

کارایی گرمادرمانی در کنترل بیماری پوسیدگی نرم باکتریایی هویج در دوره پس از برداشت

زینب آقایی، فاطمه یوسفی کوپائی ✉

گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. ✉ yousefi@sku.ac.ir

پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷

بازنگری: ۱۴۰۰/۶/۲۴

دریافت: ۱۴۰۰/۶/۷

چکیده

بیماری پوسیدگی نرم هویج از بیماری‌های مهم این محصول در مزرعه و در دوران بعد از برداشت است. از آن جایی که هویج مصرف تازه‌خوری دارد استفاده از سموم شیمیایی برای کنترل بیماری پوسیدگی نرم سلامت بهداشتی محصول را تهدید می‌کند. لذا در تحقیق حاضر کارایی روش گرمادرمانی به عنوان یک روش ایمن در کنترل بیماری پوسیدگی نرم مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور دو روش هوای گرم و آب گرم در دماهای ۴۰، ۴۵ و ۵۰ درجه سلسیوس در مدت زمان‌های مختلف استفاده شد. مایه‌زنی نمونه‌های هویج با ایجاد زخم در دو محل روی هویج و غوطه‌ورسازی نمونه در سوسپانسیون باکتری ($OD_{600} = 0.3$) انجام شد. بیست و چهار ساعت بعد از مایه‌زنی، تیمارهای مختلف گرمایی روی آن‌ها اعمال شد و یک هفته بعد از مایه‌زنی نتایج با اندازه‌گیری وزن بافت له شده هر نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌های تیمار شده با هیپوکلریت سدیم و تتراسیکلین و نمونه‌های بدون تیمار شیمیایی و حرارتی به‌عنوان شاهد استفاده شدند. آزمایش به صورت طرح کاملا تصادفی در سه تکرار اجرا شد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج درصد انجام شد. تاثیر تیمارها در کاهش وزن هویج نیز ارزیابی شد. نتایج بیانگر تاثیر مثبت گرمادرمانی در کاهش معنی‌دار لهیدگی بود. از بین تیمارهای مورد بررسی موثرترین تیمار هوای گرم ۵۰ درجه سلسیوس در مدت زمان ۱۰ دقیقه بود. کاهش وزن هویج در این تیمار با شاهد تفاوت معنی‌دار نداشت.

کلمات کلیدی: هوای گرم، آب گرم، *Daucus carota*، *Dickeya* spp.، *Pectobacterium* spp.

The efficacy of thermotherapy in control of bacterial soft rot of carrot during post-harvest period

Zeinab Aghaei, Fatemeh Yousefi Kopaei ✉

Plant Protection Department, College of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. ✉ yousefi@sku.ac.ir

29 Aug 2021

Revised: 15 Sep 2021

Accepted: 6 Feb 2022

Abstract

Soft rot is an important disease of carrot in the field and during post-harvest period. Considering the fresh consumption of carrot, the use of chemical pesticides makes the product unsafe. So, in this study the efficiency of thermotherapy, as a safe method, was assessed for control of soft rot. Warm air and warm water at temperatures of 40, 45 and 50°C in different time periods were applied. The inoculation was done by wounding at two sites in each sample and soaking them in bacterial suspension ($OD_{600} = 0.3$). The samples were packed in plastic bags separately. Twenty-four hours after inoculation heat treatments were conducted. One week later, the results were evaluated by measuring the weight of rotted tissues in each sample. The samples treated by sodium hypochlorite and oxytetracycline solutions and the ones with no chemical or heat treatment were used as control groups. The experiment was accomplished in a completely randomized design by three replicates. Means comparison was performed by Duncan's test at 5% level. The effect of treatments on the weight loss percentage of carrots was also measured. The results showed the positive effect of thermotherapy in significant decrease of rotting. Among tested heat treatments, the most effective one was warm air at 50°C for 10min. There was no significant difference in percentage of weight loss between this treatment and non-treated samples.

Keywords: *Daucus carota*, *Dickeya* spp., *Pectobacterium* spp., Warm air, Warm water

How to cite:

Aghaei Z, Yousefi Kopaei F, 2023. The efficacy of thermotherapy in control of bacterial soft rot of carrot during post-harvest period. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 11 (4): 111-116.

مقدمه

بیماری پوسیدگی نرم باکتریایی یکی از بیماری‌های مهم هویج می‌باشد. علائم این بیماری به صورت نرم، آبکی و پوسیده شدن بافت‌های آلوده مشاهده می‌شود. باکتری‌های خانواده پکتوباکتریاسه شامل جنس‌های *Pectobacterium* و *Dickeya* از عوامل اصلی پوسیدگی نرم در میزبان‌های مختلف می‌باشند. اکثر باکتری‌های عامل پوسیدگی نرم تخصص میزبانی ندارند؛ به همین دلیل ممکن است از یک گیاه بیمار بیش از یک گونه یا زیرگونه جدا شده و یا یک گونه از چند گونه گیاهی جدا گردد. باکتری *Pectobacterium carotovorum* (Jones, 1901) Waldee 1945 در دمای کمتر از ۱۰ درجه سلسیوس رشد ناچیزی دارد و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس مخرب‌ترین عامل بیماری پوسیدگی نرم میوه‌ها و سبزیجات محسوب می‌شود (Liao et al. 2006). در سال‌های اخیر استفاده بیش از حد از سموم شیمیایی در کشاورزی باعث بروز مشکلات زیست محیطی و ظهور سویه‌های مقاوم در برابر عوامل بیماری‌زا شده است (Ardakani 2009). از این‌رو تلاش برای یافتن روش‌های جایگزین با کاهش اثرات سوء بر محیط‌زیست از راه‌کارهای کشاورزی پایدار محسوب می‌شود.

یکی از روش‌های فیزیکی مورد استفاده در مدیریت تلفیقی بعضی بیمارگرهای گیاهی گرمادرمانی است. گرمادرمانی به زبان ساده، عملیات حرارت‌دهی اندام‌های گیاهی با استفاده از تیمارهای دمایی و زمانی مشخص است که با کمترین آسیب به بافت گیاه، عامل بیماری‌زا را کشته یا غیرفعال می‌کند (Grandeau et al. 1994). جایگزینی گرما برای کنترل بیماری‌های پس از برداشت به جای مواد شیمیایی، سبب سلامت بهداشتی و عدم حضور بقایای ماده‌ی شیمیایی روی سبزیجات و میوه‌ها می‌شود. هدف گرمادرمانی کاهش زادمایه اولیه است؛ بنابراین به عنوان عامل پیشگیری از وقوع بیماری عمل می‌کند. بیماری پوسیدگی نرم هویج در دوره انبارداری نیز باعث آسیب به هویج و کاهش طول دوره انبارداری آن می‌شود. با توجه به مصرف تازه‌خوری هویج کاربرد روش‌های شیمیایی جهت کنترل این بیماری سلامت بهداشتی محصول را تهدید می‌کند و استفاده از روش‌های ایمن مانند گرمادرمانی باید مورد توجه قرار گیرد. بنابراین در تحقیق حاضر تاثیر گرمادرمانی در کنترل بیماری پوسیدگی نرم هویج در دوره پس از برداشت مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از هویج‌های دارای علائم لهیدگی موجود در بازار محلی اصفهان انجام شد. جداسازی باکتری بر اساس روش معمول انجام و جدایه‌های حاصل خالص‌سازی شدند. بیماری‌زایی جدایه‌ها روی هویج با ایجاد زخم با تیغ آغشته به کلونی باکتری مورد آزمون قرار گرفت. محل زخم با پارافیلیم پوشانده شد. نمونه‌های مایه‌زنی شده در داخل ظرف‌های سترون حاوی پنبه مرطوب قرار داده شد و ظرف‌ها درون کیسه‌های نایلونی و در دمای ۲۸ درجه سلسیوس نگهداری شدند. نمونه‌ها ۲۴-۷۲ ساعت بعد از نظر ظهور علائم بررسی شدند (Schaad et al. 2001). هر جدایه در سه تکرار مایه‌زنی شد. از نمونه‌هایی که علائم بیماری را نشان دادند جداسازی مجدد عامل بیمارگر انجام گرفت. بیماری‌زایی تعدادی از جدایه‌ها روی کاهو و کلم نیز به همین روش بررسی شد.

از بین جدایه‌های بیماری‌زا، جدایه‌ی دارای توان ایجاد لهیدگی روی هویج، کاهو و کلم انتخاب و برای شناسایی آن آزمون‌های فنوتیپی و بیوشیمیایی (Schaad et al. 2001) و واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراس با استفاده از جفت‌آغازگر اختصاصی EXPCCF: 5'-GAACCTTCGCACCCGCCGACCTTCTA-3' و EXPCCR: 5'-GCCGTAATTGCCTACCTGCTTAAG-3' (Kang et al. 2003) انجام شد.

جهت انجام آزمون گرمادرمانی، ابتدا جدایه منتخب روی هویج‌های سالم مایه‌زنی شد. بدین منظور جدایه باکتری در محیط مایع مغذی (Nutrient Broth, ibresco, Karaj, Iran) کشت و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۸ درجه سلسیوس روی دستگاه تکان‌دهنده نگهداری شد. سوسپانسیون حاصله به مدت ۱۵ دقیقه در ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. رسوب حاصل در آب مقطر سترون حل و سوسپانسیونی با حجم یک لیتر با جمعیت تقریباً 3×10^8 CFU/ml ($OD_{600} = 0.3$) تهیه شد. جهت مایه‌زنی، نمونه‌های هویج شست‌وشو و سپس با الکل ۷۰ درصد ضدعفونی شدند. در هر نمونه دو محل زخم به طول تقریباً ۰/۵ × ۰/۵ میلی‌متر ایجاد شد. نمونه‌ها به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه در سوسپانسیون باکتری غوطه‌ور شدند. سپس محل زخم با پارافیلیم پوشانده شد و هر نمونه به نایلون حاوی پنبه مرطوب سترون منتقل شد.

بیست و چهار ساعت بعد از مایه‌زنی نمونه‌ها، تیمارهای حرارتی روی آن‌ها اجرا شد. آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار (هر نمونه هویج به عنوان یک تکرار) انجام شد. تیمارهای گرمایی شامل حرارت‌دهی با هوای گرم و آب گرم

پوسیدگی نرم هویج در دوره انبارداری آنالیز واریانس داده‌های مربوط به اندازه‌گیری وزن بافت له شده بیانگر تاثیر معنی‌دار اثر نوع تیمار در کاهش مقدار بافت له شده در سطح یک درصد بود. مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۱) با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که در تمام تیمارهای گرمایی به جز هوای گرم ۴۰ درجه سلسیوس، مقدار بافت لهیده نسبت به شاهد‌های آلوده تیمار نشده (بدون تیمار گرمایی و شیمیایی) کاهش معنی‌دار داشته است. کمترین مقدار لهیدگی به ترتیب در تیمارهای هوای گرم ۵۰ درجه به مدت ۱۰ دقیقه (۰/۸۵ گرم)، آب گرم ۴۰ درجه به مدت ۲۰ دقیقه (۴/۶ گرم) و آب گرم ۴۵ درجه به مدت ۱۰ دقیقه (۴/۸ گرم) بود. میزان لهیدگی در تیمارهای مذکور با میزان لهیدگی در تیمار شیمیایی تتراسیکلین (۰/۸۵ گرم) و نمونه‌های مایه‌زنی نشده اختلاف معنی‌دار نداشت. دو تیمار آب گرم ۴۰ و ۵۰ درجه به مدت ۱۰ دقیقه در سطح بعدی قرار داشتند که مقدار لهیدگی در آنها با تیمار هیپوکلریت سدیم (۱/۳ گرم) تفاوت معنی‌دار نداشت. در بین تیمارهای مورد بررسی بیشترین درصد کاهش وزن (جدول ۲) در تیمار آب گرم ۵۰ درجه در زمان‌های ۱۰ و پنج دقیقه مشاهده شد. مقدار کاهش وزن در سایر تیمارها با کاهش وزن تیمار شاهد در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار نداشت. کاهش آب بافت در دوره نگهداری به عوامل مختلف از جمله اندازه‌ی نمونه، ضخامت لایه موم و کوتیکول، شرایط نگهداری و... بستگی دارد. کاهش زیادتر وزن در تیمارهای مذکور می‌تواند به علت شسته شدن لایه کوتیکول و موم سطح هویج و در نتیجه تبخیر بیشتر آب باشد.

قبل از توصیه گرمادرمانی برای کنترل بیماری‌ها، ضروری است مطالعاتی انجام شود تا روش حرارتی و ترکیب دمایی-زمانی مناسب که بدون آسیب به میزبان، بیمارگر را به خوبی کنترل کند، تعیین شود. در تحقیق حاضر، تاثیر تیمارهای مختلف گرمایی در میزان لهیدگی حاصل از *P. carotovorum* و نیز در مقدار کاهش وزن هویج ارزیابی شد. نتایج نشان داد که تیمار گرمایی می‌تواند خسارت پوسیدگی نرم حاصل از این باکتری را کاهش دهد. تاثیر تیمار گرمایی در انواع پوسیدگی‌های پس از برداشت محصولات مختلف تایید شده است. به طور مثال، تیمار فلفل دلمه‌ای با آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ یا ۴ دقیقه در ۵۳ درجه باعث کاهش پوسیدگی‌های قارچی ناشی از آلترناریا و بوترایتیس و افزایش دوره نگهداری شده است. البته این تیمار باعث چروکیدگی محصول در طول نگهداری شده است که با بسته‌بندی آنها در لایه‌های نازک پلی‌اتیلنی این مشکل برطرف شده است (Gonzalez-Aguilar 1999).

در دوره‌های دمایی و زمانی مختلف شامل ۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ و ۲۰ دقیقه، ۴۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه و ۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۵ و ۱۰ دقیقه بود. برای اعمال تیمار هوای گرم از دستگاه آون و برای تیمار آب گرم از بن‌ماری استفاده شد. بعد از اعمال هر تیمار حرارتی، نمونه‌ها بلافاصله جهت خنک شدن به مدت ۱۰ دقیقه در آب سرد چهار درجه سلسیوس نگهداری شدند و سپس در مقابل جریان هوای پنکه خشک شدند. هر نمونه داخل یک نایلون حاوی پنبه مرطوب سترون قرار داده شد. چهار تیمار غوطه‌ورسازی هویج-های مایه‌زنی شده در محلول سفید کننده خانگی ۱۰ درصد (تجاری)، در محلول اکسی‌تتراسیکلین ۱۰٪ (میلی‌گرم در میلی-لیتر) (شرکت تولید داروهای دامی ایران، گرمسار)، در آب سرد چهار درجه سلسیوس و هویج‌های مایه‌زنی شده بدون اعمال تیمار حرارتی و شیمیایی به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. همچنین تمامی تیمارهای گرمایی ذکر شده روی هویج‌های مایه‌زنی نشده نیز اجرا شد. یک هفته بعد از اجرای آزمایش وزن بافت له شده در هر نمونه اندازه‌گیری و ثبت شد. داده‌ها با نرم افزار SAS9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تاثیر تیمارهای مختلف در میزان از دست دادن آب، با اندازه‌گیری وزن اولیه و ثانویه (وزن در پایان آزمایش) نمونه‌های مایه‌زنی نشده و اندازه‌گیری درصد کاهش وزن هر نمونه ارزیابی شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج آزمون بیماری‌زایی، جدایه دارای قدرت لهداندن هویج، کاهو و کلم برای اجرای آزمون گرمادرمانی انتخاب شد. این جدایه گرم منفی، اکسیداز منفی، بی‌هوازی اختیاری و دارای توان لهداندن ورقه‌های سیب‌زمینی بود و بنابراین به خانواده پکتوباکتریاسه تعلق دارد. این جدایه روی محیط king's B قادر به تولید رنگدانه فلورسنت نبود. واکنش آن در آزمون‌های هیدرولیز نشاسته و توتین، مصرف اسید از گلیسرول، سوربیتول و مانیتول و رشد در دمای ۳۷ درجه سلسیوس مثبت و در آزمون‌های هیدرولیز ژلاتین، لستیناز، رشد در دمای ۴۰ درجه سلسیوس، تولید ایندول، تحمل نمک ۵٪ و ۶٪ منفی بود. در واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز با آغازگرهای اختصاصی EXPCCF/EXPCCR قطعه مورد انتظار (۵۵۰ جفت‌بازی) در این جدایه تکثیر شد. براساس تلفیق نتایج آزمون واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز و تست‌های فنوتیپی، جدایه به عنوان *P. carotovorum* شناسایی شد.

در ارزیابی روش‌های مختلف گرمادرمانی در کنترل بیماری

جدول ۱. مقایسه میانگین وزن بافت له شده در ارزیابی روش‌های مختلف گرمادرمانی در کنترل بیماری پوسیدگی نرم هویج پس از برداشت در مقایسه با شاهد‌های سالم و شاهد‌های آلوده بدون تیمار و با تیمار شیمیایی.

Table 1. Mean comparison of the weight of rotted tissue in the assessment of heat therapy different methods for control of carrot soft rot during post-harvest period compared with health controls and non-treated and chemical-treated inoculated controls.

Type	Treatment		Weight of rotted tissue (gr)	
	Temperature(°C)	Time (Min)	Inoculated	Non-inoculated
Warm air	40	10	31.038a	2.78efgh
		20	15.57bc	0.543gh
	45	10	17.695b	0.39gh
		15	9.713bcd	0.733gh
	50	5	16.16bc	0 h
		10	0.85gh	0.4gh
Warm water	40	10	6.323 defg	3.067efgh
		20	4.6defgh	0.973gh
	45	10	4.848defgh	1.65fgh
		15	8.74cde	0.603gf
	50	5	7.683 cdef	5.83defg
		10	5.88 defg	3.13defgh
Cold water treated control	-	-	39.498a	-
Non-Treated control	-	-	45.423a	1.64fgh
Tetracycline-treated control	-	-	0 h	-
Sodium hypochlorite-treated control	-	-	1.335gh	-

Means with the same letter are not significantly different at 5% level based on Duncan's test.

جدول ۲. مقایسه میانگین درصد کاهش وزن نمونه‌های هویج مایه زنی نشده تحت تاثیر تیمارهای گرمایی مختلف.

Table 2. Mean comparison of the percentage of weight loss in non-inoculated carrot samples subjected to different heat treatments.

Type	Treatment		Weight loss (%)
	Temperature (°C)	Time (min)	
Warm air	40	10	5.555cde
		20	7.064abcd
	45	10	6.605abcde
		15	6.057bcde
	50	5	8.058abc
		10	7.102abcd
Warm water	40	10	4.113e
		20	4.553de
	45	10	4.113e
		15	6.671abcde
	50	5	8.555ab
		10	9.479a
No treated			5.465cde

Means with the same letter are not significantly different at 5% level based on Duncan's test.

ژنهای بیان‌کننده فنیل پروپانوئید شده است. فنیل پروپانوئیدها در حفاظت گیاهان در مقابل تنش‌های زنده و غیرزنده دخیل هستند (Liu *et al.* 2021).

در تحقیق حاضر مقدار بافت له شده در تیمارهای آب گرم در دماهای ۴۰ و ۴۵ درجه نسبت به تیمارهای هوای گرم در دماهای مذکور کمتر بود که احتمالاً به علت انتقال بهتر گرما در آب نسبت به هوا است. در آب ۵۰ درجه نیز در زمان پنج دقیقه مقدار لهیدگی کمتر از هوای گرم ۵۰ درجه بود ولی در زمان ۱۰ دقیقه مقدار لهیدگی در هوای گرم ۵۰ درجه کمتر بود که احتمالاً به این دلیل است که هوای گرم ۵۰ درجه با ترمیم محل زخم یا خشک نمودن محل زخم‌ها باعث نامناسب شدن شرایط برای رشد و تکثیر باکتری می‌شود.

در تیمار آب گرم ۴۵ درجه، برخلاف انتظار مقدار لهیدگی در مدت زمان ۱۵ دقیقه بیشتر از زمان ۱۰ دقیقه بود. این نتیجه در نظر اول ممکن است به وقوع خطا در اجرای آزمایش نسبت داده شود ولی می‌تواند به آسیب یا تغییرات بافت‌های میزبان در اثر تیمار مربوط باشد. باتوجه به اینکه مقدار بافت لهیده در تیمار ۱۰ دقیقه در ۵۰ درجه نیز نسبت به تیمار ۱۰ دقیقه در ۴۵ درجه افزایش یافته است؛ وقوع مورد دوم یعنی آسیب بافت میزبان در اثر تیمار احتمال بیشتری دارد. پاسخ به تنش گرما یک فرآیند پیچیده است که باعث انواع تغییرات فیزیولوژیکی می‌شود. از موارد آسیب حاصل از تنش گرما می‌توان به ناپایداری غشاء و تغییر ساختار دیواره سلولی اشاره نمود (Nijabat *et al.* 2020).

در ارزیابی تاثیر گرمادرمانی با آب گرم (دماهای ۴۰، ۴۴، ۴۸، ۵۲ و ۵۶ درجه سلسیوس در زمان‌های ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دقیقه) در کنترل آنتراکنوز موز نیز با افزایش دمای آب، شدت بیماری افزایش یافته است (Fernandes *et al.* 2018). در مطالعه مذکور بیشترین کاهش شدت بیماری در تیمار هشت دقیقه در دمای ۴۸ درجه سلسیوس حاصل شده است و در دوره‌های زمانی ۴، ۸ و ۱۲ دقیقه با افزایش دما از ۴۸ به ۵۲ و ۵۶ درجه، شدت بیماری افزایش یافته است. این افزایش به آسیب فیزیکی بافت و رسیدگی سریعتر میوه نسبت داده شده است (Fernandes *et al.* 2018). به‌طور کلی نتایج تحقیق حاضر کارایی گرمادرمانی در کاهش پوسیدگی نرم هویج را تایید می‌نماید. تیمار هوای گرم ۵۰ درجه به مدت ۱۰ دقیقه به عنوان مؤثرترین تیمار معرفی می‌شود.

تیمار گرمایی میوه بویسن‌بری (میوه‌ای حاصل از تلاقی شاه‌توت و تمشک) به مدت یک ساعت در دمای ۴۵ درجه سلسیوس، سبب کاهش میزان لهیدگی و تخریب میوه شده است (Vicente *et al.* 2004). تیمار میوه سیب در آب گرم ۵۰ تا ۵۲ درجه سلسیوس برای جلوگیری از آلودگی‌های قارچی سیب کافی گزارش شده است ولی دمای ۵۵ درجه علی‌رغم کاهش آلودگی به علت شسته شدن لایه کوتیکولی باعث چروکیدگی پوست شده است (Grabowski *et al.* 2012). در تحقیق حاضر، تیمار آب گرم ۵۰ درجه به مدت ۱۰ دقیقه به میزان قابل توجهی مقدار بافت لهیده را کاهش داد، به‌طوری‌که مقدار لهیدگی با تیمار هیپوکلریت سدیم تفاوت معنی‌داری نداشت ولی میزان کاهش وزن در این تیمار بیشترین بود که احتمالاً به علت تبخیر بیشتر آب ناشی از شسته شدن لایه کوتیکول و موم سطح هویج بوده است. کمترین میزان لهیدگی در تیمار هوای گرم ۵۰ درجه به مدت ۱۰ دقیقه مشاهده شد. علت تاثیر هوای گرم در کنترل پوسیدگی نرم می‌تواند غیرفعال کردن باکتری عامل بیماری یا خشک شدن بافت و در نتیجه نامناسب شدن بافت برای پیشروی عامل بیماری به خصوص باکتری‌ها باشد. خشک کردن لبه‌های زخم نقش مهمی برای کنترل پوسیدگی نرم کلم چینی داشته است (Higashio & Yamada 2004). التیام زخم‌های سطح محصولات باعث کاهش پوسیدگی‌های انباری می‌شود و یکی از راه‌های التیام زخم‌ها گرمادرمانی است که اثر آن در کاهش پوسیدگی‌های انباری مرکبات بررسی و تایید شده است (Cohen *et al.* 1990).

در استفاده از حرارت مرطوب، بیشترین کاهش مقدار لهیدگی در تیمارهای آب گرم ۴۰ درجه به مدت ۲۰ دقیقه و آب گرم ۵۰ درجه به مدت ۱۰ دقیقه بود. تیمارهای آب گرم ۴۰ درجه و ۴۵ درجه به مدت ۱۰ دقیقه نیز مقدار لهیدگی را به میزان قابل توجهی کاهش دادند. در رابطه با علت تاثیر آب گرم در کاهش بیماری می‌توان به دو مورد شسته شدن سطح محصول و در نتیجه کاهش مقدار زادمایه و غیرفعال شدن میکروب‌ها به خاطر گرما اشاره نمود. به‌علاوه این احتمال باید در نظر گرفته شود که گرمادرمانی ممکن است بیوسنتز متابولیت‌های دارای اثر کشنده را تحریک کند (Schirra *et al.* 2000). تجمع متابولیت‌های ثانویه مانند فلاونوئیدها و فنیل پروپانوئیدها با پاسخ به تنش حرارتی و تحمل آن مرتبط است (Wahid *et al.* 2007). تنش حرارتی در برگ‌های سیب‌زمینی منجر به افزایش بیان

گیرد تا تیمار مناسب معرفی شود.

سپاس‌گزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه شهرکرد به علت تأمین بودجه لازم برای انجام این پژوهش قدردانی می‌شود.

References

- Ardakani SS, Heydari A, Khorasani NA, Arjmandi R, Ehteshami M, 2009. Preparation of new biofungicides using antagonistic bacteria and mineral compounds for controlling cotton seedlings damping off disease. *Journal of Plant Protection Research* 49: 1–8.
- Cohen E, Ben-Yehoshua S, Rosenberger I, Shalom Y, Shapiro B, 1990. Quality of lemons sealed in high-density polyethylene film during long-term storage at different temperatures with intermittent warming. *Journal of Horticulture Science* 65: 603–610.
- Fernandes MB, Mizobutsi EH, Silva LM, Ribeiro RCF, Rodrigues MLM, 2018. Hydrothermal treatment in the management of anthracnose in 'Prata-Ana' banana produced in the semiarid region of Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura* 40 (2). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018871>
- Gonzalez-Aguilar GA, Cruz R, Baez R, Wang CY, 1999. Storage quality of bell peppers pretreated with hot water and polyethylene packaging. *Journal of Food Quality* 22: 287–299.
- Grabowski M, Macnar K, Skrzyński J, 2012. An example of post-harvest thermotherapy as a non-chemical method of pathogen control on apples of topaz cultivar in storage. *International Journal of Biomedical and Biological Engineering* 6 (9): 804–807.
- Grandeau C, Samson R, Sands DC, 1994. A Review of thermotherapy to free plant material from pathogens, especially seeds from bacteria. *Critical Reviews in Plant Sciences* 13 (1): 57–75.
- Higashio H, Yamada M, 2004. Control of soft rot after harvest of cabbage in Indonesia. *Japan Agricultural Research Quarterly* 38: 175–178.
- Kang HW, Kwon SW, Go SJ, 2003. PCR-based specific and sensitive detection of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* by primers generated from a URP-PCR fingerprinting-derived polymorphic band. *Plant Pathology* 52: 127–133.
- Liao CH, 2006. Bacterial soft rot. In: Sapers GM, Gorney JR, Yousef AE (eds). *Microbiology of fruits and vegetables*. CRC Press, Boca Raton. USA. Pp.117–134.
- Liu B, Kong L, Zhang Y, Liao Y, 2021. Gene and metabolite integration analysis through transcriptome and metabolome brings new insight into heat stress tolerance in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plants (Basel)* 10 (1): 103. doi:10.3390/plants10010103
- Nijabat A, Bolton A, Mahmood-ur-Rehman M, Ijaz Shah A, Hussain R, et al., 2020. Cell membrane stability and relative cell injury in response to heat stress during early and late seedling stages of diverse carrot (*Daucus carota* L.) germplasm. *HortScience* 55 (9): 1446–1452.
- Schaad NW, Jones JB, Chun W, 2001. *Laboratory Guide for the Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. APS Press. 373pp.
- Schirra M, D'hallewin G, Ben-Yehoshua S, Fallik E, 2000. Host pathogen interaction modulated by heat treatment. *Postharvest Biology and Technology* 21: 71–85.
- Vicente AR, Repice B, Martinez GA, Chaves AR, Civello PM, et al., 2004. Maintenance of fresh boysenberry fruit quality with UV-C light and heat treatments combined with low storage temperature. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 79: 246–25.
- Wahid A, Gelani S, Ashraf M, Foolad MR, 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany* 61: 199–223.



This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)