

اثر بر روی کنترل پوسیدگی خاکستری و کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی رقم سلوا

Effect of Boron on the Control of Gray Mold and Postharvest Quality of Strawberry (*Fragaria×ananassa*) Fruit cv. Selva

محمود اثنی‌عشری^{۱*}، اعظم رحیمیان^۲، حسن ساری‌خانی^۳ و دوستمراد ظفری^۴

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۵/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۰۲

چکیده

توت‌فرنگی میوه‌ای است با فسادپذیری بالا که در معرض حمله عوامل قارچی به خصوص قارچ بوتریتیسی سینره/ عامل ایجاد پوسیدگی خاکستری بوده و عمر پس از برداشت کوتاهی دارد. در این پژوهش تأثیر نمک تترابورات پتاسیم روی رشد قارچ مذکور در شرایط درون‌شیشه‌ای و هم‌چنین روی شدت بروز پوسیدگی خاکستری و برخی شاخص‌های کیفی میوه توت‌فرنگی رقم سلوا طی انبارداری بررسی شد. غلظت‌های مورد استفاده از محلول بورات در آزمایش درون شیشه‌ای شامل صفر (شاهد)، ۰/۵، یک، ۱/۵، دو، ۲/۵ و سه درصد در دو پی‌اچ هفت و نه روی محیط کشت قارچ بوتریتیسی و در آزمایشات مربوط به میوه‌های مایه‌کوبی شده با سوسپانسیون اسپور قارچ، محلول‌های یک و ۱/۵ درصد (با pH= ۹) و دو و ۲/۵ درصد (با pH= ۷) بودند. جهت ارزیابی شاخص‌های کیفی، میوه‌ها بدون آلوده‌سازی با اسپور قارچ فقط با غلظت‌های مختلف محلول بورات تیمار شده و در انبار سرد نگهداری گردیدند. نتایج نشان داد اضافه کردن بورات به غلظت یک درصد و بالاتر از آن در پی‌اچ قلیایی و دو درصد و بالاتر از آن در پی‌اچ خنثی، سبب جلوگیری کامل از رشد قارچ بوتریتیسی در شرایط درون شیشه‌ای شد. هم‌چنین تیمار میوه‌های توت‌فرنگی با محلول ۱ درصد بورات، سبب کنترل پوسیدگی خاکستری در میوه‌های آلوده به قارچ (بروز کم‌ترین درجه پوسیدگی) و حفظ برخی ویژگی‌های کیفی میوه‌های تیمار شده شامل تلفات وزن، سفتی بافت و آلودگی قارچی آن‌ها طی انبارداری گردید.

واژه‌های کلیدی: بوتریتیسی، تترابورات پتاسیم، عمر انباری

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب استاد، دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران
۴. دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران
*: نویسنده مسئول Email: m.esnaashari@basu.ac.ir

مقدمه

خاکستری پس از برداشت انگوره‌های انبار شده در صفر درجه سانتی‌گراد، پس از ۳۰ روز مؤثر بود، هم‌چنین بُر به‌طور قابل توجهی از گسترش میسلیم‌ها و جوانه‌زنی اسپوره‌های جنس بوتریتیس در محیط‌کشت سیب‌زمینی-دکستروز-آگار^{۱۳} جلوگیری کرد (کین و همکاران، 2010).

طبق گزارش شی و همکاران (2011)، کاربرد درون شیشه‌ای بورات سبب توقف جوانه‌زنی اسپور، طویل شدن لوله میسلیم، اختلال در تقسیم هسته و آسیب به اندوسیتوزیس^{۱۴} (فرآیندی کلیدی در رشد میسلیم‌ها) کنیدیای قارچ کلتوتریکوم گلوکوسپوریویدس^{۱۵} عامل ایجاد آنتراکنوز انبه شد. هم‌چنین محلول‌پاشی میوه‌ها با بورات طی رسیدن، به‌طور معنی‌داری سبب کاهش بروز آنتراکنوز پس از برداشت آن‌ها شد. تاکنون گزارشی مبنی بر اثر کاربرد بُر به فرم تترابورات پتاسیم روی کنترل پوسیدگی خاکستری توت‌فرنگی پس از برداشت میوه ثبت نشده است، بدین لحاظ پژوهش حاضر با هدف فوق در ۳ آزمایش جداگانه به مرحله اجرا گذاشته شد.

مواد و روش‌ها

۱. تیمار قارچ با محلول بورات در شرایط درون‌شیشه‌ای

نمک تترابورات پتاسیم با خلوص ۹۹ درصد در بسته‌بندی ۵۰۰ گرمی از شرکت فلوکا خریداری گردید. این مطالعه به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در ۳ تکرار به مرحله اجرا گذاشته شد. فاکتور اول غلظت نمک تترابورات پتاسیم در ۷ سطح شامل صفر (شاهد)، ۰/۵، یک، ۱/۵، دو، ۲/۵ و سه درصد و فاکتور دوم پی‌اچ محلول در دو سطح شامل نه (پی‌اچ طبیعی ماده) و هفت (تنظیم با اسید کلریدریک) به‌منظور سنجش تأثیر پی‌اچ بر میزان اثرگذاری ماده بود. در این آزمایش از محیط‌کشت سیب‌زمینی-دکستروز-آگار به میزان ۳۹ گرم در لیتر استفاده شد که در اتوکلاو به‌مدت ۲۰ دقیقه استریل گردیده بود.

پس از خنک شدن محیط‌های کشت و رسیدن دمای آن‌ها به ۶۰ درجه سانتی‌گراد، نمک بورات با فیلتر سرسرنگی به آن‌ها اضافه شد و پس از همگن شدن، در پتری‌دیش‌های استریل با قطر نه سانتی‌متر توزیع گردید. برای تهیه تیمار شاهد از آب مقطر با دو پی‌اچ هفت و نه استفاده شد.

پس از جامد شدن محیط‌های کشت، یک حلقه میسلیمی از حاشیه کشت هفت روزه قارچ بوتریتیس سینره^۱ (که از روی میوه‌های آلوده توت‌فرنگی خالص‌سازی شده بود) در مرکز هر

میوه توت‌فرنگی به‌علت داشتن آب و مواد غذایی زیاد و بافت آسیب‌پذیر، محصولی است که پس از برداشت به آسانی مورد حمله پاتوژن‌های قارچی قرار می‌گیرد که از میان آن‌ها قارچ بوتریتیس سینره^۱ به‌علت پراکندگی آسان و قابلیت رشد در دماهای پایین خسارت بیشتری وارد می‌کند. تاکنون روش‌های مختلف کنترل پوسیدگی خاکستری توت‌فرنگی، قبل و پس از برداشت به‌کار گرفته شده است که استفاده از نمک‌های معدنی نیز در این راستا می‌باشد. ویژگی نمک‌های معدنی در کنترل قارچ‌های مختلف به‌ویژه جنس بوتریتیس طی آزمایشات مختلف روی محصولات باغی به اثبات رسیده است (گابلر و اسمیلانیک^۲، 2001؛ کارابولوت^۳ و همکاران، 2003 و 2005؛ نارادیسورن^۴، 2008؛ نیگرو^۵ و همکاران، 2006). اسید بوریک و بورات‌های معدنی در طبیعت فراوانند و به‌طور گسترده‌ای در صنعت و تهیه محصولات دارویی، بهداشتی و کشاورزی کاربرد دارند. این ترکیبات در مقادیر بالا سمی‌اند اما جهش‌زا یا سرطان‌زا نیستند (فیل^۶ و همکاران، 1998). اطلاعات اندکی در مورد تأثیر بُر روی کنترل بیماری‌های گیاهی ناشی از پاتوژن‌های میکروبی وجود دارد. رولشاسن و گابلر^۷ (2005) نشان دادند که بُر به فرم اسید بوریک می‌تواند در کنترل بیماری مرگ سرشاخه ناشی از قارچ گونه یوتیپا لاتا^۸ در انگور مؤثر باشد. تامیدیس و اگزاداکتیلو^۹ (2010) تأثیر بُر روی حساسیت هلو به پوسیدگی قهوه‌ای ناشی از قارچ گونه مونیلینیا لاکسا^{۱۰} را پیش و پس از برداشت بررسی کردند. نتایج آنان نشان داد در آزمایشات مزرعه‌ای شدت آلودگی میوه‌ها با این قارچ، همبستگی منفی با میزان بُر موجود در برگ‌ها داشت.

ثابت شده است که بُر در جلوگیری از رشد قارچ گونه پنسیلیوم اکسپانسونوم^{۱۱} مؤثر می‌باشد. این تأثیر ممکن است مربوط به افزایش تنش اکسایشی ناشی از بُر به‌واسطه توقف بیان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در پاتوژن باشد (کین^{۱۲} و همکاران، 2007). در پژوهشی دیگر کاربرد بُر به فرم تترابورات پتاسیم با غلظت‌های ۰/۱ تا یک درصد در کنترل پوسیدگی

1. *Botrytis cinerea*
2. Gabler and Smilanick
3. Karabulut
4. Naradisorn
5. Nigro
6. Fail
7. Rolshausen and Gubler
8. *Eutypalata*
9. Thomidis and Exadaktylou
10. *Monilinia laxa*
11. *Penicillium expansum*
12. Qin

13. Potato Dextrose Agar

14. Endocytosis

15. *Colletotrichum gloeosporioides*

ج: مایه کوبی و بسته بندی میوه ها

سوسپانسیون اسپور قارچ بلافاصله پس از تهیه، روی سطح میوه ها اسپری شد. سپس هر میوه به طور جداگانه در ظروف در بسته قرار گرفت و به عنوان یک تکرار منظور شد. پس از آن بسته ها به یخچال با دمای ۵-۴ درجه سانتی گراد منتقل گردیدند (مو و سونگ، ۲۰۰۷). در روز پانزدهم، شدت پوسیدگی میوه ها بر اساس درجه بندی زیر محاسبه شد (زلاکی و میچام، ۲۰۰۳):

صفر = بدون پوسیدگی (میوه سالم)

۱ = مختصر: یک تا سه نقطه کوچک آلودگی

۲ = متوسط: ۲۵ تا ۵۰ درصد میوه پوسیده

۳ = شدید: نصف و تمام میوه پوسیده

۳. تیمار میوه ها با محلول بورات جهت سنجش عمر

انباری

این مطالعه نیز در قالب یک طرح کاملاً تصادفی و روی میوه های مایه کوبی نشده انجام شد و نتایج موفق آزمایش درون شیشه ای به عنوان تیمارهای این بخش مدنظر قرار گرفت. بدین منظور میوه ها در غلظت های یک و ۱/۵ درصد محلول تترابورات پتاسیم با پی اچ نه و دو و ۲/۵ درصد با پی اچ هفت و آب مقطر (شاهد) حاوی توپین ۲۰ (۲ قطره در هر لیتر) به عنوان مویان (همگی با دمای 1 ± 25 درجه سانتی گراد) به مدت ۵ دقیقه غوطه ور گردیدند. برای هر تیمار سه تکرار و برای هر تکرار ۵۰۰ گرم میوه منظور شد. پس از خشک شدن، میوه ها به ظروف پلاستیکی درب دار منتقل شده و در دمای ۵-۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

پتری دیش قرار داده شد و دور پتری دیش ها با پارافیلیم مسدود گردید، سپس پتری دیش ها به انکوباتور با دمای ۲۴ درجه سانتی گراد انتقال یافتند. میزان رشد روزانه میسلیم ها در هر پتری دیش اندازه گیری شد تا این که پتری دیش های شاهد، تقریباً به طور کامل توسط قارچ اشغال شدند. میزان رشد میسلیم قارچ در تیمارهای بُر، در روز پنجم که میانگین قطر میسلیم شاهد در پی اچ هفت و نه به ترتیب به ۸/۶۶ و ۶/۵ سانتی متر رسید در نظر گرفته شد.

درصد بازدارندگی رشد میسلیم در هر تیمار با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (کین و همکاران، ۲۰۱۰):

$100 \times (\text{قطر پرگنه در شاهد} / \text{قطر پرگنه در تیمار} - \text{قطر پرگنه در شاهد}) = \text{درصد بازدارندگی}$

۲. تیمار میوه ها با محلول بورات و مایه کوبی آن ها با

اسپور قارچ

الف: تهیه و تیمار میوه ها

میوه های توت فرنگی رقم سلوا، از یکی از گلخانه های تولیدکننده توت فرنگی واقع در شهرستان همدان تهیه شده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردیدند. برای مطالعه تأثیر نمک تترابورات پتاسیم روی کنترل پوسیدگی میوه ها، یک طرح کاملاً تصادفی در نظر گرفته شد که در آن غلظت های یک و ۱/۵ درصد محلول تترابورات پتاسیم با پی اچ نه و دو و ۲/۵ درصد با پی اچ هفت (تیمارهای موفق آزمایش درون شیشه ای) به عنوان تیمارهای آزمایش انتخاب و در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. بدین منظور تعداد ۱۰ عدد میوه برای هر تیمار انتخاب شد. سپس میوه ها در غلظت های یاد شده محلول بورات و آب مقطر (شاهد) حاوی توپین ۲۰ (۲ قطره در هر لیتر) به عنوان مویان، همگی با دمای 1 ± 25 درجه سانتی گراد به مدت ۵ دقیقه به صورت غوطه وری تیمار شدند.

ب: تهیه سوسپانسیون اسپور قارچ

به کشت دو هفته ای قارچ جنس بوتریتیس روی محیط سیب زمینی - دکستروز - آگار، پنج میلی لیتر آب مقطر استریل اضافه شد. سپس اسپورها توسط یک تیغه استریل به آرامی از سطح جدا گردید و سوسپانسیون حاصل به منظور حذف بقایای میسلیمی از ۴ لایه گاز استریل عبور داده شد. شمارش تعداد اسپورها با استفاده از لام هموسیتومتر و رسیدن به غلظت مورد نظر (10^6 اسپور در میلی لیتر)، با اضافه کردن آب مقطر استریل صورت گرفت (مو و سونگ، ۲۰۰۷).

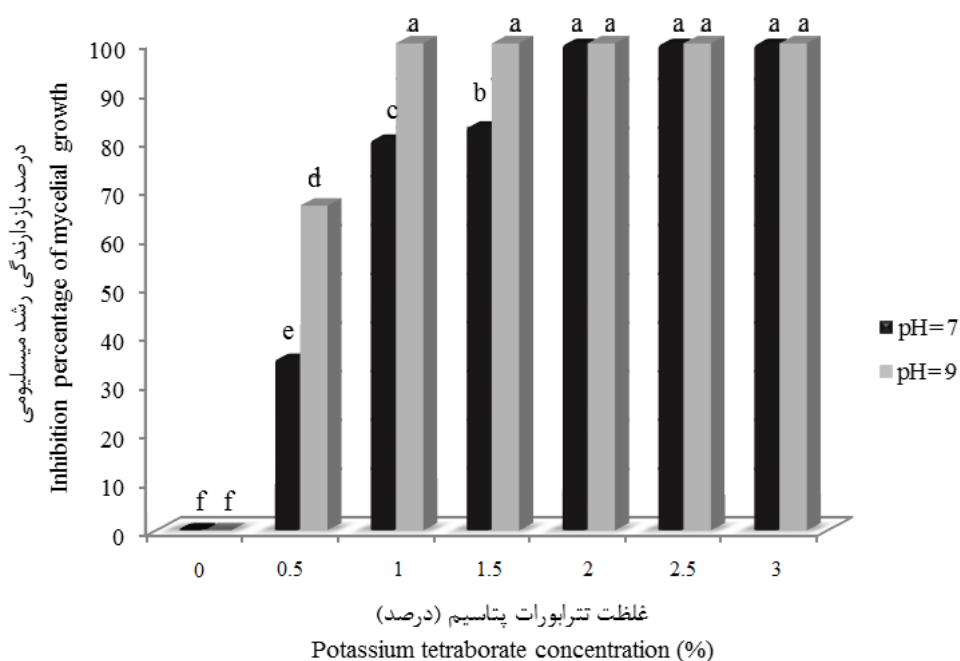
جدول ۱: تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف تترابورات پتاسیم در دو پی‌اچ هفت و نه روی کنترل قارچ جنس بوتریتیس در شرایط درون‌شیشه‌ای

Table 1: Analysis of variance of the effect of different concentrations of potassium tetraborate with pH 7 and 9 on the control of *Botrytis in vitro*

میانگین مربعات MS	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V.
8571.42**	6	غلظت بُر Boron concentration
988.23**	1	پی‌اچ pH
248.85**	6	غلظت بُر × پی‌اچ Boron concentration × pH
1.78	28	خطا Error
1.75	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

***: معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

***: Significant at 0.01 level



شکل ۱: تأثیر غلظت‌های مختلف تترابورات پتاسیم در دو پی‌اچ هفت و نه روی درصد بازدارندگی رشد میسلیمی قارچ بوتریتیس در شرایط درون‌شیشه‌ای

Fig. 1: Effect of different concentrations of potassium tetraborate with two pH 7 and 9 on inhibition percentage of mycelial growth of *Botrytis in vitro*

مدل ان. یک ژاپن، اسیدیته قابل تیتراسیون (با استفاده از روش تیتراسیون توسط سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به پی‌اچ ۸/۲ ± ۰/۱) و آلودگی‌های قارچی میوه‌ها (طبق درجه‌بندی بالا) مورد ارزیابی قرار گرفتند. هم‌چنین میزان بُر جذب شده توسط میوه‌ها با روش اسپکترومتری و استفاده از معرف آزومتین-اچ^۴ اندازه‌گیری شد (گوپتا^۵، ۱۹۹۸).

هر ۵ روز یک‌بار و طی سه مرحله (روزهای پنج و ۱۰ و ۱۵ انبارداری) ویژگی‌هایی از قبیل درصد کاهش وزن میوه، سفتی بافت (توسط دستگاه سفتی‌سنج واگنر مدل اف.دی.کا آمریکا با نفوذ دادن میله (با قطر ۵ میلی‌متر) در دو نقطه مقابل هم روی هر میوه)، پی‌اچ (توسط پی‌اچ متر مدل ۸۲۷ متروهم^۲ سوییس)، مواد جامد محلول (توسط رفراکتومتر دستی آتاگو

3. Atago N1
4. Azomethine-H
5. Gupta

1. Wagner F. D. K
2. Metrohm

براساس نتایج به دست آمده از این آزمایش، فعالیت ضدقارچی بُر به افزایش غلظت آن مربوط نبود، چرا که غلظت‌های بالاتر تترابورات پتاسیم حتی اثر منفی روی شدت بیماری داشتند. این امر می‌تواند به دلیل حساسیت و آسیب‌پذیری بافت ظریف اپیدرم میوه توت‌فرنگی در مقابل تترابورات باشد که شدت نفوذ میسلیم را تشدید نموده است. طبق گزارش تامیدیس و *اگزاداکتیلو*^۲ (2010)، تیمار میوه هلو با محلول‌های بُر، قبل از آلوده‌سازی آن‌ها با سوسپانسیون اسپور قارچ پوسیدگی قهوه‌ای، نیز سبب کاهش معنی‌دار پوسیدگی در میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد پس از دو هفته انبارداری در دمای ۲ تا ۴ درجه سانتی‌گراد گردید.

۳. اثر بُر روی ویژگی‌های انباری میوه‌ها

الف: کاهش وزن

تیمار میوه‌ها با بعضی غلظت‌های بورات سبب حفظ نسبی وزن آن‌ها طی انبارداری شد و از این نظر بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ وجود داشت، به طوری که بیش‌ترین میزان کاهش وزن، در تیمار ۱/۵ درصد بورات مشاهده شد (جدول ۳). تیمار میوه‌های هلو در محلول‌های حاوی بُر نیز در کاهش تلفات وزن آن‌ها پس از یک ماه انبارداری در دمای ۲ تا ۴ درجه مؤثر بوده است (*تامیدیس و اگزاداکتیلو*، 2010). به نظر می‌رسد بالا رفتن غلظت بُر در پی‌اچ قلیایی سبب آسیب به اپیدرم میوه‌ها شد و اتلاف آب از آن‌ها را تسریع نمود، این در حالی است که کاهش پی‌اچ در غلظت بالا آسیب کمتری به میوه‌ها وارد نمود و در حفظ کیفیت آن‌ها مؤثرتر بود.

ب: سفتی بافت

میزان سفتی بافت میوه‌ها طی انبارداری کاهش یافت، اما شدت کاهش در بعضی تیمارها نسبت به شاهد کندتر بود و از این نظر اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها در سطح ۰/۰۵ مشاهده شد. براساس نتایج (جدول ۳)، بیش‌ترین میزان سفتی در تیمارهای ۱ و ۲ درصد تترابورات پتاسیم مشاهده شد.

تجزیه آماری داده‌های حاصل از آزمایشات با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها نیز از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

۱. کنترل قارچ در شرایط درون‌شیشه‌ای

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که غلظت‌های مختلف بُر در هر دو پی‌اچ در کاهش و یا جلوگیری از رشد قارچ در شرایط درون‌شیشه‌ای تأثیر معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ داشت (جدول ۱) و با افزایش غلظت تیمار، درصد بازدارندگی رشد میسلیم افزایش یافت. اما بازدارندگی کامل (۱۰۰ درصد) رشد میسلیم در پی‌اچ نه (پی‌اچ طبیعی ماده) در غلظت یک درصد و بالاتر از آن و در پی‌اچ هفت در غلظت دو درصد و بالاتر از آن مشاهده شد (شکل ۱)، که نشان‌دهنده نقش پی‌اچ قلیایی ماده در میزان اثرگذاری آن روی قارچ بود.

نحوه عمل بورات علیه پاتوژن‌های قارچی کاملاً مشخص نشده؛ اما در پژوهشی مشاهده گردیده است که بورات باعث تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن^۱ در اسپور پنسیلیوم *اکسپانسونوم* و توقف جوانه‌زنی آن می‌شود (کین و همکاران، 2007). همچنین گزارش شده است که بُر با تأثیرگذاری روی پایداری غشاهای سلولی قارچ گونه بوتریتیس سبب نشت کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌های محلول از میسلیم‌های آن می‌شود. این حالت یک ساعت پس از تیمار با بُر رخ می‌دهد و سرعت آن در یک بازه زمانی ۲۴ ساعته برای پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها ثابت است. همچنین رابطه مستقیمی بین غلظت بُر و مقدار مواد خروجی وجود دارد (کین و همکاران، 2010). به علاوه نمک تترابورات پتاسیم به‌طور طبیعی دارای پی‌اچ قلیایی است و قلیایی بودن پی‌اچ نمک‌ها روی شدت عمل پاتوژن‌ها اثر دارد (*پراسکی و همکاران*، 2004) که صحت این تأثیر در آزمایش حاضر نیز تأیید شد.

۲. اثر بُر روی کنترل پوسیدگی میوه‌های مایه‌کوبی شده

تیمار بُر سبب کاهش شدت پوسیدگی میوه‌ها شد و از این نظر اختلاف معنی‌داری (در سطح ۰/۰۱) بین تیمارها وجود داشت (جدول ۲). کم‌ترین شدت آلودگی در تیمار یک درصد و بیش‌ترین آن در تیمار شاهد (غوطه‌وری در آب مقطر) مشاهده شد؛ اما بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲).

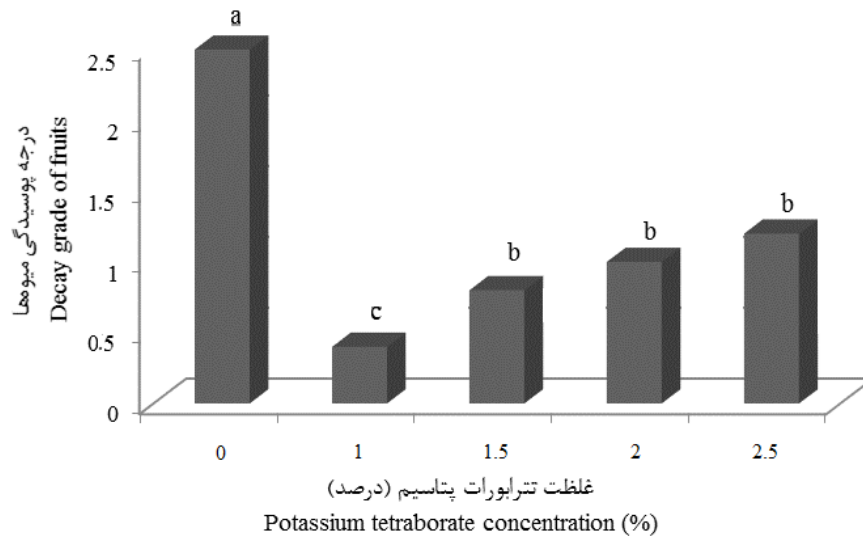
جدول ۲: تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف تترابورات پتاسیم روی شدت آلودگی کپک خاکستری میوه‌های توت‌فرنگی مایه‌کوبی شده با اسپور قارچ بوتریتیس

Table 2: Analysis of variance of the effect of different concentrations of potassium tetraborate on the occurrence of gray mold in strawberry fruit inoculated with spore suspension of *Botrytis*

میانگین مربعات MS	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V.
6.32**	4	تیمار Treatment
0.18	45	خطا Error
35.95	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

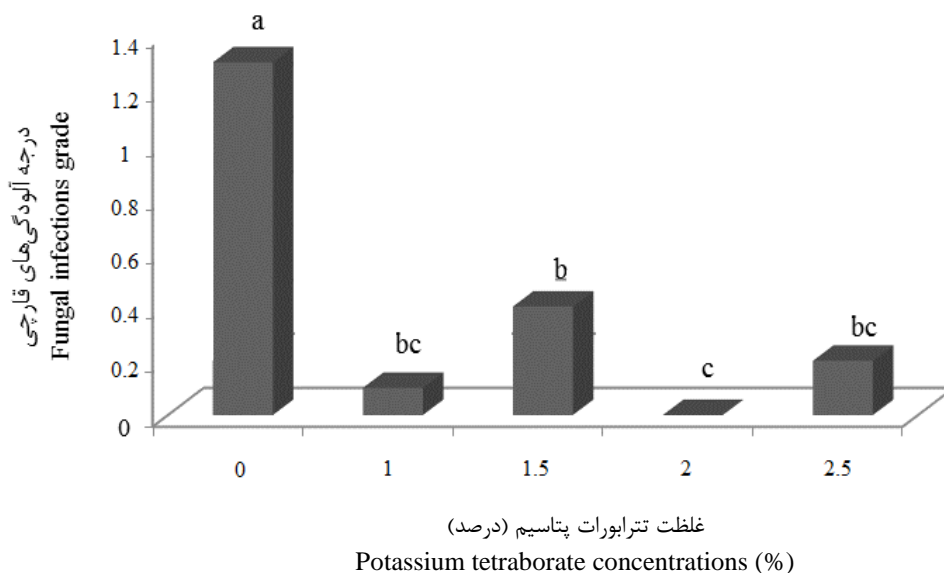
***: معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

***: Significant at 0.01 level



شکل ۲: تأثیر غلظت‌های مختلف تترابورات پتاسیم روی درجه پوسیدگی توت‌فرنگی‌های مایه‌کوبی شده با اسپور قارچ بوتریتیس

Fig. 2: Effect of different concentrations of potassium tetraborate on decay grade of strawberries inoculated with spore suspension of *Botrytis*



شکل ۳: اثر غلظت‌های مختلف تترابورات پتاسیم روی شدت بروز آلودگی‌های قارچی میوه‌های توت‌فرنگی ۱۵ روز پس از انبارداری

Fig. 3: Effect of different concentrations of potassium tetraborate on strawberry fruit fungal infections severity 15 days after storage

جدول ۳: تأثیر غوطه‌وری میوه‌های توت‌فرنگی در محلول تترابورات پتاسیم روی برخی ویژگی‌های کیفی میوه ۱۵ روز پس از انبارداری
Table 3: Effect of immersion of strawberry fruits in potassium tetraborate solution on some quality properties of fruit 15 days after storage

شاخص‌های کیفیت Quality indexes							غلظت تترابورات پتاسیم (درصد) Potassium tetraborate concentration (%)
محتوای بُر میوه‌ها (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه) Boron content of fruits (mg/100gr fresh weight)	اسیدیته قابل تیتر (درصد) Titrable acidity (%)	بی‌اچ pH	مواد جامد محلول (درجه بریکس) TSS (°B)	سفتی میوه (نیوتن بر سانتی‌مترمربع) Fruit firmness (N/cm ²)	تلفات وزن (درصد) Weight loss (%)		
0.14 ^d	0.57 ^a	3.44 ^a	7.93 ^a	1.90 ^b	6.70 ^b	0	
1.35 ^c	0.64 ^a	3.51 ^a	8.13 ^a	2.12 ^{ab}	5.61 ^b	1	
1.54 ^c	0.61 ^a	3.45 ^a	7.56 ^a	1.89 ^b	9.60 ^a	1.5	
3.13 ^b	0.65 ^a	3.48 ^a	7.73 ^a	2.28 ^a	6.06 ^b	2	
4.86 ^a	0.61 ^a	3.43 ^a	8.00 ^a	1.95 ^b	3.96 ^b	2.5	

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین اعداد در سطح پنج درصد می‌باشند
Similar letters in each column show non-significant difference between the data at 5% level

نسبتاً ضعیفی در بدن جذب می‌شود (سیمسک^۵ و همکاران، ۲۰۰۳). بنابراین طبق نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، حتی مصرف روزانه ۲۶۷/۵ گرم از میوه‌های تیمار شده با بالاترین غلظت بُر (۲/۵ درصد) صدمه‌ای به مصرف‌کننده وارد نمی‌کند (جدول ۳).

ه: آلودگی‌های قارچی

تیمار میوه‌ها با بُر روی میزان آلودگی‌های انباری آن‌ها در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان آلودگی در میوه‌های شاهد و پس از آن در میوه‌های تیمار ۱/۵ درصد و کم‌ترین آن در میوه‌های تیمار شده با ۲ درصد بورات وجود داشت (شکل ۳). اولین علائم آلودگی‌های قارچی در میوه‌های شاهد در روز یازدهم انبارداری مشاهده گردید، اما آلودگی روی میوه‌های تیمار شده با بورات از روز چهاردهم شروع شد. آلودگی روی میوه‌ها نیز بیشتر در اثر حمله قارچ‌های جنس بوتریتیس، ریزوپوس^۶ و پنسیلیوم بود. نقش احتمالی بورات در کنترل پوسیدگی‌های پاتولوژیکی میوه می‌تواند به‌دلیل اثرات سمیت مستقیم این ماده روی قارچ، به‌واسطه فعالیت ضد میکروبی یا حفظ تمامیت غشاهای سلولی به‌واسطه خواص فیزیولوژیکی آن باشد (تامیدیس و اگزاداکتیلو، ۲۰۱۰).

در مجموع سمیت بورات برای قارچ بوتریتیس می‌تواند یکی از راه‌های کاهش آلودگی این محصول به قارچ مذکور باشد، اما مکانیسم‌های ضدقارچی این ماده به نظر پیچیده بوده و مستلزم انجام تحقیقات بیشتری در این زمینه می‌باشد.

تخریب بافت و کاهش سفتی میوه‌های نرم مثل توت‌فرنگی طی انبارداری، یکی از عوامل اصلی محدودکننده کیفیت میوه و کاهش عمر قفسه‌ای آن است. نرم‌شدن میوه مربوط به تغییرات بیوشیمیایی در ترکیبات دیواره سلولی (عمدتاً پکتین‌ها)، تیغه میانی و غشاهای سلولی است (جکمن و استنلی^۱، ۱۹۹۵). غوطه‌وری میوه هلو در محلول‌های حاوی بُر سبب حفظ سفتی گوشت آن‌ها طی انبارداری شده و میوه‌های شاهد کم‌ترین میزان سفتی گوشت را در مقایسه با تیمارها داشتند. بُر احتمالاً با کاهش شکاف‌های ریزوکوتیکولی^۲ سطح میوه سبب کاهش تلفات آب شده و در نتیجه افزایش عمر انباری محصول را در پی دارد (تامیدیس و اگزاداکتیلو، ۲۰۱۰).

ج: مواد جامد محلول، بی‌اچ و اسیدیته قابل تیتراسیون

تیمار بورات تأثیر معنی‌داری بر میزان مواد جامد محلول، بی‌اچ و اسیدیته قابل تیتراسیون عصاره میوه‌ها برجا نگذاشت (جدول ۳).

د: غلظت بُر میوه‌ها

تأثیر تیمار بورات بر میزان بُر میوه‌های توت‌فرنگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بود. میزان بُر میوه‌ها با افزایش غلظت تیمار بالا رفت و بالاترین مقدار آن در میوه‌های تیمار ۲/۵ درصد مشاهده شد (جدول ۳). سازمان جهانی بهداشت^۳ مصرف بُر را تا میزان ۱۳ میلی‌گرم در روز برای انسان بالغ ایمن دانسته (بکینگ و چن^۴، ۱۹۹۸)، اما مصرف روزانه تا ۴۰ میلی‌گرم و کمی بالاتر از آن نیز سبب بروز مسمومیت نمی‌شود، زیرا این عنصر به‌طور

1. Jackman and Stanley
2. Cuticularmicrocraking
3. World Health Organization (WHO)
4. Becking and Chen

5. Simsek
6. Rhizopus

- Becking, G. C. and Chen, B. H. 1998. International program on chemical safety environmental health criteria on boron human health risk assessment. International Program on Chemical Safety, WHO, Human press inc, pp: 439-452.
- Fail, P. A., Chapin, R. E., Price, C. J. and Heindelt, J. J. 1998. General, reproductive, developmental, and endocrine toxicity of boronated compounds. *Reproductive Toxicology*, 12 (1): 1-18.
- Gabler, M. F. and Smilanick, J. L. 2001. Postharvest control of table grape gray mold on detached berries with carbonate and bicarbonate salts and disinfectants, *American Journal of Enology and Viticulture*, 52 (1): 12-20.
- Gupta, U. C. 1998. Determination of Boron, Molybdenum, and Selenium in Plant Tissue. In: Karla, Y. P. (ed) *Handbook of Methods for Plant Analysis*. CRC Press, pp: 171-174.
- Jackman, R. L. and Stanley, D. W. 1995. Perspectives in the textural evaluation of plant foods. *Trends in Food Science & Technology*, 6: 187-194.
- Karabulut, O. A., Romanazzi, G., Smilanick, J. L. and Lichter, A. 2005. Postharvest ethanol and potassium sorbate treatments of table grapes to control gray mold. *Postharvest Biology and Technology*, 37: 129-134.
- Karabulut, O. A., Smilanick, J. L., Mlikota Gabler, F., Mansour, M. and Droby, S. 2003. Near-harvest applications of *Metschnikowia fructicola*, ethanol, and sodium bicarbonate to control postharvest diseases of grape in central California. *Plant Disease*, 87: 1384-1389.
- Mo, E. K. and Sung, C. K. 2007. Phenylethyl alcohol (PEA) application slows fungal growth and maintains aroma in strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 45: 234-239.
- Naradisorn, M. 2008. Effect of Nutrition on Postharvest Quality and Graymold Development in Strawberries. A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, University of Adelaide, Faculty of Science, 185 p.
- Nigro, F., Schena, L., Ligorio, A. and Pentimone, I. 2006. Control of table grape storage rots by pre-harvest applications of salts. *Postharvest Biology and Technology*, 42: 142-149.
- Prusky, D., McEvoy, J. L., Saftner, R., Conway, W. S. and Jones, R. 2004. Relationship between host acidification and virulence of *Penicillium* spp. on apple and citrus fruit. *Journal of Phytopathology*, 94: 44-51.
- Qin, G. Z., Tian, S. P., Chan, Z. and Li, B. 2007. Crucial role of antioxidant proteins and hydrolytic enzymes in pathogenicity of *Penicillium expansum*. *Molecular & Cellular Proteomics*, 6: 425-438.
- Qin, G. Z., Zong, Y. Y., Chen, Q. L., Hua, D. L. and Tian, S. P. 2010. Inhibitory effect of boron against *Botrytis cinerea* on table grapes and its possible mechanisms of action. *International Journal of Food Microbiology*, 138: 145-150.
- Rolshausen, P. E. and Gubler, W. D. 2005. Use of boron for the control of Eutypa dieback of grapevines. *Plant Disease*, 89: 734-738.
- Shi, Z. Q., Li, B. Q., Qin, G. Z. and Tian, S. P. 2011. Antifungal activity and possible mode of action of borate against *Colletotrichum gloeosporioides* on mango. *Plant Disease*, 95: 63-69.
- Simsek, A., Korkmaz, D., Velioglu, Y. S. and Ataman, O. Y. 2003. Analytical, nutritional and clinical methods determination of boron in hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties by inductively coupled plasma optical emission spectrometry and spectrophotometry. *Food Chemistry*, 83: 293-296.
- Thomidis, T. and Exadaktylou, E. 2010. Effect of boron on the development of brown rot (*Monilinia laxa*) on peache. *Crop Protection*, 29: 572-576.
- Wszelaki, A. L. and Mitcham, E. J. 2003. Effect of combinations of hot water dips, biological control and controlled atmospheres for control of gray mold on harvested strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 27: 255-264.

Effect of Boron on the Control of Gray Mold and Postharvest Quality of Strawberry (*Fragaria × ananassa*) Fruit cv. Selva

Esna-Ashari^{1*}, M., Rahimian², A., Sarikhani³, H. and Zafari⁴, D.

Abstract

Strawberry is a highly perishable fruit sensitive to fungal infections especially gray mold caused by *Botrytis cinerea*, and has a short postharvest life. In this research, the effect of potassium tetraborate on the growth of the above fungus *in vitro*, as well as on gray mold severity and some qualitative indices of strawberry fruit cv. Selva during cold storage were investigated. *In vitro* experiment, the concentrations of borate solution were 0 (control), 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 and 3% in two pHs of 7 and 9 added to the *Botrytis* culture medium, and in *in vivo* experiments for incubated fruits with the fungus spore suspension, were 1 and 1.5% (pH= 9) and 2 and 2.5% (pH= 7). For the evaluation of qualitative indices, only non-inoculated fruits were treated with different concentration of borate solutions and kept in cold storage. The results showed that *Botrytis* growth was completely blocked *in vitro* when borate with the concentrations of 1% or higher (pH= 9) and 2% or higher (pH= 7) was added to the fungus culture medium. Also, treatment of strawberries with 1% borate solution could control gray mold of infected fruits (showing least decay grade) and preserve certain qualitative characteristics including weight loss, tissue firmness and fungal infection during storage.

Keywords: *Botrytis*, Potassium tetraborate, Storage life

1, 2 and 3. Professor, MSc Graduated Student, and Associate Professor, Respectively, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

4. Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

*: Corresponding author

Email: m.esnaashari@basu.ac.ir