Iranian Journal of Biosystem Engineering ISNN: 2423-7841
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

The effect of forced air pre–cooling on dill shelf life

Maryam Ravaghi[1]✉ | Azarakhsh Azizi[2] | Leila Behbahani[3]

1. Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. E-mail: m.ravaghi@areeo.ac.ir
2. Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. E-mail: a.azizy@yahoo.com
3. Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. E-mail: leila_behbahani@yahoo.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Dec. 4, 2023

Revised: Jan. 24, 2024

Accepted: Feb. 12, 2024

Published online: Summer 2023

Keywords:
Cold chain,
Loss,
Packaging,
Vegetable,
Waste

ABSTRACT

Proper management of post-harvest systems is one of the most crucial steps in reducing agricultural losses and waste. This study was aimed to find the effect of forced air pre-cooling of dill using a window air conditioner on its shelf life. For this purpose, a metal frame with dimensions of 2×1×1 m was covered with a polyethylene foam sheet and a window air conditioner (after removing its thermostat) equipped with a controller was connected to one end of this chamber. In the next step, bunches of dill without packaging and the cardboard packaging with polyethylene liner were placed in three different conditions, including without pre-cooling and keeping at ambient temperature, with pre-cooling and keeping at ambient temperature, with pre-cooling and keeping under refrigeration. The results showed that during 4 days of storage, bunches of dill kept at ambient temperature had more total loss (50-60%) but after that, packaging caused severe loss (100%) due to moisture accumulation. If cold storage and packaging was ignored after pre-cooling, total loss would increase swiftly. For this reason pre-cooled dill with proper packaging and refrigeration showed the least amount of total loss (8.95±1.03%), physiological water loss (5.16±1.78%), pH (6.16±0.16), a*(-20.29±1.45) and the highest amount of moisture content (87.60±3.76), hardness (764±50 N), ascorbic acid (2.74±0.05 mg. g-1 of dill dry weight basis), total acceptance (4.1±0.65), L* (43.44±6.39), and b* (20.09±4.31).

Cite this article: Ravaghi, M., Azizi, A., & Behbahani, L. (2024). Construction of precooling unit by window air conditioner and its efficiency on increasing dill shelf life, *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 54 (2), 81-95. https://doi.org/10.22059/ijbse.2024.369139.665532

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijbse.2024.369139.665532

مجله مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۴، شماره ۲ شاپا: ۷۸۴۱-۲۴۲۳
Homepage: http://ijbse.ut.ac.ir

اثر پیش‌خنک کردن با روش دمش هوای سرد بر ماندگاری شوید

مریم رواقی[۱]✉ | آذرخش عزیزی[۲] | لیلا بهبهانی[۳]

۱. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. رایانامه: m.ravaghi@areeo.ac.ir

۲. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. رایانامه: a.azizy@yahoo.com

۳. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. رایانامه: leila_behbahani@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۱۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳
تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۲

واژه‌های کلیدی:
بسته‌بندی،
تلفات،
زنجیره سرد،
سبزی،
ضایعات،

چکیده

مدیریت صحیح پس از برداشت یکی از مهم‌ترین مراحل در کاهش تلفات و ضایعات کشاورزی است. این پژوهش به منظور بررسی اثر یک پیش‌خنک‌کن ساده با امکانات موجود و در دسترس به خصوص برای کشاورزان مناطق گرم اجرا شد و کارایی آن در کنار سردخانه‌گذاری و بسته‌بندی برای محصول شوید ارزیابی گردید. بدین منظور یک چارچوب فلزی با ابعاد ۱×۱×۲ متر با فوم پلی‌اتیلن پوشانده شد و یک کولر گازی مجهز به کنترل‌کننده به یک انتهای محفظه متصل گردید. شوید بدون بسته‌بندی یا پس از بسته‌بندی در کارتن دارای آستر پلاستیکی در سه شرایط متفاوت بدون پیش‌خنک کردن و نگهداری در محیط، با پیش‌خنک کردن و نگهداری در محیط و با پیش‌خنک کردن و نگهداری در سردخانه قرار گرفت. نتایج نشان داد طی ۴ روز اول نگهداری، شویدی که بدون بسته‌بندی در دمای محیط نگهداری شود تلفات بیشتری (۵۰-۶۰ درصد) داشت اما پس از آن بسته‌بندی به دلیل تجمع رطوبت باعث افزایش ناگهانی تلفات (۱۰۰ درصد) شد. چنانچه مرحله پیش‌خنک‌کردن بدون اعمال سردخانه‌گذاری رها شود، مقدار تلفات افزایش خواهد یافت. بدین‌ترتیب شوید پیش‌خنک شده که در یک زنجیره درست و پس از بسته‌بندی در سردخانه قرار گرفت دارای کمترین مقدار تلفات کل (۸/۱±۹۵/۰۳ درصد)، افت آب فیزیولوژیک (۵/۱±۱۶/۷۸ درصد)، pH (16/0±16/6)، a^* (۲۰/۱±۲۹/۴۵-) و بیشترین مقدار رطوبت (۸۷/۳±۶۰/۷۶ درصد)، سفتی (۵۰±۷۶۴)، اسید آسکوربیک (۲/۰±۷۴/۰۵ میلی‌گرم به ازای گرم وزن خشک شوید)، پذیرش کلی (۴/۰±۱۰/۶۵)، L^* (۴۳/۶±۴۴/۳۹) و b^* (۲۰/۴±۰۹/۳۱) بود.

استناد: رواقی، مریم؛ عزیزی، آذرخش؛ و بهبهانی، لیلا (۱۴۰۳). ساخت دستگاه پیش‌خنک‌کن با کولرگازی و بررسی کارایی آن در افزایش ماندگاری شوید، *مجله مهندسی بیوسیستم ایران*، ۵۴ (۲)، ۹۵-۸۱. https://doi.org/10.22059/ijbse.2024.369139.665532

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijbse.2024.369139.665532

مقدمه

پرداختن به مسائل پس از برداشت و صنایع تبدیلی به عنوان موتور محرک بخش کشاورزی، پیامدهای مهمی به ترتیب در بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی دربرداشته است که البته اهمیت مؤلفه‌های اقتصادی بیش از سایر موارد است (کرمی و همکاران، ۱۳۹۸). با توجه به سند چشم‌انداز بیست ساله کشور، دستیابی به عرضه باثبات مواد غذایی و تأمین امنیت غذایی جامعه یکی از مهم‌ترین اولویت‌های راهبردی ملی است که باید با رویکردی نو در زنجیره تأمین فرآورده‌های غذایی مورد توجه قرارگیرد (فاطمی امین و همکاران، ۱۳۹۳). سالانه مقدار قابل‌ملاحظه‌ای از محصولات تولیدی در صنایع مختلف کشاورزی و غذایی در زنجیره تأمین خود به علل مختلفی اعم از فرآیندهای متابولیکی، تنش‌های فیزیکی و غیره به تلفات تبدیل می‌شوند. در زنجیره تأمین محصولات غذایی اگر اقدامات مؤثر در مراحل ابتدایی‌تر زنجیره، اجرایی شود هزینه کمتر و اثربخشی بیشتری خواهند داشت بدین‌ترتیب اگر اقدامات از سر مزرعه و بلافاصله پس از برداشت اجرا شوند کارایی بیشتری دارند (Góral et al., 2014). دما بیشترین تأثیر را در حفظ کیفیت محصول تازه دارد. در دماهای بالا، فعالیت تنفسی افزایش یافته و منجر به رسیدگی سریع و فساد میوه خواهد شد. پیش‌خنک کردن، جزء اولین اقدامات پس از برداشت است که اجرای آن نقش مهمی در کاهش تلفات و افزایش ماندگاری و همچنین کاهش بار سرمایشی در سردخانه دارد (Dehghannya et al., 2011). این مرحله شامل حذف گرمای مزرعه از محصول تازه برداشت شده با هدف کاهش فعالیت‌های فیزیولوژیکی، میکروبی و همچنین کاهش سرعت تنفس است (امامی فر، ۱۳۹۳). یک دمای محیطی کم، در کل زنجیره سرمایی پس از برداشت، اهمیت فراوانی در افزایش کیفیت میوه‌ها و سبزی‌ها و انبارمانی آنها دارد. تأخیر در خنک کردن محصول، سبب تخریب بیشتر آن و کاهش پذیرش آن توسط مشتری خواهد شد (Chen et al., 2020).

فناوری‌های متعددی برای پیش‌خنک کردن مانند اتاق خنک، پیش‌خنک کردن با دمش هوای سرد، پیش‌خنک کردن با یخ، پیش‌خنک کردن با آب و پیش‌خنک کردن تحت خلاء وجود دارد که هر کدام مزایا و معایب خاص خود را دارند (Gross et al., 2016). برخی از روش‌ها مانند پیش‌خنک کردن تحت خلأ کارایی و سرعت بالایی دارند اما هزینه اولیه زیادی را می‌طلبند که برای بسیاری از کشاورزان مقدور نیست. به همین دلیل امروزه روش‌های ساده بسیاری متناسب با امکانات و بضاعت مالی کشاورزان توسعه یافته است. در بسیاری از کشورهای کم درآمد استفاده از سیستم‌هایی که با تبخیر آب عملیات پیش‌خنک‌کردن را انجام می‌دهند، مورد توجه قرار گرفته‌است. با این‌وجود چنین روش‌هایی در مناطق با دسترسی محدود به منابع آبی و در مناطق شرجی کاربرد ندارند. به علاوه معمولاً دسترسی به دماهای استاندارد و ضروری برای پیش‌خنک‌کردن محصولات کشاورزی نیز محقق نمی‌شود (Jarman et al., 2023). زمان لازم برای رسیدن دمای محصول به نصف یا هفت‌هشتم اختلاف دمای اولیه محصول با دمای محیط سردخانه (دمای بهینه نگهداری محصول) به عنوان زمان‌های استاندارد در صنعت سرد کردن شناخته می‌شوند. این دو زمان مستقل از دمای اولیه محصول هستند و در فرایند سرد کردن ثابت می‌مانند. زمان هفت‌هشتم بسیار نزدیک به دمای نگهداری یا جابجایی آن است و پس از این مرحله محصول به سردخانه منتقل می‌شود تا مابقی دما با صرف انرژی کمتر در سردخانه از محصول خارج شود (امامی فر، ۱۳۹۶).

استفاده از اتاق خنک مجهز به دستگاه هوشمند کاهش دما در مجاورت مزارع کشور رواندا مورد بررسی قرار گرفته است. بدین‌منظور اتاق‌های ۳×۴ متر به ارتفاع ۲/۵ متر با مواد بسیار ساده و پس از عایق‌بندی برای پیش‌خنک‌کردن ساخته شد. این روش در صورت عدم دسترسی به سایر امکانات سرمایشی، حتی برای نگهداری موقت گوجه نیز توصیه شده است (Nshizirungu et al., 2019).

پیش‌خنک‌کردن با کاهش دمای محصول باعث حفظ بهتر تازگی طی زمان می‌شود به طوری‌که بادنجان پیش‌خنک شده با آب سرد ۷ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه، تا ۱۴ روز و ۲۰ دقیقه به مدت ۱۸ روز ماندگاری خواهد داشت در حالی‌که نمونه‌های شاهد تنها ۵ روز قابلیت نگهداری دارند (Sari et al., 2018). استفاده از مخلوط آب سرد و یخ با دمای ۵ درجه سلسیوس برای پیش‌خنک‌کردن جعفری به دلیل جذب رطوبت باعث افزایش تازگی شد. جعفری پیش خنک شده همراه با نمونه شاهد (بدون پیش‌خنک کردن) در سردخانه ۵ درجه سلسیوس به مدت ۷ روز قرار گرفت. نتایج نشان داد جعفری پیش خنک شده پس از ۴۲ ساعت نگهداری در سردخانه ۵ درجه سلسیوس و نمونه شاهد پس از۳۰ ساعت دچار ۱۰ درصد افت رطوبت و پلاسیدگی شد. جعفری پیش‌خنک شده ضایعات کمتری نسبت به نمونه شاهد حین نگهداری داشت (Alvares et al., 2005). وجود آب اضافی پس از پیش‌خنک‌کردن با آب ممکن است خود باعث تسریع فساد شود (Makule et al., 2022).

استفاده از دمش هوای سرد یکی از پر کاربردترین روش‌ها برای پیش‌خنک کردن محصولات کشاورزی است. از آن‌جا که دسترسی به تجهیزات سرمایش مکانیکی اغلب گران است، استفاده از تجهیزات ساده در اولویت قرار دارد. وجود پتانسیل‌های مناسب کشت سبزی

در استان خوزستان و لزوم توجه به امنیت غذایی و سودآوری ارزی در کشور از یک سو و امکانات محدود و توسعه‌نیافته سردسازی در این مناطق از سوی دیگر باعث شد تا در این پژوهش اثر یک دستگاه پیش‌خنک‌کن ساده با امکانات موجود، بررسی شود به نحوی که بتواند دمای محصول را پیش از سردخانه‌گذاری یا حمل به کمک وسایل نقلیه سردخانه‌دار، تا حد قابل قبولی کاهش دهد. به علاوه اثر این پیش‌خنک‌کن بر عمر نگهداری شوید نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

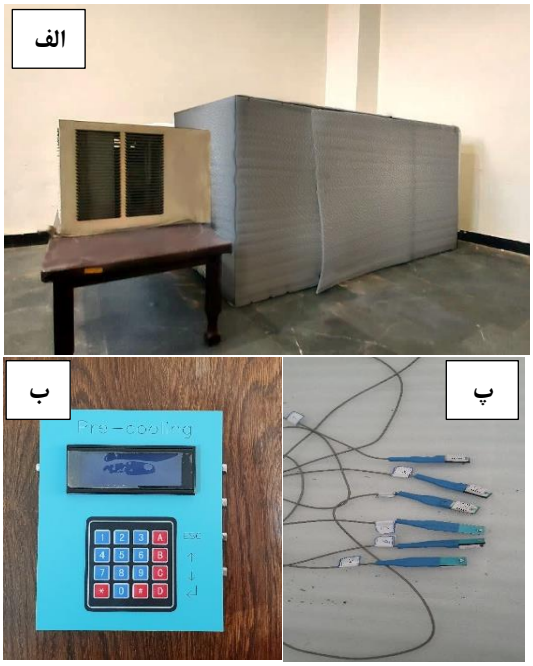
مواد و روش‌ها

مواد

شوید (Anethum graveolens L.) واریته کریستال پس از برداشت دستی توسط کشاورز، از روستای سید حسین موسوی واقع در ۲۵ کیلومتری شهر اهواز خریداری شد و پس از قرار دادن در کارتن‌های سربسته به سرعت به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان منتقل گردید. فاصله زمانی برداشت و اجرای تیمارها کمتر از یک ساعت بود. مواد بسته‌بندی اعم از سبد پلاستیکی ۱۰ کیلوگرمی، کارتن و پلاستیک پلی‌اتیلن از بازار خریداری شد. دو ماده متافسفریک اسید و ایندوفنل از شرکت سیگما و سایر مواد شیمیایی از شرکت Merck (Darmstadt, Germany) برای آزمون‌های شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت.

ساخت محفظه پیش‌خنک‌کن

یک چارچوب فلزی با استفاده از نبشی گالوانیزه پانچدار به ابعاد ۱×۱×۲ متر ساخته شد و اطراف آن فوم پلی‌اتیلن (به عنوان یک عایق ارزان قیمت) به ضخامت یک سانتی‌متر کشیده شد. یک دریچه در انتها (برای نصب کولرگازی) و یک دریچه برای قرار دادن و برداشتن محصول کنار محفظه در نظر گرفته شد (شکل ۱الف). یک کولر گازی ۱۸۰۰۰ Btu/h با برند جنرال برای پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. در ابتدا ترموستات کولر خارج و به بیرون محفظه پیش‌خنک‌کن منتقل گردید. ترموستات قطعه‌ای در کولرگازی است که وظیفه قطع و وصل کردن جریان برق را بر عهده دارد. روند کاری این قطعه به این ترتیب است که وقتی دمای کولر گازی بالا آمد، با وصل شدن جریان برق، کمپرسور شروع به کار می‌کند و دمای محیط را خنک می‌کند. با خروج این قطعه از کولر و محفظه، کولر گازی به طور پیوسته کار می‌کند. یک کنترل کننده مجهز به ۸ حس‌گر اندازه‌گیری دما و رطوبت در مسیر جریان برق ورودی کولر قرار گرفت (شکل ۱ب و ۱پ). با تنظیم دستگاه روی یک عدد مشخص (در اینجا ۴ درجه سلسیوس) و بلافاصله پس از رسیدن دمای محفظه به دمای تعیین شده برق قطع می‌شد. این کار مانع از آسیب دیدن محصول حین خنک کردن می‌شود.



شکل ۱. دستگاه پیش‌خنک‌کن (الف)؛ دستگاه کنترل (ب)؛ حس‌گرها (پ)

بررسی شرایط پیش‌خنک کردن

شوید درون سبدهای پلاستیکی ۱۰ کیلوگرمی و ۶ حس‌گر در وسط ۶ سبد مختلف بین شویدها قرار گرفت. تعداد سبدهای در نظر گرفته شده برای طول، عرض و ارتفاع به ترتیب ۳×۲×۲ سبد بود. سبدها روی پالت به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر قرار گرفت. ابعاد داخلی هر سبد ۱۹×۲۸×۴۸ سانتی‌متر و ابعاد خارجی آن ۲۰×۳۰×۵۰ سانتی‌متر به ترتیب از نظر طول و عرض و ارتفاع بود. فاصله بین ردیف سبدها با یکدیگر ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. افزون بر ۶ حس‌گر داخل سبدهای شوید، یک حس‌گر داخل محفظه و یک حس‌گر خارج از محفظه نیز قرار گرفت. دمای حس‌گرها طی زمان هر دو دقیقه یکبار ثبت گردید و دمای نصف و هفت‌هشتم با رسم نمودار دما طی زمان تعیین شد. محصول پس از رسیدن به دمای هفت‌هشتم از محفظه پیش‌خنک‌کن خارج شد.

بسته‌بندی و سردسازی محصول

در مرحله بعد محصول در دو حالت بدون بسته‌بندی و در بسته‌بندی کارتن دارای پلاستیک پلی‌اتیلنی (کارتن با آستر پلاستیک پلی‌اتیلن) در سه شرایط بدون پیش‌سردکردن و نگهداری در دمای محیط، با پیش‌سرد کردن و نگهداری در دمای محیط، با پیش‌سرد کردن و نگهداری در سردخانه با دمای ۲±۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۴۵/۵ درصد بررسی شد.

آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی

برای بررسی شرایط سردسازی و بسته‌بندی محصول نمونه‌ها از نظر درصد تلفات کل طی ۱۲ روز (هر دو روز یکبار) مورد ارزیابی قرار گرفت. درصد کل تلفات مجموع تلفات ناشی از پوسیدگی، تلفات فیزیولوژیک، افت رطوبت و تلفات مکانیکی است. سفتی بافت، رطوبت، pH عصاره، رنگ، ویتامین ث و ارزیابی حسی در زمان صفر،۲، ۴ ، ۶ روز بررسی شد. برای بررسی سفتی از دستگاه آنالیز بافت (Texture Analyzer CT3, Brookfield Corp., Canada)استفاده شد. برای این منظور نمونه‌هایی جداگانه از ساقه شوید به صورت طولی روی صفحه دستگاه قرار داده شد. آزمون نفوذ توسط پروب استوانه‌ای دستگاه به قطر ۲ میلی‌متر و سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه تا عمق ۲ میلی‌متر انجام شد. بیشترین نیروی لازم جهت وارد شدن پروب داخل نمونه تحت عنوان سفتی‌بافت (Fmax) اندازه‌گیری شد (Rizzo & Muratore, 2009). رطوبت با خشک کردن نمونه در آون ۱۰۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت تعیین شد (Gajewski et al., 2009). به علاوه افت رطوبت فیزیولوژیک نیز با وزن کردن نمونه طی زمان نگهداری تعیین شد. برای اندازه‌گیری pH عصاره از دستگاه pH متر (pH meter 691, Metrohm Ltd., Switzerland) کالیبره شده با بافر ۴/۱، ۷ و ۹ استفاده شد. رنگ نمونه‌ها با دستگاه رنگ سنج (Color analyzer RGB-1002, Lutron Electronic Enterprise Co., China) اندازه گیری شد و به صورت L*، a* و b* گزارش گردید (Álvarez-Bermejo et al., 2017). اندازه‌گیری ویتامین ث (اسید آسکوربیک) در عصاره سبزی به روش تیتراسیون با معرف ایندوفنل تعیین شد. نقطه پایانی تیتراسیون زمانی است که اضافی رنگ احیا نشده در محلول اسیدی به صورتی کم‌رنگ تغییر رنگ دهد(AOAC, 2006). ارزیابی حسی کل با دادن نمونه‌های تصادفی به ۶ ارزیاب و تبدیل نتایج ارزیابی کیفی (برمبنای رنگ، تازگی، بافت و عطر شوید) به مقادیر عددی (۰ تا ۵) صورت گرفت (Catunescu et al., 2012; Gajewski et al., 2009).

تجزیه و تحلیل آماری

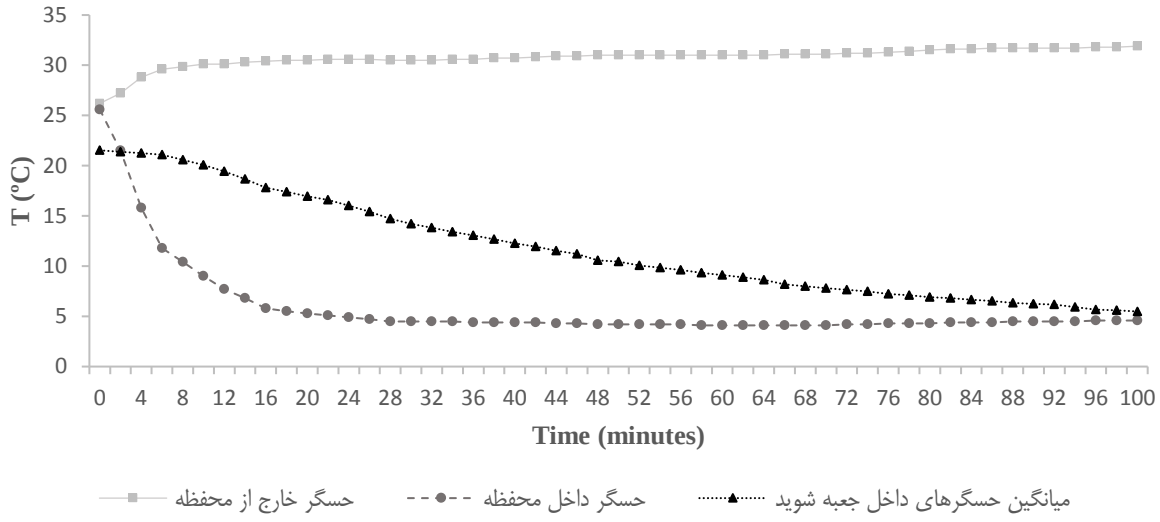
پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت فاکتوریل و در سه تکرار (در ارزیابی حسی کل ۶ تکرار) اجرا شد. اثر تیمارهای اعمال شده (پیش‌خنک‌کردن–محیط–با بسته‌بندی، پیش خنک‌کردن–سردخانه–با بسته‌بندی، پیش‌خنک کردن–محیط–بدون بسته‌بندی، پیش‌خنک کردن–سردخانه–بدون بسته‌بندی، محیط–بسته‌بندی، محیط–بدون بسته‌بندی) و زمان به عنوان متغیر مستقل بر درصد تلفات کل، سفتی بافت، رطوبت، pH، رنگ، ویتامین ث و ارزیابی حسی به عنوان متغیر وابسته بررسی شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس توسط نرم‌افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. نتایج در قالب نمودار به کمک نرم‌افزار اکسل ترسیم و گزارش گردید.

نتایج و بحث

بررسی شرایط پیش خنک کردن

کاهش دمای شوید در دستگاه پیش‌خنک‌کن طراحی شده طی زمان ۱۰۰ دقیقه ثبت گردید (شکل ۲). نتایج نشان داد پیش‌خنک‌کن طراحی شده به طور موفقیت آمیزی باعث کاهش دمای محصول طی زمان شد. دمای محفظه به سرعت طی ۲۰ دقیقه کاهش یافت. نتایج نشان

داد زمان لازم برای رسیدن به دمای نصف برابر ۳۷ دقیقه و زمان لازم برای رسیدن به دمای هفت‌هشتم برابر ۹۲ دقیقه برای محصول شوید در پیش‌خنک‌کن طراحی شده بود. حس‌گر دمای خارج از محفظه در فاصله یک متری قرار گرفت و به دلیل روشن بودن کولرگازی، افزایش دمایی حدود ۵ درجه طی ۶ دقیقه را نشان داد و پس از آن با توجه به تهویه هوا دما تقریباً ثابت (با افزایش بسیار کم) ماند. به علاوه در حالی‌که رطوبت نسبی در خارج از محفظه۰/۳± ۳۹/۷ درصد ثبت شد، رطوبت نسبی بین بسته‌های شوید ۱/۶۶±۸۱/۹۵ درصد بود.



شکل ۲. پیش‌خنک کردن شوید در دستگاه پیش‌خنک‌کن طی زمان

درصد تلفات کل

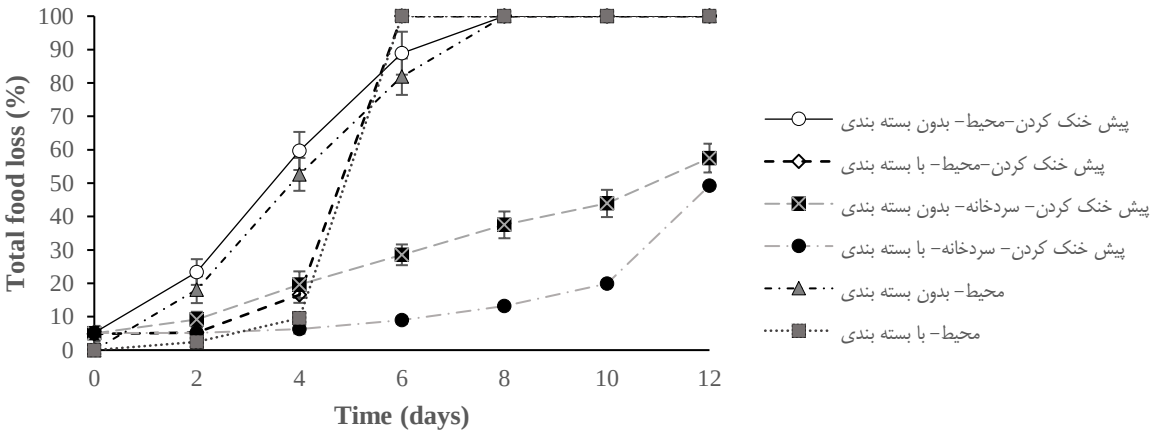
جدول ۱، تجزیه واریانس درصد تلفات کل را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد تیمارهای مختلف و زمان، اثرات اصلی و اثر متقابل معنی داری بر درصد تلفات کل شوید داشتند (P<۰/۰۵).

جدول ۱- تجزیه واریانس درصد تلفات کل شوید

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
بلوک	۲	۲۴۰/۵۹	۱۲۰/۲۹	۳۱/۵۱*
تیمارها	۵	۵۰۱۸۹/۵۰	۱۰۰۳۷/۹۰	۲۶۲۹/۵۴*
زمان	۶	۱۲۸۲۸۰/۸۶	۲۱۳۸۰/۱۴	۵۶۰۰/۷۷*
اثر متقابل	۳۰	۳۳۳۷۷/۳۰	۱۱۱۲/۵۸	۲۹۱/۴۵*
خطا	۸۲	۳۱۳/۰۲	۳/۸۱	
ضریب تغییرات	۳/۹۵			

*** اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.**

شکل ۳ درصد تلفات کل در نمونه‌های شوید حاصل از تیمارهای مختلف طی ۱۲ روز نگهداری را نشان می‌دهد. بررسی تلفات کل در زمان ۲ و ۴ روز نشان داد که نمونه‌های شوید با یا بدون پیش‌خنک کردن که بدون بسته‌بندی در محیط قرار گرفتند درصد تلفات بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها داشتند که عمدتاً به دلیل افت رطوبت رخ داد. نمونه‌هایی که در پیش‌خنک‌کن قرار گرفتند در ابتدا به دلیل وزش باد دچار افت وزنی شدند و این امر باعث شد طی زمان نیز تلفات بیشتری داشته باشند. درصد تلفات کل نمونه‌های بدون بسته‌بندی که در دمای محیط نگهداری شده‌اند هر دو روز یکبار تقریباً دو برابر شد، در این شرایط به دلیل شدت تلفات بهتر است شوید در کمتر از ۲ روز به فروش برسد.



شکل ۳- تلفات کل شوید طی ۱۲ روز نگهداری در شرایط مختلف

پس از ۶ روز نگهداری نمونه‌هایی که با یا بدون پیش‌خنک‌کردن داخل بسته‌بندی و در محیط نگهداری شدند به طور کامل غیرقابل استفاده شدند. به نظر می‌رسد بین زمان ۴ تا ۶ روز باکتری‌های فساد نرم باکتریایی در بسته‌بندی به دلیل محیا بودن رطوبت و غذای کافی و دمای مناسب شروع به فعالیت کردند و منجر به گندیدگی صددرصدی نمونه شدند. در این شرایط بهتر است نمونه‌های دارای بسته‌بندی که در دمای محیط نگهداری شده‌اند در کمتر از ۴ روز مصرف شوند. افزایش بار میکروبی نه تنها از نظر کاهش کیفیت ظاهری بلکه به لحاظ مشکلاتی که ممکن است برای سلامت مردم ایجاد کنند نیز حائز اهمیت است (بحرینی و همکاران، ۱۳۹۰).

مقایسه نتایج تیمار شوید پیش‌خنک شده که با بسته‌بندی یا بدون آن در سردخانه نگهداری شده است نشان داد که حفظ زنجیره سرد باعث افزایش ماندگاری محصول طی زمان شد و به علاوه بسته‌بندی اثر مثبتی بر ماندگاری شوید داشت. شویدی که پس از پیش‌خنک کردن و بسته‌بندی در سردخانه نگهداری شد تا ۱۰ روز ماندگاری مناسبی داشت و پس از آن به دلیل فعالیت باکتریایی دچار گندیدگی شد؛ این در حالی است که تلفات شوید نگهداری شده در سردخانه بدون بسته‌بندی عمدتاً به دلیل افت وزنی رخ داد. با توجه به خرابی برخی از تیمارها طی ۶ روز نتایج آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی طی زمان ۶ روز مورد ارزیابی قرار گرفت. نباتی و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند نگهداری محصولات کشاورزی در مجاورت هوا باعث افت رطوبت طی نگهداری می شود در حالیکه بسته‌بندی در کیسه‌های پلی‌اتیلن به دلیل تبادل پایین رطوبت محصول با محیط اطراف باعث افت رطوبت کمتری می‌گردد. با این وجود افت محصولات در کیسه های پلی‌اتیلن عمدتاً به دلیل پوسیدگی در اثر بالا بودن رطوبت رخ می‌دهد.

رطوبت

جدول ۲، تجزیه واریانس درصد رطوبت و افت رطوبت فیزیولوژیک را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد تیمارهای مختلف و زمان، اثرات اصلی و اثر متقابل معنی داری بر درصد رطوبت و درصد افت رطوبت فیزیولوژیک شوید داشتند ($P<۰/۰۵$).

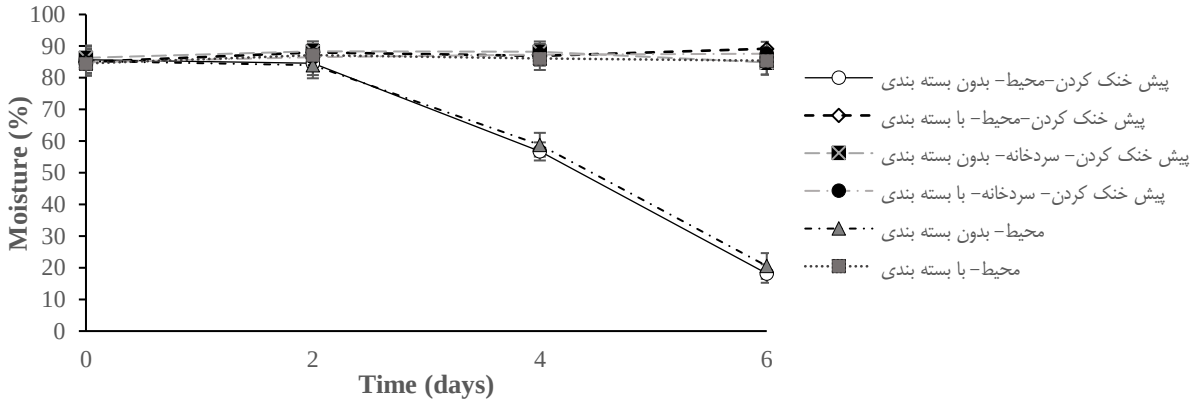
جدول ۲- تجزیه واریانس درصد رطوبت و افت رطوبت فیزیولوژیک شوید

منبع تغییر	درجه آزادی	درصد رطوبت			افت رطوبت فیزیولوژیک		
		مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
بلوک	۲	۶۹۹/۱۶	۳۳۴/۵۸	۱۹۵۷/۲۳*	۳۵۶/۷۶	۱۷۸/۳۸	۶۵/۲۸*
تیمارها	۵	۹۹۴۸/۳۶	۱۹۸۹/۶۷	۱۱۶۳۹/۲*	۱۷۲۶۵/۶۲	۳۴۵۳/۱۲	۱۲۶۳/۷۹*
زمان	۳	۵۶۱۵/۰۵	۱۸۷۱/۶۸	۱۰۹۴۹/۰*	۱۱۸۹۱/۰۲	۳۹۶۳/۶۷	۱۴۵۰/۶۵*
اثر متقابل	۱۵	۱۱۷۷۶/۲۷	۷۸۵/۰۸	۷۸۵/۰۸*	۱۲۰۴۰/۲۹	۸۰۲/۶۹	۲۹۳/۷۷*
خطا	۴۶	۷/۸۶	۰/۱۷		۱۲۵/۶۹	۲/۷۳	
ضریب تغییرات		۰/۵۳				۸/۸۳	

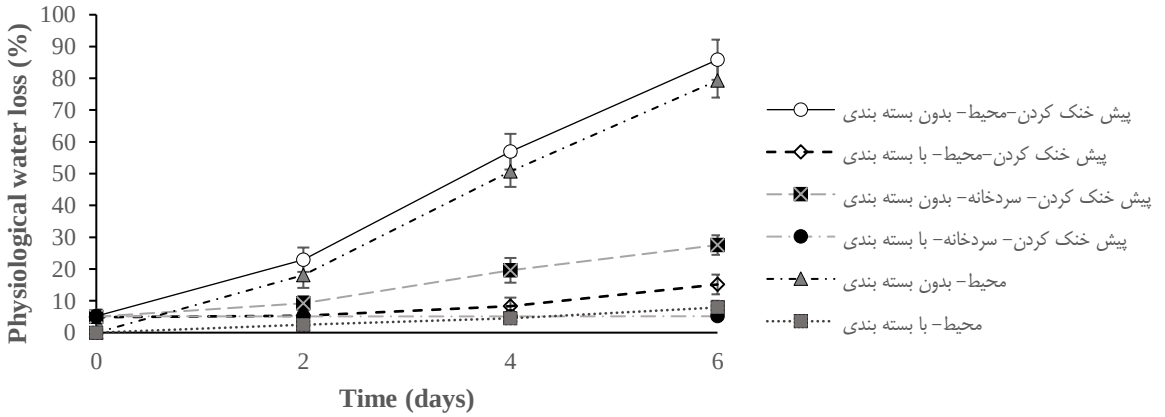
* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

رطوبت نمونه‌های شوید و افت رطوبت حاصل از تیمارهای مختلف طی ۶ روز نگهداری در شکل ۴ و ۵ نشان داده شده‌است. همان طور که پیش‌تر نیز ذکر شد، نمونه‌های شوید که با یا بدون پیش‌خنک کردن و بدون بسته‌بندی در محیط قرار گرفتند درصد افت رطوبت

فیزیولوژیک بیشتر و مقدار رطوبت کمتری داشتند و این تغییرات از روز دوم نگهداری با شیب بیشتری ادامه یافت. بدین‌ترتیب؛ پس از ۶ روز نگهداری نمونه پیش‌خنک شده که بدون بسته‌بندی در محیط قرار گرفته بود به طور معنی‌داری بالاترین مقدار افت رطوبت فیزیولوژیک (۸۵/۸۴±۶/۳۲ درصد) و کمترین محتوای رطوبت (۱۸/۲±۱۷/۹۲ درصد) را در سطح احتمال ۰/۰۵ نشان داد (شکل ۴ و ۵). این تغییر محتوای رطوبت بیشترین تأثیر را در تلفات کل نمونه داشت. نمونه‌ها در مرحله پیش‌خنک کردن دچار ۵/۲۰±۲/۰۵ درصد افت رطوبت شدند که این امر بر کاهش رطوبت نمونه‌های پیش‌خنک شده تأثیرگذار بود (شکل ۵).



شکل ۴. مقدار رطوبت شوید طی ۶ روز نگهداری در شرایط مختلف



شکل ۵. افت رطوبت فیزیولوژیک شوید طی ۶ روز نگهداری در شرایط مختلف

سفتی بافت

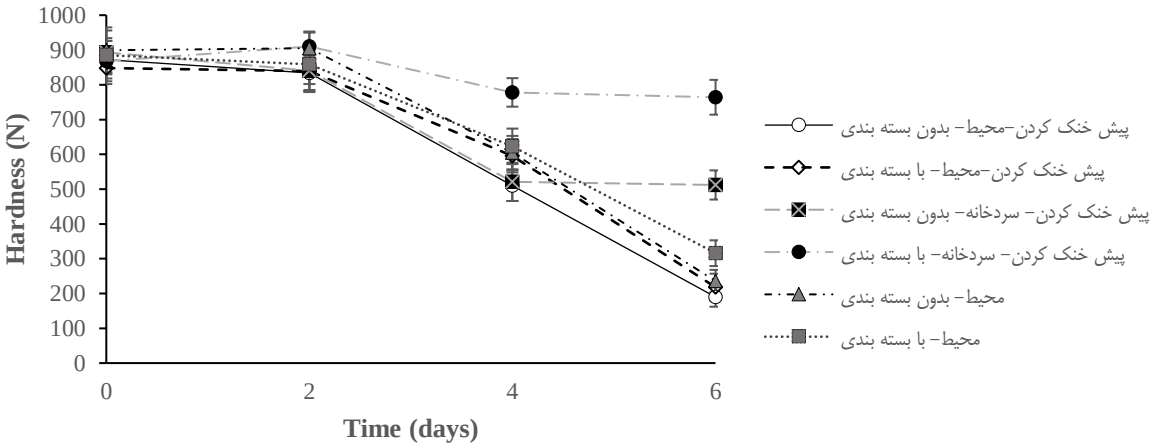
تجزیه واریانس سفتی بافت در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان داد تیمارهای مختلف و زمان، اثرات اصلی و اثر متقابل معنی داری بر سفتی نمونه‌ها طی ۶ روز نگهداری داشت ($P<0/05$).

جدول ۳- تجزیه واریانس سفتی و pH و اسید آسکوربیک شوید

منبع تغییر	درجه آزادی	سفتی بافت			pH			اسید آسکوربیک		
		مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
بلوک	۲	۹۸۱۰۲/۰۸	۴۹۰۵۱/۰۴	۱۲۰/۳۰*	۰/۴۰	۰/۲	۱۰۲/۶۵*	۰/۲۳	۰/۱۱	۲۳۷/۰۲*
تیمارها	۵	۳۸۶۷۵۰/۱۳	۷۷۳۵۰/۰۳	۱۸۹/۷۱*	۵/۰۲	۱	۵۰۹/۶۲*	۰/۳۰	۰/۰۶	۱۲۵/۵۴*
زمان	۳	۳۱۱۴۹۰۹/۳۸	۱۰۳۸۳۰۳/۱۳	۲۵۴۶/۵۰*	۸/۱۷	۲/۷۲	۱۳۸۲/۷۱*	۰/۴۶	۰/۱۵	۳۲۳/۲۰*
اثر متقابل	۱۵	۵۳۰۷۰۳/۳۸	۳۵۳۸۰/۲۳	۸۶/۷۷*	۹/۷۳	۰/۶۵	۳۲۹/۴۰*	۰/۱۷	۰/۰۱	۲۳/۵۸*
خطا	۴۶	۱۸۷۵۵/۹۲	۴۰۷/۷۴		۰/۰۹	۰/۲۰۰		۰/۰۲	۰/۰۰۰۴	
ضریب تغییرات			۲/۹۷			۰/۷۱			۴/۵۵	

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

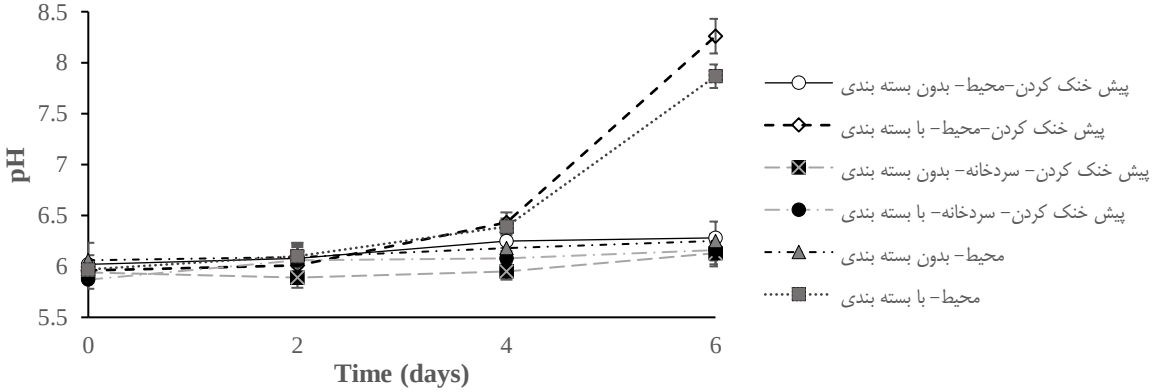
تغییرات سفتی بافت شوید حاصل از تیمارهای مختلف طی ۶ روز نگهداری در شکل ۶ نشان داده شده‌است. طی زمان نیروی لازم برای نفوذ به بافت شوید به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). بدین‌ترتیب، نمونه‌ای که پس از پیش‌خنک کردن بسته‌بندی شده و در سردخانه نگهداری شود سفتی خود را به طور معنی‌داری نسبت به سایر نمونه‌ها حفظ کرد. نمونه‌ها طی دو روز نگهداری کیفیت به نسبت ثابتی داشتند و پس از آن نمونه‌هایی که بدون بسته‌بندی نگهداری شدند به دلیل افت رطوبت و کاهش تورژسانس و نمونه‌هایی که با بسته‌بندی در محیط قرار گرفتند به دلیل نرم شدن ناشی از فعالیت میکروبی دچار کاهش سفتی شدند. Wang et al. (۲۰۱۴)، نشان دادند افت رطوبتی که پس از برداشت و از طریق تنفس رخ می‌دهد منجر به پلاسیدگی بافت و در نهایت کاهش سفتی و افت کیفیت محصول می‌شود. Llorca et al. (۲۰۰۱)، نیز نشان دادند که نیروی لازم برای ارزیابی بافت در فعالیت میکروبی مانند تخمیر، مقاومت بافت هویج را در برابر برش کاهش می‌دهد.



شکل ۶. سفتی بافت ساقه شوید طی ۶ روز نگهداری در شرایط مختلف

pH

تجزیه واریانس داده‌های pH در جدول ۳ و تغییرات آن نمونه‌های شوید حاصل از تیمارهای مختلف طی ۶ روز نگهداری در شکل ۷ نشان داده شده‌است. بررسی نتایج نشان داد اثرات اصلی و اثر متقابل تیمارهای مختلف و زمان بر pH نمونه‌ها طی ۶ روز نگهداری معنی دار بود ($P<۰/۰۵$). نمونه‌های بسته‌بندی شده که با یا بدون پیش‌خنک‌کردن در شرایط محیطی قرار گرفتند پس از ۴ روز نگهداری به سرعت دچار افزایش pH شدند. همان‌طور که پیش‌تر نیز ذکر شد بین زمان ۴ تا ۶ روز باکتری‌های فساد نرم باکتریایی در بسته‌بندی به دلیل مهیا بودن رطوبت و غذای کافی و دمای مناسب شروع به فعالیت کردند و منجر به گندیدگی و افزایش pH شدند(شکل ۳ و ۵). پس از ۶ روز نگهداری نمونه پیش‌خنک شده که پس از بسته‌بندی در محیط قرار گرفته بود به طور معنی‌داری بالاترین مقدار pH (۸/۰±۲۶/۱۷) را در سطح احتمال ۰/۰۵ نشان داد. بدین‌ترتیب، چنانچه پیش‌خنک کردن به تنهایی اجرا شود و پس از آن زنجیره سرمایی قطع شود (نمونه با بسته‌بندی یا بدون بسته‌بندی در شرایط محیطی قرار گیرد)، این مسئله منجر به وقوع تلفات بیشتر خواهد شد. Tano et al. (۲۰۰۷)، نشان دادند که نوسانات دمایی حتی اگر یکبار طی نگهداری محصول رخ دهد نیز به شدت بر کیفیت تأثیرگذار است. نوسانات دمایی بر قهوه‌ای شدن، کاهش سفتی، افزایش افت وزنی، تخمیر و تولید اتانول در بافت‌های سلولی و فساد مؤثر است.



شکل ۷. تغییرات pH شوید طی ۶ روز نگهداری در شرایط مختلف

رنگ

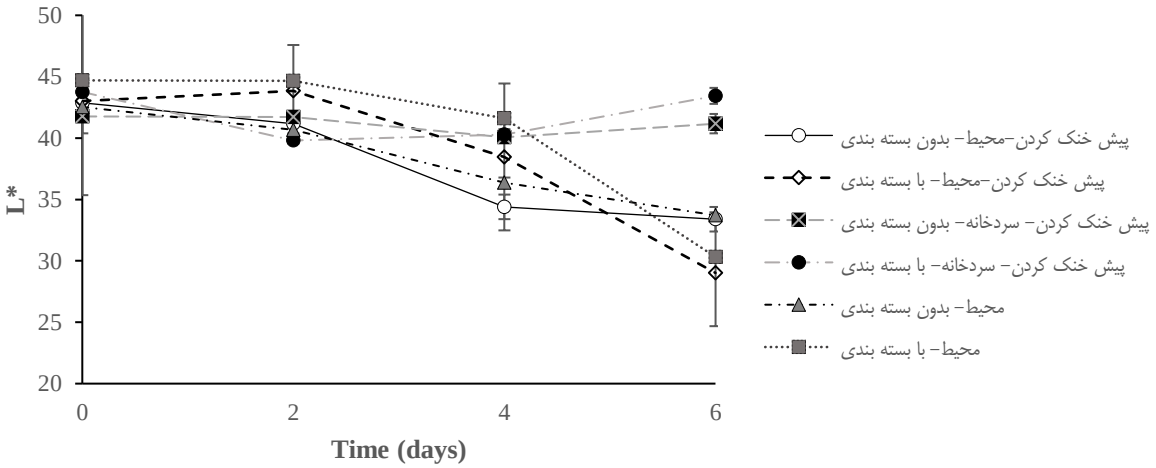
در مدل رنگی CIE LAB، *L نشان دهنده شدت روشنائی است و بین صفر تا ۱۰۰ (سیاه تا سفید) متغیر است. مقادیر منفی *a نشان دهنده رنگ‌های سبز و مقادیر مثبت آن به منزله رنگ‌های قرمز هستند. مقادیر منفی *b نشان دهنده رنگ‌های آبی و مقادیر مثبت آن به منزله رنگ‌های زرد هستند. جدول ۴، تجزیه واریانس رنگ بر اساس *L، *a و *b را نشان می‌دهد. بررسی نتایج نشان داد اثر اصلی زمان و اثر متقابل تیمارهای مختلف و زمان بر *L و اثرات اصلی و اثر متقابل تیمارهای مختلف و زمان بر *a و *b نمونه‌ها طی ۶ روز نگهداری معنی‌دار بود (P<۰/۰۵).

جدول ۴- تجزیه واریانس رنگ بر اساس *L، *a و *b در شوید

منبع تغییر	درجه آزادی	L*			a*			b*		
		مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
بلوک	۲	۳۵/۳۲	۸/۸۳	۰/۴۷	۳۷/۶۷	۹/۴۲	۱/۰۸	۵۸/۸۵	۱۹/۶۲	۱/۱۳
تیمارها	۵	۱۵۶/۷۶	۳۱/۳۵	۱/۶۶	۷۱۶/۶۴	۱۴۳/۳۳	۱۶/۴۷*	۲۵۷/۱۵	۵۱/۴۳	۲/۹۵*
زمان	۳	۸۱۷/۱۰	۲۷۲/۳۷	۱۴/۴۰*	۲۲۷۴/۵۸	۷۵۸/۱۹	۸۷/۱۴*	۲۳۰۴/۷۲	۷۶۸/۲۴	۴۴/۱۱*
اثر متقابل	۱۵	۶۸۸/۹۱	۴۵/۹۳	۲/۴۳*	۱۳۶۲/۰۰	۹۰/۸۰	۱۰/۴۴*	۹۲۹/۳۹	۶۱/۹۶	۳/۵۶*
خطا	۴۶	۱۳۰۴/۹۰	۱۸/۹۱		۶۰۰/۳۸	۸/۷۰		۱۲۰۱/۸۴	۱۷/۴۲	
ضریب تغییرات		۱۰/۸۹			-۱۸/۰۴			۱۹/۹۵		

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

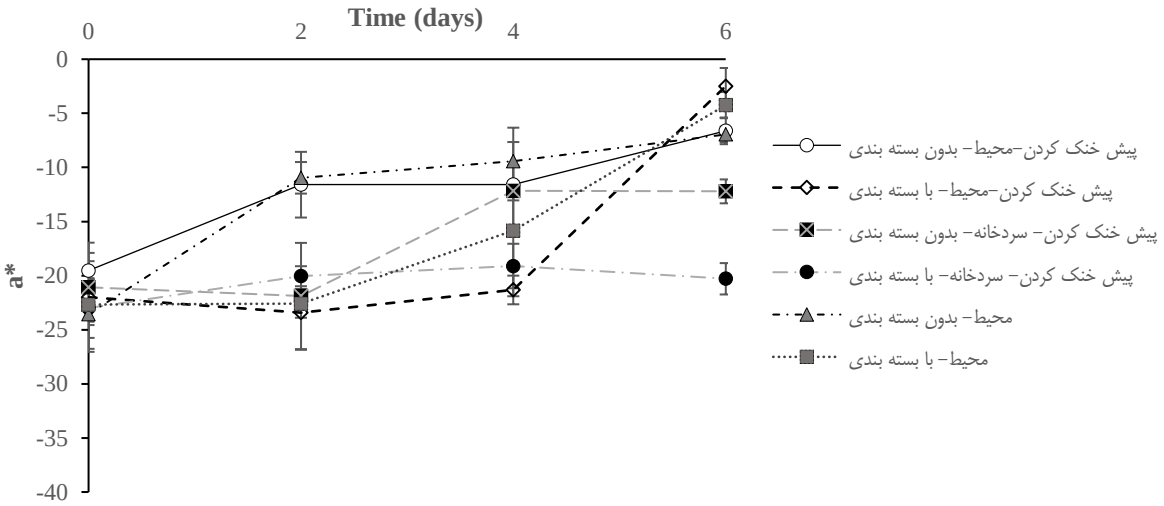
شکل ۸، ۹ و ۱۰ به ترتیب تغییرات *L، *a و *b در نمونه‌های شوید حاصل از تیمارهای مختلف طی ۶ روز نگهداری را نشان می‌دهد. رنگ نمونه‌ها از نظر شدت روشنایی در محدوده ۲۳/۱۲-۵۰/۱۶ بود که این ارقام در محدوده خاکستری تیره یا شدت روشنایی متوسط تا کم قرار داشت. اعداد منفی *a و اعداد مثبت *b به ترتیب نشان دهنده غالب بودن رنگ سبز و زرد در نمونه بود. به طور کلی نمونه دارای بسته‌بندی و سردخانه‌گذاری شده (با یا بدون پیش‌خنک کردن) کمترین تغییر شاخص *L را طی زمان نشان داد در حالی‌که از شدت روشنایی سایر نمونه‌ها کاسته شد و به عبارتی تیره‌تر شدند (شکل ۸).



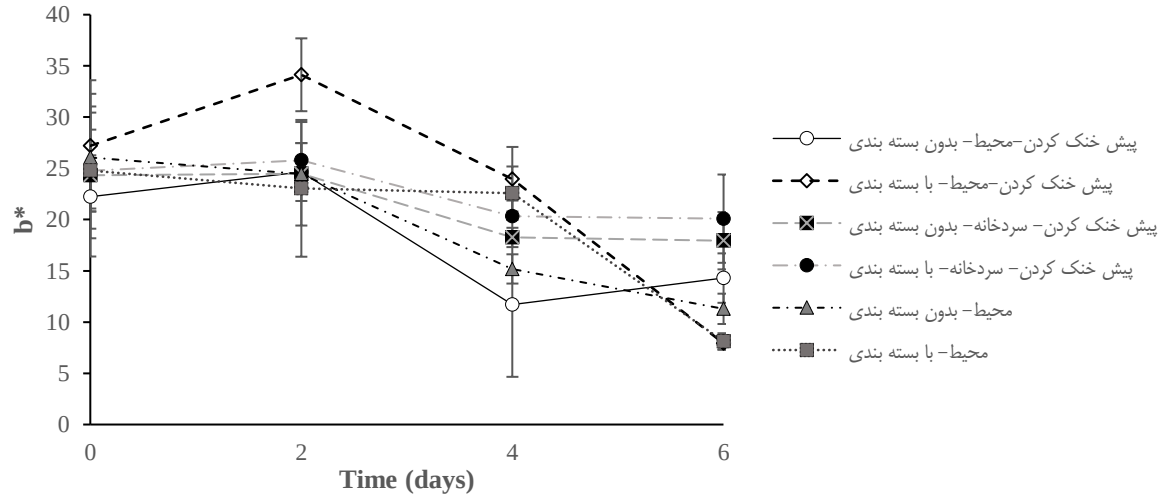
شکل ۸. تغییرات شدت روشنایی (*L) رنگ شوید طی ۶ روز نگهداری در شرایط مختلف

از نظر شاخص *a، میزان سبزی در نمونه پیش‌خنک شده که پس از بسته‌بندی در سردخانه نگهداری شده است نسبتاً ثابت ماند در حالیکه شرایط نگهداری نامناسب مانند نگهداری در محیط و عدم وجود بسته‌بندی از شدت رنگ سبزی نمونه کاست. بروز رنگ سبز با مقدار سبزینگی برگ متناسب است. رنگ سبز ملاک مهمی در انتخاب سبزیجات برگی است و کاهش سبز بودن نمونه به طور قابل توجهی بر پذیرش مشتری تأثیر دارد. از نظر شاخص *b، میزان زرد بودن نمونه‌های نگهداری شده در سردخانه (با یا بدون پیش‌خنک کردن) طی زمان نسبتاً ثابت بود در حالیکه طی زمان از شدت رنگ زرد سایر نمونه‌ها کاسته شد. افزایش *b پس از گذشت دو روز در نمونه‌ای که پس

از پیش‌خنک کردن و بسته‌بندی در محیط قرار گرفت حاکی از آن بود که تخریب سبزینگی (کلروفیل) در مقایسه با کاروتنوئیدها در این شرایط بیش از سایر نمونه‌ها رخ داد. آنزیم کلروفیلاز که باعث تجزیه رنگدانه کلروفیل می‌شود در غشاء پوششی کلروپلاست قرار گرفته است. کلروفیل و کلروفیلاز به لحاظ فضایی از هم جدا هستند و تنها در صورتی با هم تماس پیدا می‌کنند که غشاء تخریب شود. بنابراین هر عاملی که باعث تخریب غشاء و تماس آنزیم و کلروفیل شود از شدت رنگ سبز می‌کاهد (Ferrante et al., 2004).



شکل ۹. تغییرات *a رنگ شوید طی ۶ روز نگهداری در شرایط مختلف

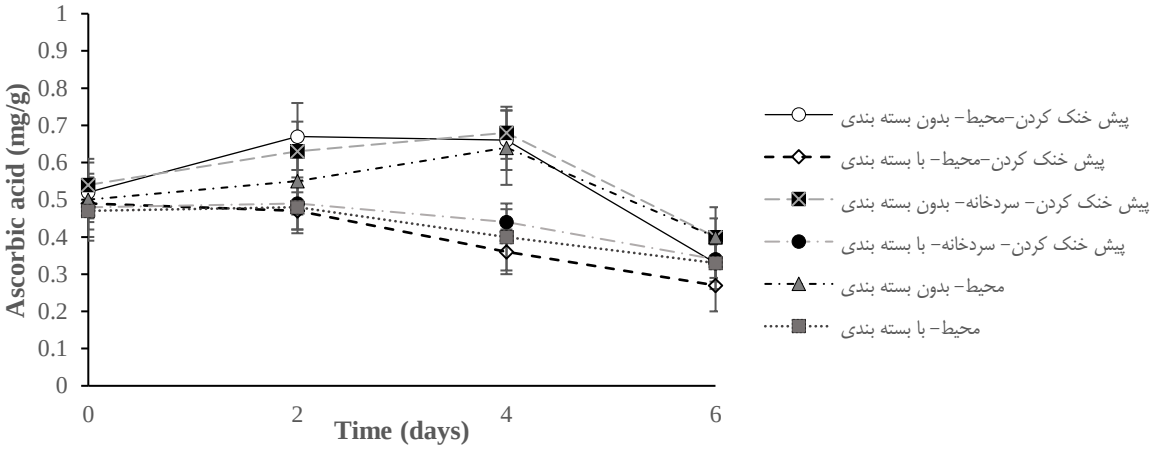


شکل ۱۰. تغییرات *b رنگ شوید طی ۶ روز نگهداری در شرایط مختلف

اسید آسکوربیک

تجزیه واریانس داده‌های اسید آسکوربیک (ویتامین ث) در جدول ۳ و تغییرات آن در نمونه‌های شوید حاصل از تیمارهای مختلف طی ۶ روز نگهداری در شکل ۱۱ نشان داده شده‌است. بررسی نتایج نشان داد اثرات اصلی و اثر متقابل تیمارهای مختلف و زمان بر اسید آسکوربیک نمونه‌ها طی ۶ روز نگهداری معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). طی ۴ روز اول نگهداری، در نمونه‌های بدون بسته‌بندی به دلیل کاهش آب، وزن ماده خشک افزایش یافت. این امر دلیل احتمالی افزایش اسید آسکوربیک در نمونه‌ها است زیرا مقدار اسید اسکوربیک به ازای واحد وزن افزایش داشت. با این وجود پس از ۶ روز نگهداری مقدار اسید آسکوربیک تمام نمونه‌ها به طور معنی داری کاهش یافت($P<۰/۰۵$). بیشترین مقدار اسید آسکوربیک پس از ۶ روز نگهداری، مربوط به نمونه بدون بسته‌بندی و محیط (۴/۰۸±۰/۰) و همچنین نمونه حاصل از تیمار پیش‌خنک کردن بود که پس از بسته‌بندی در سردخانه (۴/۰۵±۰/۰ میلی گرم به ازای گرم نمونه) قرار گرفت (شکل ۱۱). با این وجود چنانچه میزان از دست رفتن آب در وزن نمونه آنالیز شده لحاظ شود، بالاترین مقدار اسیدآسکوربیک به نمونه پیش‌خنک شده که با

بسته‌بندی در سردخانه قرار گرفته بود تعلق داشت چرا که مطابق شکل ۵، میزان از دست رفتن آب نسبت به سایر نمونه‌ها کمتر (۱۶/۷۸±۵/۱) بود. بدین‌ترتیب بکارگیری زنجیره سرد و بسته‌بندی مناسب توانست به طور مؤثری باعث حفظ ارزش تغذیه‌ای شود.



شکل ۱۱. تغییرات اسید آسکوربیک شوید طی ۶ روز نگهداری در شرایط مختلف

ارزیابی حسی

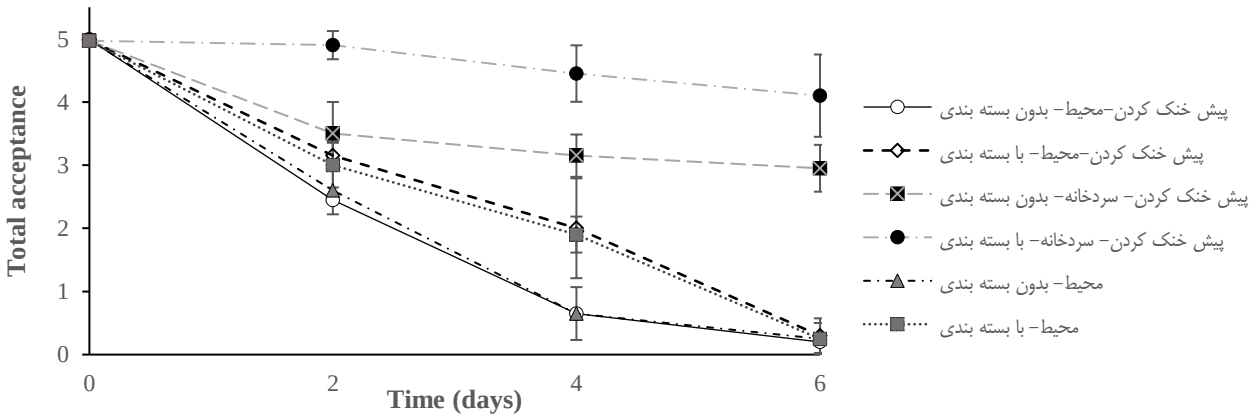
جدول ۵، تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی حسی را نشان می‌دهد. بررسی نتایج نشان داد اثرات اصلی و اثر متقابل تیمارهای مختلف و زمان بر پذیرش کلی نمونه‌ها طی ۶ روز نگهداری معنی دار بود ($P<0/05$).

جدول ۵- تجزیه واریانس ارزیابی حسی در شوید

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
بلوک	۵	۱/۰۴	۰/۲۱	۱/۷۲
تیمارها	۵	۹۸/۶۹	۱۹/۷۴	۱۶۳/۲۱*
زمان	۳	۲۱۸/۱۷	۷۲/۷۲	۶۰۱/۳۳*
اثر متقابل	۱۵	۴۸/۵۶	۳/۲۴	۲۶/۷۷
خطا	۹۱	۱۱	۰/۱۲	
ضریب تغییرات	۱۱/۸۷			

*** اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.**

شکل ۱۲، پذیرش کلی نمونه‌های شوید حاصل از تیمارهای مختلف بر اساس بررسی رنگ، تازگی، بافت و عطر شوید را طی ۶ روز نگهداری نشان می‌دهد. نمونه حاصل از تیمار پیش‌خنک کردن که پس از بسته‌بندی در سردخانه قرار گرفت طی ۶ روز نگهداری بالاترین پذیرش کلی را داشت. در سایر نمونه‌ها کاهش رطوبت به دلیل عدم بسته‌بندی و تغییرات ناشی از فساد به دلیل نگهداری در شرایط بسته و دمای محیط، از کیفیت کاست. نتایج بدست آمده از ارزیابی حسی با سایر نتایج بدست آمده از آزمون‌ها همخوانی داشت.



شکل ۱۲. تغییرات پذیرش کلی شوید طی ۶ روز نگهداری در شرایط مختلف

نتیجه‌گیری

افزایش قیمت نهاده‌ها از یک سو و بحران آب، خاک و محیط زیست از سوی دیگر باعث اهمیت کاهش ضایعات و تلفات محصولات کشاورزی شده است. از آن‌جا دسترسی به تجهیزات سرمایشی مکانیکی هزینه بسیار زیادی می‌طلبد، از یک کولر گازی با کنترل کننده دمایی و یک محفظه با عایق فوم پلی‌اتیلن برای پیش‌خنک کردن شوید استفاده شد. بکارگیری تیمار پیش‌خنک کردن، بسته‌بندی مناسب و سردخانه‌گذاری توانست ماندگاری شوید را تا ۱۰ روز افزایش دهد. در این شرایط مقدار تلفات ۲۰ درصد بود، در حالی‌که نگهداری شوید در سایر شرایط باعث افزایش چشمگیری در تلفات شد. به علاوه، مرحله پیش‌خنک‌کردن و بسته‌بندی به تنهایی مؤثر نبود و اگر به طور ناقص رها شوند تلفات را افزایش می‌دهند. از آن‌جا که جنس و ابعاد بسته‌بندی از جمله موارد مهم در افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت شوید است، این مسئله بایستی در مطالعات بعدی مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

بحرینی، معصومه؛ حبیبی نجفی، محمدباقر؛ باسامی، محمدرضا؛ عباس زادگان، مرتضی؛ بهرامی، احمدرضا و اجتهادی؛ حمیدرضا (۱۳۹۰). ارزیابی بار میکروبی سبزیجات تازه طی مراحل فراوری با روش حداقل فرایند در یک واحد بسته بندی. نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، ۷ (۳)، ۲۳۵-۲۴۲.

امامی فر، آریو (۱۳۹۶). تاثیر پیش سرد کردن بر پایداری میکروبی و برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دو رقم توت فرنگی طی دوره انبارداری. علوم غذایی و تغذیه، ۱۴(تابستان ۹۶)، ۹۷-۱۱۴.

فاطمی امین، سیدرضا و مرتضایی، اشرف (۱۳۹۳). کتاب برنامه راهبردی زنجیره تأمین فرآوردهای غذایی. جهاد دانشگاهی، ۴۹۶-۱.

کرمی، آیت اله؛ فاریابی، مینا؛ احمدوند، مصطفی (۱۳۹۸). تحلیل پیامدهای استقرار صنایع تبدیلی و تکمیلی بخش کشاورزی مورد: بخش مرکزی شهرستان جیرفت. اقتصاد فضا و توسعه روستایی، ۸ (۲۸)، ۲۳۸-۲۲۳.

نباتی، جعفر؛ ایزدی، فرشاد؛ عباسی، رضا و حسنی، فرشید (۱۳۹۷). بررسی اثر روش‌های مختلف نگهداری بر خصوصیات کمّی و کیفی سیب‌زمینی. نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۴(۱)، ۱۹۵-۲۰۶.

REFERENCES

Alvares, V., Álvares, V. S., Finger, F. L., De, R. C., Santos, A., Da, J. R., Negreiros, S., Casali, V. W. D., & Rastilantie, M. (2005). Effect of pre-cooling on the postharvest of parsley leaves. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, *5*(2), 31–34. https://www.researchgate.net/publication/266504858

Álvarez-Bermejo, J. A., Giagnocavo, C., Li, M., Morales, E. C., Santos, D. P. M., & Yang, X. T. (2017). Image processing methods to evaluate tomato and zucchini damage in post-harvest stages. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, *10*(5), 126–133. https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20171005.3087

AOAC. (2006). Ascorbic Acid in Vitamin Preparations and Juices 2,6 Dichloroindophenol Titrimetric Method. *Official Method of Analysis 0f AOAC International*, 1–2.

Bahreini, M., Habibi Najafi, M. B., Bassami, M. R., & Abbaszadegan, M. (2013). Incidence Levels of Enteric Pathogens and Microbial Quality of Raw Vegetables in Mashhad, Iran. *Iranain Food Science and Technology Research Journal*, *9*(1), 31–39. https://doi.org/https://doi.org/10.22067/ifstrj.v9i1.22970

Catunesco, G. M., Tofana,, M., Muresan, C., David, A., & Stanila, S. (2012). Sensory Evaluation of Minimally Processed Parsley (Petroselinum crispum), Dill (Anethum graveolens) and Lovage (Levisticum officinale) Stored at Refrigeration Temperatures. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, *69*(2), 205–212. https://doi.org/10.15835/buasvmcn-agr:8762

Chen, Y. M., Song, H. Y., Chen, Z. S., Zhao, R., Su, Q., Jin, P. Y., Sun, Y. S., & Wang, H. (2020). Sensitivity analysis of heat and mass transfer characteristics during forced-air cooling process of peaches on different air-inflow velocities. *Food Science and Nutrition*, *8*(12), 6592–6602. https://doi.org/10.1002/fsn3.1951

Dehghannya, J., Ngadi, M., & Vigneault, C. (2011). Mathematical modeling of airflow and heat transfer during forced convection cooling of produce considering various package vent areas. *Food Control*, *22*(8), 1393–1399. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.02.019

Emamifar, A. (2017). The Effect of Precooling on Microbial Stability and Some Physicochemical Properties of Two Strawberry Cultivars During Storage. *Food Technology and Nutrition*, *14*(3), 96–114.

Fatemi-Amin, S. R., & Mortezaei, A. (2013). Strategic plan of the supply chain of food products.

Ferrante, A., Maggini, R., Serra, G., Sant'anna, S. S., Ferrante, A., Incrocci, L., Maggini, R., Serra, G., & Tognoni, F. (2004). Colour changes of fresh-cut leafy vegetables during storage. In *Agriculture & Environment* (Vol. 2, Issue 4). https://www.researchgate.net/publication/233852247

Gajewski, M., Katarzyna, K., & Bajer, M. (2009). The Influence of Postharvest Storage on Quality Characteristics of Fruit of Eggplant Cultivars. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*, *37*(2), 200–205.

Góral, D., Kluza, F., & Kozłowicz, K. (2014). Assessment of Heat Transfer and Mass Change During Fruits and Vegetables Impingement Pre-Cooling. *International Journal of Food Engineering*, *10*(1), 183–189.

Gross, K. C., Wang, Y., & Saltveit, M. (2016). The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. In *Agricultural Research Service Agriculture Handbook Number*. Agricultural Research Center, USDA. www.ars.usda.gov/is/np/

Jarman, A., Thompson, J., McGuire, E., Reid, M., Rubsam, S., Becker, K., & Mitcham, E. (2023). Postharvest technologies for small-scale farmers in low- and middle-income countries: A call to action. *Postharvest Biology and Technology*, *206*, 1–14. Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112491

Karami, A., Faryabi, M., & Ahmadvand, M. (2019). Analysis of the consequences of the establishment of processing and complementary industries in the agricultural sector, case study: the central part of Jiroft city. *Journal of Space Economy & Rural Developement*, *8*(2), 223–238.

Llorca, E., Puig, A., Hernando, I., Salvador, A., Fiszman, S. M., & Lluch, M. A. (2001). Effect of fermentation time on texture and microstructure of pickled carrots. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *81*(15), 1553–1560. https://doi.org/10.1002/jsfa.975

Makule, E., Dimoso, N., & Tassou, S. A. (2022). Precooling and Cold Storage Methods for Fruits and Vegetables in Sub-Saharan Africa—A Review. *Horticulturae*, *8*(9), 1–15. https://doi.org/10.3390/horticulturae8090776

Nabati, J., Izadi, F., Abbasi, R., & Hassani, F. (2018). Effect of different storage methods on quantity and quality of potato. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *14*(1), 195–206. https://doi.org/10.22067/ifstrj.v1396i0.57671

Nshizirungu, R., & Kitinoja, L. (2019). *Tomato Postharvest Management in Rwanda*.

Rizzo, V., & Muratore, G. (2009). Effects of packaging on shelf life of fresh celery. *Journal of Food Engineering*, *90*(1), 124–128. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.011

Sari, M., Simbolon, J. B., & Tarigan, S. (2018). Shelf life prediction of eggplant by application of hydrocooling technics and various temperatures of storage. *International Journal of Food Science and Nutrition*, *3*(2), 67–71.

Tano, K., Oulé, M. K., Doyon, G., Lencki, R. W., & Arul, J. (2007). Comparative evaluation of the effect of storage temperature fluctuation on modified atmosphere packages of selected fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, *46*(3), 212–221. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.05.008

Wang, X. Y., Tan, J. C., & Wang, J. (2014). Effect of precooling temperature on physiological quality of cold stored Agaricus bisporus. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, *7*(2), 108–114. https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20140702.013

The effect of forced air pre-cooling on dill shelf life

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The pre-cooling process is the first and most crucial step in temperature management. It is generally defined as the procedure of removing heat immediately after harvest and before storage or handling to decrease food loss and waste. Any delay in pre-cooling can negatively affect food security and safety, and is also considered a major economic problem for the supply chain of agricultural products. The effect of poor pre-cooling is only apparent when decay and water loss result in rejected loads during distribution, so this process is not taken seriously by farmers. A range of techniques are available to achieve the pre-cooling process for fresh produce but many of them are restricted for small scale producers because of their high cost. Many studies have been performed on the development of innovative small-scale equipment. Characteristics of crops, load volume, initial and target temperature and its cost should be considered well to select wisely. This study was aimed to find the effect of forced air pre-cooling of dill using a window air conditioner on its shelf life.

Materials and Methods

A metal frame with dimensions of 2×1×1 m was covered with a polyethylene foam sheet (as a cheap insulator) with a thickness of 1 cm. A window at the end of this chamber (to install the window air conditioner) and a door in one side for entering and exiting the product were considered. The thermostat of the window air conditioner was moved to the outside of the pre-cooling chamber. A controller equipped with 8 sensors was connected to monitor and control the temperature of this chamber. 10 Kg plastic boxes of dill were placed inside the chamber in the form of 3×2×2 boxes (length, width and height) with a distance of 10 cm .After turning on, the temperatures were recorded over time, and 1/2 and 7/8 cool time were determined. In the next step, bunches of dill without packaging and in the cardboard packaging with polyethylene liner were placed in three different conditions: without pre-cooling and keeping at ambient temperature, with pre-cooling and keeping at ambient temperature, with pre-cooling and keeping under refrigeration. Total loss (%), physiological water loss (%), hardness (N), pH, CIELAB color, ascorbic acid (mg/g) and total acceptance were measured over time. A Factorial experiment with a basic RCBD design was used for data analysis and means comparison was done by Duncan's multiple range test in α=0.05.

Results and Discussion

The constructed pre-cooler was successfully cool down field temperature of dill bunches. 37 min and 92 min were determined as 1/2 and 7/8 cool time, respectively using cooling curve while the relative humidity was 81.95±1.66% inside this chamber. The results showed that different treatments and time had significant interaction on Total loss, physiological water loss, hardness, pH, CIELAB color (L*, a*, b*), Ascorbic acid and total acceptance. The total loss es of dill stored at ambient temperature and without packaging (with or without pre-cooling treatment) at day=2, 4 were significantly higher than others due to higher physiological water loss while after 6 days of storage, total losses of packed dill stored at ambient temperature were reached to 100% due to bacterial soft rot. After 6 days of storage pre-cooled dill with packaging and refrigeration showed the least amount of total loss (8.95±1.03%), physiological water loss (5.16±1.78%), pH (6.16±0.16), a*(-20.29±1.45) and the highest amount of moisture content (87.60±3.76), hardness (764±50 N), ascorbic acid (2.74±0.05 mg. g^{-1} of dill dry weight basis), total acceptance (4.1±0.65), L* (43.44±6.39) and b* (20.09±4.31).

Conclusion

According to the results obtained here, pre-cooling can alleviate negative effects of high temperatures immediately after harvest. Pre-cooling followed by packaging and refrigeration could effectively limit total loss to 20% after 10 days. If pre-cooling or packaging is not followed by refrigeration, progressive and significant losses can occurr. Further research is required to compare the effect of different packaging materials and dimensions on dill shelf life.