, M., Alam, M., & Fujita, M. (2015). Roles of exogenous glutathione in antioxidant defense system and methylglyoxal detoxification during salt stress in mung bean. *Biologia Plantarum*, *59*, 745-756 .

Nasr, F., Razavi, F., Rabiei, V., Gohari, G., Ali, S., & Hano, C. (2022). Attenuation of chilling injury and improving antioxidant capacity of persimmon fruit by arginine application. *Foods*, *11*(16), 2419 .

Ning, M., Tang, F., Zhang, Q., Zhao, X., Yang, L., Cai, W., & Shan, C. (2019). The quality of Gold Queen Hami melons stored under different temperatures. *Scientia Horticulturae, 243*, 140-147 .

Patel, B., Tandel, Y., Patel, A., & Patel, B. (2016). Chilling injury in tropical and subtropical fruits: A cold storage problem and its remedies: A review. *International Journal of Science, Environment and Technology, 5*(4), 1882-1887 .

Pech, J.-C., Bouzayen, M., & Latché, A. (2008). Climacteric fruit ripening: ethylene-dependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit. *PlantScience*, *175*(1-2), 114-120 .

Perpiñá, G., Esteras, C., Gibon, Y., Monforte, A. J., & Picó, B. (2016). A new genomic library of melon introgression lines in a cantaloupe genetic background for dissecting desirable agronomical traits. *BMC Plant Biology*, *16*(1), 1-21 .

Pesis, E., Ackerman, M., Ben-Arie, R., Feygenberg, O., Feng, X., Apelbaum, A., Goren, R., & Prusky, D. (2002). Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, *24*(2), 171-181 .

Pinhero, R. G., Rao, M. V., Paliyath, G., Murr, D. P., & , Fletcher., R. A. (1997). Changes in activities of antioxidant enzymes and their relationship to genetic and paclobutrazol-induced chilling tolerance of maize seedlings. *Plant Physiology*, *114*(2), 695-704 .

Posmyk, M. M., Bailly, C., Szafrańska, K., Janas ,K. M., & Corbineau, F. (2005). Antioxidant enzymes and isoflavonoids in chilled soybean (Glycine max (L.) Merr.) seedlings. *Journal of Plant Physiology*, *162*(4), 403-412 .

Saladié, M., Cañizares, J., Phillips, M. A., Rodriguez-Concepcion, M., Larrigaudière ,C., Gibon, Y., Stitt, M., Lunn, J. E., & Garcia-Mas, J. (2015). Comparative transcriptional profiling analysis of developing melon (Cucumis melo L.) fruit from climacteric and non-climacteric varieties. *BMC Genomics*, *16*(1), 1-20 .

Sevillano, L., Sanchez-Ballesta, M. T., Romojaro, F., & Flores, F. B. (2009). Physiological, hormonal and molecular mechanisms regulating chilling injury in horticultural species. Postharvest technologies applied to reduce its impact. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *89*(4), 555-573 .

Shajari, M., Soltani, F., Bihamta, M. R., & Alabboud, M. (2021). Genetic analysis and inheritance of floral and fruit traits in melon (Cucumis melo) in the full diallel cross. *Plant Breeding*, *140*(3), 486-496 .

Shu, P., Min, D., Ai ,W., Li, J., Zhou, J., Li, Z., Zhang, X., Shi, Z., Sun, Y., & Jiang, Y. (2020). L-Arginine treatment attenuates postharvest decay and maintains quality of strawberry fruit by promoting nitric oxide synthase pathway. *Postharvest Biology and Technology*, *168, 111253.*

Song, L., Gao, H., Chen, H., Mao, J., Zhou, Y., Chen, W., & Jiang, Y. (2009). Effects of short-term anoxic treatment on antioxidant ability and membrane integrity of postharvest kiwifruit during storage. *Food Chemistry*, *114*(4), 1216-1221 .

Supapvanich, S., Boon-Lha, K., & Mhernmee, N. (2011). Quality attribute changes in intact and fresh-cut honeydew melon (Cucumis melo var. inodorus) cv.'Honey World'during storage.

Kasetsart Journal - Natural Science, *45*(5), 874-882 .

Surówka, E., Potocka, I ,.Dziurka, M., Wróbel-Marek, J., Kurczyńska, E., Żur, I., Maksymowicz, A., Gajewska, E., & Miszalski, Z. (2020). Tocopherols mutual balance is a key player for maintaining Arabidopsis thaliana growth under salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, *156*, 369-383.

Suzuki, N., & Mittler, R. (2006). Reactive oxygen species and temperature stresses: a delicate balance between signaling and destruction. *Physiologia Plantarum*, *126*(1), 45-51 .

Tang, C., Xie, J., Lv, J., Li, J., Zhang, J., Wang, C., & Liang, G .(2021). Alleviating damage of photosystem and oxidative stress from chilling stress with exogenous zeaxanthin in pepper (Capsicum annuum L.) seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, *162*, 395-409 .

Veraverbeke, E. A., Verboven, P., Van Oostveldt, P., & Nicolaï, B. M. (2003). Prediction of moisture loss across the cuticle of apple (Malus sylvestris subsp. Mitis (Wallr.) during storage: part 1. Model development and determination of diffusion coefficients. *Postharvest Biology and Technology*, *30*(1), 75-88.

Villanueva, M., Tenorio, M., Esteban, M., & Mendoza, M. (2004). Compositional changes during ripening of two cultivars of muskmelon fruits. *Food Chemistry*, *87*(2), 179-185 .

Wang, J., Mao, L.C., Li, X.W., Lv, Z., Liu, C.H,., Huang, Y.Y., & Li, D.D. (2018). Oxalic acid pretreatment reduces chilling injury in Hami melons (Cucumis melo var. reticulatus Naud.) by regulating enzymes involved in antioxidative pathways. *Scientia Horticulturae*, *241*, 201-208 .

Wang, J., Zhang, Z., Wu, J., Han, X., Wang–Pruski, G., & Zhang, Z. (2020). Genome-wide identification, characterization, and expression analysis related to autotoxicity of the GST gene family in Cucumis melo L. *Plant Physiology and Biochemistry*, *155*, 59-69 .

Wang, Y.-S., Tian, S.-P., & Xu, Y. (2005). Effects of high oxygen concentration on pro-and anti-oxidant enzymes in peach fruits during postharvest periods. *Food Chemistry*, *91*(1), 99-104 .

Wang, Y., Ji, S., Dai, H., Kong, X., Hao, J., Wang, S., Zhou, X., Zhao, Y., Wei, B., & Cheng, S. (2019). Changes in membrane lipid metabolism accompany pitting in blueberry during refrigeration and subsequent storage at room temperature. *Frontiers in Plant Science*, *10*, 829 .

Yadav, S. K. (2010). Cold stress tolerance mechanisms in plants. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *30*(3), 515-527 .

Yang, J., FU, M. R., Zhao, Y. Y., & Mao L. C. (2009). Reduction of chilling injury and ultrastructural damage in cherry tomato fruits after hot water treatment. *Agricultural Sciences in China*, 8(3), 304-310.

Zhang, T., Che, F., Zhang, H., Pan, Y., Xu, M., Ban, Q., Han, Y., & Rao, J. (2017a). Effect of nitric oxide treatment on chilling injury, antioxidant enzymes and expression of the CmCBF1 and CmCBF3 genes in cold–stored Hami melon (Cucumis melo L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *127*, 88-98 .

Zhang, T., Zhang, Q., Pan, Y., Che, F., Wang, Q., Meng, X., & Rao, J. (2017b). Changes of polyamines and CBFs expressions of two Hami melon (Cucumis melo L.) cultivars during low temperature storage. *Scientia Horticulturae*, *224*, 8-16 .

Zheng, Y., Fung, R. W., Wang, S. Y., & Wang, C. Y. (2008). Transcript levels of antioxidative genes and oxygen radical scavenging enzyme activities in chilled zucchini squash in response to superatmospheric oxygen. *Postharvest Biology and Technology*, *47*(2), 151-158 .