تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۲۵ / شماره ۷۷/ پاییز و زمستان /۱۴۰۳/ ص۵۵ - ۶۸

سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

کاربرد مواد ضد سرما در ممانعت از تولید قندهای احیاکننده طی تنش سرما و انبارداری سیب‌زمینی

سودابه عین افشار[1*]، کوروش شجاعی نوفرست[2]

۱* دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،AREEO، مشهد، ایران.

۲استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،AREEO، مشهد، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۱۰/۰۵ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۳/۰۲/۰۴

چکیده

این تحقیق با هدف جلوگیری از تولید قندهای احیاکننده طی تنش سرما در سیب‌زمینی و با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارها عبارت بودند از: دو رقم سیب‌زمینی (آگریا و فونتین)، مواد ضدسرما (محلول‌پاشی کلسیم (۱/۵ لیتر در هکتار)، پتاسیم (۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم انحلال‌پذیر در آب)، ترکیب اسیدآمینه دلفان‌پلاس (۱ لیتر در هکتار) و اسید آسکوربیک (یک در هزار) و تیمار عدم محلول‌پاشی (تیمار شاهد)) و انبارداری (شش ماه). با توجه به پیش‌بینی وقوع سرما در منطقهٔ جلگه‌رخ در پنجم مهر ماه و دوازدهم مهر ماه ۱۳۹۸ محلول‌پاشی‌ها اجرا شد. پس از برداشت، سیب‌زمینی درجه‌بندی و در انبار فنی در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۵تا ۹۸ درصد به مدت ٦ ماه انبار شد. هر دو ماه یک‌بار آزمون‌های درصد رطوبت، کاهش وزن، مقدار قند احیاکننده، خاکستر، تجزیه و تحلیل بافت و رنگ (تعیین ویژگی‌های a* ، L* ، b*) دنبال شد. نتایج تحقیق نشان داد کاربرد مواد ضدسرما موجب کاهش قندهای احیاکننده و ویژگی‌های رنگی a* و ΔE (نشانگر قرمزی کمتر) و افزایش b* وL* (به ترتیب نشانگر زردی و روشنی بیشتر) طی ٦ ماه انبارداری شده‌اند. مواد ضد سرما در تولید قندهای احیاکننده موجب حفظ ویژگی‌های فیزیکی سیب‌زمینی مانند سختی بافت شد. کمترین مقدار قندهای احیاکننده در رقم آگریا و در تیمار اسیدهای آمینه (۱۰۰گرم/میلی‌گرم ۳/۳۸۰) و بیشترین مقدار آن در تیمار شاهد رقم فونتین (۱۰۰گرم/میلی‌گرم ۲۰/۲٤) بود.

واژه‌های کلیدی: اسیدآسکوربیک، اسیدآمینه، پتاسیم، کلسیم، واکنش‌های قهوه‌ای شدن سیب‌زمینی

مقدمه

ایران با تولید ۵/۴ میلیون تن سیب زمینی در سال ۲۰۲۰ ، رتبهٔ ۱۹ را در بین کشورهای تولیدکننده سیب زمینی داشته است (Vejdani, 2022). تولید سالیانه بیش از ۳/۹ میلیون تن سیب‌زمینی در کشور، این محصول را در ردیف مهمترین مواد غذایی قابل مصرف بعد از گندم قرارداده است (FAO, 2007). وجود انواع ویتامین‌ها به‌ویژه ویتامین‌ث (به مقدار۱۵ میلی‌گرم درصدگرم) همراه با املاح و پروتئین‌ها در سیب‌زمینی، مصرف آن را به‌عنوان یک ماده‌غذایی با ارزش و سرشار از

نویسنده مسئول: **Email:** soodabeheyn@yahoo.com

http://doi: 10.22092/fooder.2024.364492.1381

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

کربوهیدرات در جهان رایج کرده است، بطوری‌که ۲/۵ درصد انرژی مصرفی روزانهٔ جمعیت جهان از سیب‌زمینی تأمین می‌شود (Parsapoor and Lame, 2004). مصرف سرانه این محصول در ایران، بیش از۴۵ کیلـوگرم در سال، به سرعت در حال افزایش است و با توجه به روند رو به رشد جمعیت و گرانی دیگر منابع غذایی، نیاز به تولید بیشتر ایـن محصول بیش از بیش نمایان شده‌است (FAO, 2007). سیب‌زمینی در زمره گیاهان حسـاس به سرماست و در فصـل رشد اگر در معرض دمای ۳- درجه سانتی‌گراد قرار گیرد، به‌شدت آسیب می‌بیند. چنانچه دمای پایین با مازاد نیتروژن خاک همراه باشد، مقدار قندهای ساده افزایش می‌یابد. این قندها احیاکننده‌اند و در دمای سرخ‌کردن با اسیدهای آمینه ترکیب و موجب قهوه‌ای شدن و طعم نامطلوب سیب‌زمینی سرخ شده (چیپس و فرنچ‌فرایز) می‌شوند.

کاربرد مواد ضدانجماد یکی از جدیدترین روش‌های مقابله با سرمازدگی است. بـه‌دلیل جذب سریع این ماده توسط برگ‌ها، ساقه و ریشه، گیاهان در مدت کمی شروع بـه فعالیت شدید متابولیکی می‌کنند و میزان آمینواسیدها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، ویتامین و مواد معدنی بـه‌ویژه پروتئین‌های ضد یخ در پیکره گیاه افزایش می‌یابد. مقدار و زمان مصرف صـحیح موجب تولید پروتئین ضدیخ[1] و آمینواسیدهای ضدیخ[2] در گیاه می‌شود که مقاومت گیاه به سرمازدگی و یخزدگی افزایش می‌یابد (Jia and Davis, 2002). در شرایط رشد طبیعی، غده‌ها تا زمانی که شرایط برای رشد و جوانه‌زنی مجدد آماده گردد در زیر زمین خفته باقی می‌مانند. کلید بقای غده‌ها در سراسر زمستان، قدرت باقی ماندن در حالت خواب و مقابله با شرایط سرد و انجماد است. در زمستان سرما و یخزدگی موجب کاهش سیالیت غشای سلولی و تشکیل کریستال‌های یخ در سلول‌های گیاهی می‌شود که آسیب جبران ناپذیری وارد می‌کند (Takahashi,et al., 2013). پس از برداشت، غده‌های سیب‌زمینی باید به مدت چندین ماه ذخیره شوند. ذخیره‌سازی در دماهای پایین (۸-۲ درجه سانتی‌گراد) برای جلوگیری از بیماری‌ها، افت‌وزنی و جوانه‌زدن مفید است (Sowokinos, 2001). آسیب‌های ناشی از سرمازدگی به خصوص در فرآوری حرارتی سیب‌زمینی مشاهده می‌شود. طی دورهٔ انبارداری، در غـده‌هـای سـیب‌زمینـی نشاسته به تدریج هیدرولیز و به‌گلوکز تبدیل می‌شود. گلوکز قند احیاکنندهٔ آلدهیدی است و مشابه تمام آلدهیدها به آسانی به اسید مربوط اکسید می‌شود، زیرا به راحتی مواد اکسیدکننده را احیا می‌کند (Zandi,1989). گیاه در انبار سرد نسبت به سرما واکنش می‌دهد و قندهای احیاکننده مانند فروکتوز و گلوکز تولید می‌کند (Coffin et al., 1987) که طی فرآوری سیب‌زمینی فرایند شیمیایی مایلارد و تیره‌شدن رنگ محصول در آن روی می‌دهد (Shallenberger et al., 1959). واکنش مایلارد در دمای بالای سرخ‌کردن در حضور آسپاراژین و قندهای احیاکننده رخ می‌دهد که منجر به تولید نوروتوکسین و آکریل‌آمید می‌شود (Mottram, 200). تجمع قندهای احیاکننده در اثر تعادل نشاسته و متابولیسم قند موجود در غده سیب‌زمینی است که شامل مسیرهای سنتز نشاسته، تخریب نشاسته، گلیکولیز، هگزوژنز و تنفس میتوکندری است (Zhang et al., 2017).

از آنجایی که تاکنون تحقیقی در مورد ارتباط بین کاربرد مواد ضد سرما و کاهش تولید قندهای احیاکننده به‌دست نیامده است، با هدف ممانعت از تولید قندهای احیاکننده در سیب‌زمینی و بر اساس داده‌های هواشناسی، قبل از وقوع سرما، ۴ نوع مادهٔ ضدسرما بر اندام‌های هوایی ۲ رقم سیب‌زمینی

[1]Antifreeze protein=AFP

[2]Amino Acid Antifreeze=AAA.

محلول‌پاشی شد. پس از برداشت، نمونه‌ها به مدت ۶ ماه در انبار سرد نگهداری شدند و ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی آنها اندازه‌گیری شد.

مواد و روش‌ها

سیب‌زمینی دو رقم آگریا و فونتین از مزارع جلگه‌رخ تهیه شدند. مواد شیمیایی شامل کلسیم، سولفات پتاسیم، اسیدآمینه دلفان پلاس، اسید آسکوربیک با درجهٔ تجاری از فروشگاه‌های مواد کشاورزی و سایر مواد شیمیایی با درجه آزمایشگاهی، شرکت سیگما یا مرک و درجه خلوص ۹۹/۹ درصد، خریداری شدند.

این پروژه درمنطقهٔ جلگه رخ با استفاده از طرح آزمایشی فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: دو رقم سیب‌زمینی(آگریا و فونتین)، ۵ تیمار مواد ضد سرما (محلول‌پاشی کلسیم (۱/۵ لیتر در هکتار)، پتاسیم (۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم انحلال‌پذیر در آب)، ترکیب اسید آمینه دلفان پلاس (۱ لیتر در هکتار) و آسکوربیک اسید (یک در هزار) و تیمار بدون محلول‌پاشی (شاهد)) و انبارداری به مدت ۶ ماه. با توجه به پیش‌بینی شرایط آب و هوایی و وقوع سرما در منطقهٔ جلگه‌رخ، محلول‌پاشی‌ها در تاریخ‌های پنجم و دوازدهم مهر ماه ۱۳۹۸ صورت گرفت. سیب‌زمینی‌ها بلافاصله پس از برداشت از خاک و خاشاک تمیز ، بسته‌بندی و به سردخانهٔ توس مشهد منتقل گردیدند. در سردخانه، بسته‌های مورد نظر در شرایط دمایی ۷-۸ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۹۵تا ۹۸ درصد و تهویهٔ کامل نگهداری شدند. طی ۶ ماه نگهداری در سردخانه، هر دو ماه یک بار نمونه‌برداری و آزمون‌های درصد رطوبت و کاهش وزن، بررسی فعالیت آنزیم پراکسیداز و ارزیابی بافت سیب‌زمینی روی نمونه‌ها اعمال گردید.

درصد کاهش وزن در دورهٔ نگهداری

هر دو ماه یک بار اختلاف وزن بسته‌های سیب‌زمینی با روز صفر اندازه گیری شد و اختلاف وزن بر حسب گرم به‌دست آمد.

بررسی فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز

به منظور بررسی میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز و تأثیر آن روی رنگ سیب‌زمینی، برش‌هایی به ضخامت ۱ سانتی‌متر ایجاد و روی سطح آن‌ها ۱ میلی‌لیتر معرف کاتکول ریخته‌شد و برش‌ها بلافاصله در گرمخانه ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده‌شدند (Lante and Tinello, 2015). به‌منظور بررسی تغییر رنگ محصول، از روش عکس‌برداری با اسکنر مسطح[3] استفاده شد. بدین منظور نمونه‌ها روی صفحهٔ اسکنر (HP ScanJet G3010) چیده شدند. پس از آن با قراردادن یک جعبه‌سیاه[4] روی اسکنر با هدف کاهش بازتاب نور و دخالت نور محیط تصاویر اسکن شده با فرمت TIFF-24 bitذخیره شدند و با نرم افزار J image فاکتورهای رنگی b*، a* و L* و شاخص تغییر رنگ (ΔE) مطابق رابطه (۱) بررسی شد. در این رابطه، نماد i و t به ترتیب مربوط به شاخص رنگی اولیه و شاخص رنگی در روز مورد آزمون است.

$$\Delta E = \sqrt{(L_i - L_t)^2 + (a_i - a_t)^2 + (b_i - b_t)^2} \qquad (۱)$$

ارزیابی بافت سیب‌زمینی

به منظور ارزیابی بافت سیب‌زمینی، از بافت سنج Texture analyser CNS Farnell (QTS) استفاده شد. ابتدا از نمونه‌های سیب‌زمینی خلال (۵×۲×۲ سانتی‌متر) تهیه شد. پس از آن حداکثر نیروی لازم برای نفوذ یک پروپ ۲ میلی‌متری با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه تا عمق ۱ سانتی‌متر

[3]Flatbed scanner

[4]Black box

به داخل خلال‌های سیب‌زمینی به عنوان شاخصی از سفتی بافت محاسبه شد (Taniwaki, 2010).

تعیین درصد رطوبت

رطوبت در آون با دمای ^{o}C ۱۱۵به مدت ۲۴ ساعت مطابق با استاندارد (AOAC, 2005) اندازه‌گیری شد. بعد از خشک‌شدن، ظرف حاوی نمونه به دسیکاتور منتقل و نمونه پس از رسیدن به وزن ثابت وزن گردید. رطوبت نمونه‌ها با استفاده از رابطهٔ (۲) بر حسب وزن مرطوب به‌دست آمد (Arias, 2008).

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} \times ۱۰۰ \qquad (۲)$$

این پروژه در قالب آزمایش فاکتوریل ۳ متغیره با پایه کاملاً تصادفی به‌اجرا درآمد و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شدند. میانگین‌ها به روش دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار دنبال شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس اثر تیمارهای کاربرد مواد ضد سرما، رقم سیب‌زمینی و تغییرات کیفی طی انبارداری نشان داد تیمارهای به‌کاررفته و اثر متقابل آنها بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی نمونه‌های سیب‌زمینی به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) موثرند. اثر کلیه تیمارها بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی نمونه های سیب‌زمینی، به جز رطوبت، معنی‌دار بود. از میان تیمارها، تنها اثر رقم سیب‌زمینی بر میزان قندهای احیاکننده، دورهٔ انبارداری بر افت وزنی و مواد ضدسرما بر افت وزنی و شاخص رنگی b^* معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) نبود (جدول ۱).

اثر انبارداری بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی

جدول ۲ تاثیر ۶ ماه انبارداری سیب‌زمینی بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی آن را نشان می‌دهد. داده‌های این جدول نشان می‌دهد بیشترین مقدار قندهای احیاکننده در ۲ ماههٔ اول انبارداری است و طی ۲ ماهه بعدی مقدار این قندها به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و تا پایان انبارداری ثابت می‌ماند. تاثیر دورهٔ انبارداری بر میزان قندهای احیاکننده را پیش از این برخی پژوهشگران گزارش داده و گفته بودند با افزایش دورهٔ انبارداری مقدار قندهای احیاکننده افزایش می‌یابد (Matsuroanda, 2004).

میزان خاکستر طی انبارداری سیب‌زمینی ابتدا کاهش و سپس افزایش یافته است. مقدار کاهش درصد خاکستر در ماه چهارم انبارداری متاثر از میزان رطوبت در این زمان است. با توجه به اینکه مقدار رطوبت در ماه چهارم بدون داشتن اختلاف معنی‌دار بیشتر از دیگر زمان‌های انبارداری است، مقدار خاکستر در آن نیز کمتر است.

تغییرات بافت سیب‌زمینی در ۲ ماه اول انبارداری با ۴ ماه انبارداری و ۶ ماه انبارداری تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد.

جدول ۲ نشان می‌دهد سیب‌زمینی‌ها هر ماهه مقداری افت وزنی داشته‌اند اما درصدهای افت وزنی طی ۶ ماه انبارداری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند، اگر چه در چهار ماههٔ اول انبارداری مقدار افت وزنی در حدود ۱ درصد بیش از افت وزنی در ماه ششم است. در این تحقیق با توجه به شرایط فیزیولوژیکی سیب‌زمینی‌ها، نبود نوسان دما و تنظیم‌بودن رطوبت در دورهٔ نگهداری، جوانه‌زدن در هیچ یک از غده‌ها دیده نشد لذا در ماه ششم کاهش افت وزنی نسبت به ماه‌های اول تا چهارم کمتر بود.

جدول۱: خلاصه آنالیز واریانس (میانگین مربعات و درجه آزادی) اثر تیمارهای ضد سرما، رقم سیب‌زمینی و انبارداری بر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی

Table1: analysis of variance (mean square and degrees of freedom) of the effect of antifreezing treatments, potato variety and storge on the physico chemical composition of potato

تیمارها treatments	درجه زادی Df	رطوبت Moisture (%)	قند احیاکننده Reducing sugar (mg/100 g)	خاکستر Ash (%)	بافت Texture (N)	افت وزنی Weight loss (%)	مولفه‌های رنگی color elements			ΔE
							b*	a*	L*	
انبارداری (A) storage	2	26.273 ns	250.273**	0.11**	2.46**	1.65ns	119.717**	394.4339**	592.602**	1082.995**
رقم (B) variety	1	87.023 ns	0.454ns	5.387**	865.377**	43.182**	1075.496**	2610.024**	5782.518**	613.444**
اثر متقابل Iteraction of AB	2	52.972 ns	38.268**	0.166**	5.141**	0.119**	17.599**	296.786**	359.193**	469.548**
ماده ضد سرما (C) ing agents Antifreez	4	52.174 ns	1399.649**	0.696**	2.729**	5.091**	9.565 ns	ns 107.903	104.952**	150.322**
اثر متقابل Iteraction of AC	8	62.454 ns	45.346**	0.65**	2.925**	0.093**	7.824**	90.167**	87.7 **	175.12**
اثر متقابل of BC Iteraction	4	78.86**	20.39**	1.699**	3.294**	12.982**	5.633**	114.277**	238.957**	202.118**
اثر متقابل Iteraction of ABC	8	54.128 ns	12.819**	0.470**	4.562**	0.098**	16.876**	142.495**	304.192**	302. 062**
Error	60	48.59	0.334	0.008	0.923	2.185	6.822	56.376	40.437	49.949ns

در هر ستون حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر هستند (P<۰/۰۵).

.

جدول۲: مقایسهٔ میانگین اثر دورهٔ انبارداری بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی

Table2: The comparison means of the effect of storage on the physicochemichal composition of potato

زمان انبارداری Storge time (month)	رطوبت Moisture (%)	فند احیاکننده Reducing sugar (mg/100 gr)	خاکستر Ash (%)	بافت Texture (N)	افت وزنی Weight loss (%)	مولفه های رنگی Color elements			
						L^*	a^*	b^*	ΔE
2	72.49 a	10.34a	5.081a	19.44ab	9.304a	17.16c	8.252a	2	72.49 a
4	74.01 a	5.244b	4.998b	19.73a	9.051a	22.46a	4.66ab	4	74.01 a

*در هر ستون حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر هستند P

0.05 >اثر ۶ ماه انبارداری سیب‌زمینی بر میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز با بررسی سه فاکتور رنگی L^*، a^* ، و b^* (که به ترتیب نشانگر میزان سبز چرک تا سفید بودن، سبز روشن تا قرمز بودن، و آبی تا نارنجی بودن نمونه‌های سیب‌زمینی بود) بررسی شد.

نتایج بررسی‌ها نشان داد انبارداری تاثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های رنگی سیب‌زمینی دارد به طوری‌که موجب کاهش ویژگی‌های رنگی a^* و ΔE و افزایش b^* وL^* شده است.

سیستم رنگ Lab نزدیک‌ترین سیستم رنگی به بینایی انسان است. در این سیستم هر چه پارامتر L^* و b^* بیشتر و a^* کمتر باشد به ترتیب نشان‌دهندهٔ روشنایی زیادتر (تیرگی کمتر)، قرمزی کمتر، و زردی بیشتر است که شرایط رنگ مطلوب سیب‌زمینی از نظر مصرف کننده است. بسیاری از نویسندگان برای توصیف قهوه‌ای شدن از فاکتورهای a^* و L^* به عنوان شاخصی از تیرگی یا قهوه‌ای‌شدن اکسیداتیو در نتیجهٔ افزایش غلظت رنگدانه‌ها استفاده کرده‌اند (Daraei Garmakhani et al., 2010).

جدول ۲ نشان می‌دهد مقدار L^* در دورهٔ نگهداری افزایش یافته است که نشان‌دهندهٔ بیشتر شدن روشنایی و کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز است. در دورهٔ نگهداری، پارامتر روشنایی مربوط به رنگ حاصل از فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز افزایش یافته که نشان دهندهٔ این است نمونه‌های سیب‌زمینی در مدت نگهداری پتانسیل قهوه‌ای شدن کمتری داشته‌اند.

مقایسهٔ میانگین اثر دورهٔ نگهداری بر پارامتر قرمزی (a^*) نشان داد قرمزی کاهش یافته است اما بر پارامتر زردی (b^*) افزوده شده است.

اثر رقم بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی

جدول ۳ تاثیر رقم سیب‌زمینی بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی را نشان می‌دهد. ترکیبات شیمایی در ارقام مختلف سیب‌زمینی متفاوت است که به طور عمده به ویژگی‌های ژنتیکی آنها مربوط می‌شود و تحت تاثیر سن رسیدگی کامل غده و شرایط اقلیمی قرار می‌گیرد. عوامل زیاد دیگری مانند کوددهی، آفات، استفاده از آفت‌کش‌ها و شرایط نگهداری غده‌ها در دورهٔ انبارداری نیز بر ترکیب شیمیایی غده سیب‌زمینی اثر دارند (Caffin et al., 1987).

جدول۳: مقایسهٔ میانگین اثر رقم سیب‌زمینی بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی

Table3: The comparison means of the effect of potato variety on its physico chemichal composition

رقم سیب زمینی Potato veriety	رطوبت Moisture (%)	فند احیاکننده Reducing sugar (mg/100 gr)	خاکستر Ash (%)	بافت Texture (N)	افت وزنی Weight loss (%)	مولفه های رنگی Color elements			
						b*	a*	L*	ΔE
Agria	71.954[a]	3.02[a]	6.936[a]	16.344[b]	8.371[b]	23.379[a]	-0.748b	67.272[a]	17.735[b]
Fontin	73.921[a]	3.271[a]	7.078[a]	22.546[a]	9.756[a]	16.464[b]	10.022[a]	51.241[b]	34.241[a]

*در هر ستون حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر هستند$P < 0.05$.

ویژگی‌های رنگی نیز در این دو رقم متقاوت است، رقم آگریا، در مقایسه با رقم فونتین، دارای b* و L* بالاتر و a* و ΔE کمتری است. بالاترین میزان زردی در رقم آگریا با b* ۲۳/۳۷۹ مشاهده شده است و بالاترین مقدار قرمزی در رقم فونتین با a* ۱۰/۰۲۲. رقم فونتین با دارابودن مقدار قند احیاکنندهٔ بیشتر در آزمون تعیین فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز دارای رنگ قرمز بیشتری نیز بود. در تحقیقی، گزارش شد رقم اگریا در مقایسه با دیگر ارقام دارای زردی بیشتر و قرمزی کمتری است (Daraei Garmakhani, et al.,2010). دو مولفهٔ رنگی b* و L* نشان از رنگ مطلوب‌تر سیب‌زمینی رقم آگریا، در مقایسه با فونتین، است.

برهمکنش رقم و دورهٔ نگهداری سیب‌زمینی بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی

جدول ۴ نشان می‌دهد اثر متقابل رقم سیب‌زمینی و دورهٔ نگهداری بر کلیهٔ فاکتورهای مورد آزمون، به جز میزان رطوبت، تاثیر معنی‌داری دارد. قندهای احیاکننده، طی ۶ ماه نگهداری سیب‌زمینی رقم آگریا کاهش یافتند اما در مورد رقم فونتین مقدار این مواد پس از دو ماه ابتدا کاهش و پس از آن افزایش یافت. قندهای احیاکننده جزء ترکیبات مهم سیب‌زمینی هستند و بر رنگ و ارزش غذایی آن تاثیر نامطلوب می‌گذارند. بالا بودن این ترکیبات در محصولات نیز می‌تواند منجر به افت کیفی و ظاهری محصولات تازه، انبارشده یا فرآوری شده گردد (Salimi H. et al,. 2010).

جدول٤: برهمکنش رقم سیب‌زمینی و دورهٔ نگهداری بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی

Table4: The interaction of veriety and storage effect of potato variety on the physico chemichal composition of potato

رقم سیب زمینی Potato variety	دورهٔ انبارشدن Storge time (month)	رطوبت Moisture (%)	فند احیاکننده Reducing sugar (mg/100 g)	خاکستر Ash (%)	بافت Texture (N)	افت وزنی Weight loss (%)	مولفه های رنگی Color elements			
							b*	a*	L*	ΔE
Agria	2	69.99[a]	11.42[a]	4.959[d]	16.67[c]	8.539[bc]	21.49[b]	0.565[c]	67.25[ab]	20.08[c]
	4	74.98[a]	9.261[b]	5.357[b]	22.22[b]	10.07[a]	12.83[e]	17.07[a]	43.48[a]	45.72[a]
	6	74.02[a]	5.130[d]	4.9[d]	16.17[c]	8.395[bc]	25.35[a]	2.299[bc]	63.53[b]	17.76[c]
Fontin	2	74.01[a]	5.357[d]	4.941[c]	23.23[a]	9.707[a]	19.57[c]	7.299[b]	53.09[ab]	29.01[b]
	4	71.85[a]	4.258[e]	5.152[d]	16.20[c]	8.179[c]	23.29[b]	3.701[c]	71.04[a]	15.76[c]
	6	72.77[a]	6.615[c]	5.417[a]	22.22[b]	9.492[ab]	16.99[d]	5.700[b]	57.15[c]	27.99[b]

*در هر ستون حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر هستند$P < 0.05$.

جدول ۴ نشان می‌دهد رطوبت غده‌ها در هر دو رقم طی دورهٔ نگهداری بدون داشتن اختلاف معنی‌دار تقریبا ثابت است. طی نگهداری در انبار، غده سیب‌زمینی تنفس می‌کند و سوخت و ساز دارد که موجب کاهش مقدار رطوبت غده می‌شود. از سوی دیگر، تجزیهٔ نشاسته به قندهای ساده فرایندی است که آب مصرف می‌کند. چنانچه سوخت و ساز غده سیب‌زمینی با حفظ حالت خواب و جلوگیری از جوانه زنی به حداقل ممکن برسد، با تنظیم رطوبت محیط از افت رطوبت غده‌ها جلوگیری شود، و با افزایش مقاومت گیاه به سرمازدگی تجزیهٔ نشاسته کاهش یابد آنگاه رطوبت غده‌ها ثابت می‌ماند و افت وزنی کمتر می‌شود. در این پروژه، با کاربرد مواد ضدسرما و افزایش مقاومت گیاه، تولید قندهای احیاکننده کاهش یافت که نشانگر تبدیل نشدن نشاسته به قند و مصرف آب کمتر، و مقدار بالاتر رطوبت غده است.

یکی از عوامل کاهش رطوبت و تلفات وزنی سیب‌زمینی، جوانه‌زنی در انبار یا سردخانه است. غده‌های انتخاب شده در این پروژه، در منطقهٔ سرد جلگه‌رخ تولید شده بودند و معمولا در مناطق سرد، سن فیزیولوژیکی غده‌ها کمتر است از این رو دورهٔ خواب غده‌ها طولانی تر است و فرایند جوانه‌زنی دیرتر روی می‌دهد. علاوه بر این، دمای مناسب جوانه زنی سیب‌زمینی بالاتر از ۱۲ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد است، در حالی که دمای نگهداری این غده‌ها با دقت بالا ۷ تا ۸ درجه سانتی‌گراد بوده‌است که خود مانع آغاز جوانه‌زنی بوده است. شاخص‌های رنگی در هر دو رقم پس از ۴ ماه انبارداری افزایش و سپس کاهش یافت، در این پروژه، به دلیل کاربرد مواد ضد سرما و تاثیری که این مواد بر مصرف قندهای احیاکننده دارند، به نظر می‌رسد پس از ماه دوم با تولید قندهای احیاکننده این مواد در داخل گیاه مصرف شده اند و از تولید بیشتر این مواد در داخل غده جلوگیری شده است.

اثر نوع مادهٔ ضد سرما بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی

جدول ۵ تاثیر کاربرد ۴ نوع ماده (کلسیم، پتاسیم، اسیدآمینه و اسید آسکوربیک) را در مقابل نمونهٔ شاهد بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی نشان می‌دهد.

داده‌های جدول ۳ نشان می‌دهند دو رقم آگریا و فونتین از نظر درصد رطوبت، قندهای احیاکننده و خاکستر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

بافت فاکتوری است کیفی که میزان تردی یا سفتی مطلوب را توصیف می‌کند. جدول ۲ نشان می‌دهد بافت دو رقم سیب‌زمینی آگریا و فونتین با یکدیگر متفاوت است و رقم فونتین، در مقایسه با رقم آگریا، به طور معنی‌داری بافت سخت‌تری دارد. مقایسهٔ میانگین بین داده‌های مربوط به حداکثر نیروی مورد نیاز در نقطهٔ شکست به عنوان شاخصی از سفتی بافت محصول (جدول ۷) نشان می‌دهدکه بین تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

میزان افت وزنی این دو رقم طی انبارداری اعداد متفاوتی را نشان می‌دهد (جدول ۲). رقم آگریا با ۸/۳۷۱ درصد، در مقایسه با رقم فونتین، به طور معنی‌داری دچار افت وزنی کمتری شده است. دلیل این امر احتمالا مقدار رطوبت کمتر رقم آگریا در مقایسه با رقم فونتین، پوست ضخیم‌تر و کامل‌تر غده‌های رقم آگریا، و سرعت تنفس متفاوت بین دو رقم است.

جدول۵ بیشترین و کمترین مقدار قنداحیاکننده را به ترتیب در نمونهٔ شاهد (۲۲/۷۳ mg/100g) و تیمار آمینو اسید (۱/۹۸۹mg/100g) نشان می‌دهد. مقدار قندهای احیاکنندهٔ موجود در تیمار کلسیم و پتاسیم نیز بدون داشتن اختلاف معنی‌دار تقریبا با یکدیگر مشابه‌اند.

جدول۵: برهمکنش تیمارهای ضد سرما بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی

Table5: The comparison means of the effect of antifreezing agents on the physico chemichal composition of potato

مادهٔ ضد سرما Antichilling agent	رطوبت Moisture (%)	قند احیاکننده Reducing sugar (mg/100 gr)	خاکستر Ash (%)	بافت Texture (N)	افت وزنی Weight loss (%)	مولفه های رنگی Color elements			
						L^*	a^*	b^*	ΔE
Calsium	72.98[a]	3.025[c]	4.959[c]	19.27[b]	8.042[b]	19.17[a]	3.313[a]	19.17[a]	3.313[a]
Potassium	74.59[a]	3.271[c]	5.371[a]	19.12[b]	19.117[a]	20.78[a]	2.815[a]	20.78[a]	2.815[a]
Amino acids	73.65[a]	1.989[d]	4.9[c]	19.14[b]	19.170[a]	20.61[a]	8.043[a]	20.61[a]	8.043[a]
Ascorbic acid	73.39[a]	4.022[b]	4.941[a]	20.01[a]	9.295[a]	19.38[a]	6.414[a]	19.38[a]	6.414[a]

* در هر ستون حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر هستند $P < 0.05$.

کاربرد مواد ضد سرما در نمونه‌های آزمایشی موجب کاهش تولید قندهای احیاکننده در ارقام سیب‌زمینی شده است. کاربرد مواد ضد انجماد، موجب افزایش پروتئین‌های ضدیخ در پیکره گیاه شده‌است و مقاومت گیاه را در مقابل آسیب‌های ناشی از سرمازدگی و یخ زدگی افزایش می‌دهد (Jia, and Davies, 2002) . به نظر می‌رسد افزایش مقاومت گیاه در برابر یخ زدگی موجب افزایش فعالیت گیاه در مصرف قندهای احیاکننده می‌شود و از این رو از شرکت آن در فعالیت‌های قهوه‌ای‌شدن کاسته می‌شود و کیفیت محصول به منظور کاربرد در صنایع فرآوری افزایش می‌یابد. داده‌های جدول ۵ در خصوص ویژگی‌های رنگ نشان می‌دهد که میزان زردی (b*) و روشنی (L^*) طی ۶ ماه انبارداری به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. طی همین زمان، مقدار قرمزی a^* و ΔE کاهش معنی‌داری یافته‌اند. جدول ۵ نشان می‌دهد بافت سیب‌زمینی‌های شاهد و تیمار شده با اسید آسکوربیک سخت‌تر از بافت دیگر نمونه‌های آزمایش است.

بر همکنش رقم سیب‌زمینی و نوع ماده ضد سرما بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی آن

جدول ۶ تاثیر متقابل مواد ضدسرما و رقم سیب‌زمینی را نشان می‌دهد. در این جدول۶ دیده می‌شود که در هر دو رقم سیب‌زمینی آگریا و فونتین نمونهٔ شاهد، در مقایسه با نمونه‌های تیمار شده با مواد ضد سرما، به طور معنی‌داری حاوی مقدار بیشتری از قندهای احیاکننده هستند. کمترین مقدار قندهای احیاکننده در رقم آگریا در تیمار با کلسیم (۲/۶۴۴ mg/100g) و در رقم فونتین در تیمار با اسیدآمینه (۱۰۰گرم/میلی‌گرم ۰/۵۹۷) مشاهده می‌شود.

ویژگی‌های رنگی نیز نشان از افزایش زردی (b^*) در نمونهٔ آگریا، در مقایسه با رقم فونتین، دارد درحالی‌که این مولفه در هر رقم تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از خود نشان نداده است.

بیشترین مقدار روشنی (L^*) در نمونهٔ تیمار شده با کلسیم، اسیدآمینه و شاهد در رقم آگریا مشاهده می‌شود.

رقم فونتین در کلیهٔ تیمارها، در مقایسه با رقم آگریا، روشنی کمتری دارد.

بیشترین ΔE در رقم فونتین تیمارشده با اسیدآمینه مشاهده شده است.

بر همکنش اثر انبارداری و نوع ماده ضد سرما بر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی

جدول ۷، تاثیر متقابل ۶ ماه نگهداری در انبار و مواد ضد سرما را نشان می‌دهد. در این جدول مشاهده می‌شود که نمونهٔ شاهد رقم فونتین طی ۶ ماه نگهداری در انبار به طور معنی‌داری حاوی بیشترین مقدار قند احیاکننده است. به‌طورکلی، نمونهٔ شاهد در مقایسه با نمونه‌های تیمار شده در هر دو رقم سیب‌زمینی در ۳ زمان آزمایش به طور معنی‌داری حاوی مقدار بیشتری قندهای احیاکننده هستند.

طی دورهٔ نگهداری، مقدار زردی (b^*) در نمونه‌های سیب‌زمینی افزایش یافته، مقدار قرمزی (a^*) کاهش یافته، و روشنی (L^*) تقریبا ثابت مانده است

جدول٦: برهمکنش کاربرد مواد ضد سرما و رقم سیب‌زمینی بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی

Table6: The interaction of veriety and antifreezing agents on the physico chemichal composition of potato

رقم سیب زمینی Potato variety	مادهٔ ضد سرما Antichilling agent	رطوبت Moisture (%)	فند احیاکننده Reducing sugar (mg/100 g)	خاکستر Ash (%)	بافت Texture (N)	افت وزنی Weight loss (%)	مولفه های رنگی Color elements			
							L^*	a^*	b^*	ΔE
Agria	Calsium	72.59[a]	2.646[f]	5.128[d]	16.62[c]	7.736[e]	68.89[a]	2.646[f]	23.03[a]	17.44[e]
	Potassium	75.39[a]	3.564[cd]	5.239[c]	15.58[d]	7.978[de]	66.67[ab]	3.564[cd]	24.12[a]	16.79[e]
	Amino acids	73.38[a]	3.38[de]	4.589[g]	15.66[d]	9.454[bcd]	68.54[a]	3.380[de]	24.8[a]	16.04[e]
		72.94[a]	4.022[c]	4.261[h]	16.85[c]	7.927[de]	61.99[bc]	4.022[c]	22.20[a]	21.26[de]
	Ascorbic acid	65.47[a]	21.25[b]	4.883[e]	17.01[c]	8.729[cde]	70.2[a]	21.25[b]	22.74[a]	17.15[e]
	Blank									
Fontin	Calsium	73.37[a]	3.587[cd]	4.791[f]	21.92[b]	11.43[a]	48.12[ef]	3.587[cd]	15.32[b]	35.44[b]
	Potassium	73.78[a]	2.979[ef]	5.503[b]	22.66[ab]	8.354[cde]	57.25[cd]	3.979[ef]	17.34[b]	27.68[cd]
	Amino acids	73.93[a]	0.569[g]	5.211[cd]	22.63[ab]	8.850[cde]	43.88[f]	0.597[g]	16.42[b]	43.51[a]
	Ascorbic acid	73.83[a]	4.022[c]	5.621[a]	23.18[a]	10.37[ab]	54.28[de]	4.022[c]	16.55[b]	33.3[bc]
	Blank	74.7[a]	24.2[a]	16.6[b]	16.62[c]	22.35[ab]	52.67[de]	24.2[a]	5.421[b]	31.28[bc]

*در هر ستون حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر هستند $P < 0.05$.

جدول۷: برهمکنش کاربرد مواد ضد سرما و دورهٔ نگهداری در انبار بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی

Table7: The interaction of storage and antifreezing agents on the physico chemichal composition of potato

دورهٔ نگهداری(ماه) Storage (month)	مادهٔ ضد سرما Antichilling agent	رطوبت Moisture (%)	قند احیاکننده Reducing sugar (mg/100 g)	خاکستر Ash (%)	بافت Texture (N)	افت وزنی Weight loss	مولفه های رنگی color elements			
							b*	a*	L*	ΔE
2	Calsium	73.92[a]	6.055[e]	4.7[j]	19.79[ab]	9.747[a]	15.67[e]	3.053[bc]	57.23[bc]	31.19[bc]
	Potassium	76.30[a]	8.134[d]	5.275[cd]	18.29[cd]	8.648[cd]	19.53[bcd]	3.565[bc]	61.08[abc]	23.36[cd]
	Amino acids	73.90[a]	5.282[f]	4.748[hij]	18.79[bcd]	9.405[bcd]	16.76[de]	18.25[a]	44.97[d]	46.93[a]
	Ascorbic acid	75.22[a]	10.64[c]	4.898[fg]	20.29[a]	9.312[a]	16.48[de]	12.56[ab]	53.97[c]	34.83[b]
	Blank	63.09[b]	21.59[b]	5.783[a]	20.14[ab]	9.408[a]	17.36[cde]	3.825[bc]	59.57[abc]	28.19[bcd]
4	Calsium	73.66[a]	2.584[g]	4.998[ef]	19.88[ab]	9.632[a]	23.14[a]	5.112[bc]	57.18[bc]	23.79[cd]
	Potassium	74.58[a]	1.416[h]	5.368[bc]	19.46[abc]	8.042[a]	22.18[ab]	4.724[bc]	59.11[abc]	22.90[cd]
	Amino acids	73.96[a]	0.419[i]	5.074[e]	19[abcd]	9.117[a]	23.68[a]	5.354[bc]	57.63[abc]	22.73[cd]
	Ascorbic acid	73.23[a]	0.471[i]	4.725[ij]	20.17[a]	9.170[a]	22.18[ab]	4.792[bc]	57.74[abc]	23.44[cd]
	Blank	74.62[a]	21.33[b]	4.824[ghi]	20.17[a]	9.295[a]	21.12[ab]	3.319[bc]	59.87[abc]	23.08[cd]
6	Calsium	35.71[a]	0.436[i]	5.180[d]	18.14[d]	9.365[d]	18.71[bcde]	1.772[c]	61.11[abc]	24.34[cd]
	Potasissium	72.88[a]	0.265[i]	5.470[b]	19.61[ab]	7.808[a]	20.62[abc]	0.154[c]	65.69[ab]	20.46[d]
	Amino acid	73.09[a]	0.265[i]	4.878[g]	19.64[ab]	8.934[a]	21.38[a]	0.52[c]	66.03[a]	19.65[d]
	Ascorbic acid	71.71[a]	0.952[hi]	5.200[d]	19.58[ab]	8.959[ab]	19.46[cdb]	1.89[c]	62.68[abc]	23.57[cd]
	Blank	72.53[a]	25.26[a]	4.850[gh]	18.83[bcd]	9.111[a]	20.52[abc]	0.66[c]	64.98[ab]	21.37[d]

*در هر ستون حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر هستند $P < 0.05$.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از ترکیبات ضد سرما می‌توان تولید قندهای احیاکننده را در انتهای فصل در سیب‌زمینی کنترل کرد. کاربرد مواد ضدسرما موجب کاهش قندهای احیاکننده و کمتر شدن قرمزی و افزایش زردی و روشنی نمونه‌های سیب‌زمینی طی ۶ ماه نگداری در انبار شد. کاربرد مواد ضدسرما تاثیر مثبتی در کاهش تولید قندهای احیاکننده داشت که موجب حفظ ویژگی‌های فیزیکی سیب‌زمینی شد. نوع مواد ضدسرما بر حفظ ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی نیز موثر بود. از دو رقم آگریا و فونتین، رقم اکریا زردتر، روشن‌تر و دارای قندهای احیاکننده کمتری بود؛ این رقم از نظر بازار پسندی مناسب‌تر بود.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

مراجع

Anonym, 2021. Agricultural statistics. Deputy of Statistics of Information and Communication Technology Center. Tehran. Iran. [In Persian]

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, 17th ed. 37.1.10. 2(37): 4. Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemist.Arias.

Arias, E., González, J., López-Buesa, P., & Oria, R. (2008). Optimization of processing of fresh-cut pear. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88(10), 1755-1763.

Coffin, R. H., Yada, R. Y., Parkin, K. L., Grodzinski, B., & Stanley, D. W. (1987). Effect of low temperature storage on sugar concentrations and chip color of certain processing potato cultivars and selections. Journal of Food Science, 52(3), 639-645.

Daraei, G. A., Mirzaei, H. E., Maghsoudlou, Y., & Kashaninezhad, M. (2010). Investigation of the physicochemical properties of three potato varieties of Golestan province and their effects on quality attribute of French fries.FAO. 2007. FAO statistical databases. Available online at http://www. Fao.org

Jia, Z., & Davies, P. L. (2002). Antifreeze proteins: an unusual receptor–ligand interaction. Trends in biochemical sciences, 27(2), 101-106.

Lante, A., & Tinello, F. (2015). Citrus hydrosols as useful by-products for tyrosinase inhibition. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 27, 154-159.

Matsuura-Endo, C., Kobayashi, A., Noda, T., Takigawa, S., Yamauchi, H., & Mori, M. (2004). Changes in sugar content and activity of vacuolar acid invertase during low-temperature storage of potato tubers from six Japanese cultivars. Journal of plant research, 117, 131-137.

Mottram, D. S., Wedzicha, B. L., & Dodson, A. T. (2002). Acrylamide is formed in the Maillard reaction. Nature, 419(6906), 448-449.

Parsapoor, M. M. & Lame, H. (2004). The possibility of producing potato chips by drying method. Iranian Food science and technology Journal, 1(2):15-22. [In Persian]

Salimi, H. A., Maghsoudlou, H., Mirzaii, H., & Kashani, N. M. (2010). Effect of shelf life on quality changes of potato dried powder and cubes to select the best usage duration and variety. Journal of Food Science and Technology., 7(2):69- 83.[In Persian]

Shallenberger, R. S., Smith, O., & Treadway, R. H. (1959). Food color changes, role of the sugars in the browning reaction in potato chips. Journal of agricultural and food chemistry, 7(4), 274-277.

Sowokinos, J. R. (2001). Biochemical and molecular control of cold-induced sweetening in potatoes. American Journal of Potato Research, 78, 221-236.

Takahashi, D., Li, B., Nakayama, T., Kawamura, Y., & Uemura, M. (2013). Plant plasma membrane proteomics for improving cold tolerance. Frontiers in plant science, 4, 90.

Taniwaki, M., Sakurai, N., & Kato, H. (2010). Texture measurement of potato chips using a novel analysis technique for acoustic vibration measurements. Food Research International, 43(3), 814-818.

Vejdani, H. R. (2022). An analysis of potato production in Iran and the world and its role in food security. Practical science in potato. 5(1): 35-44. [In Persian]

Zandi, P. (1989). Food science from chemical aspects. Tehran university press. [In Persian]

Zhang, B., Zhang, L., Li, F., Zhang, D., Liu, X., Wang, H. & Zhou, Y. (2017). Control of secondary cell wall patterning involves xylan deacetylation by a GDSL esterase. Nature Plants, 3(3), 1-9.

Food Engineering Research/Vol.25/No.77/Autumn & Winter 2024/P: 55-68

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

The use of Anti-Freezing Agents in Preventing the Production of Reducing Sugars During Cold Stress and Potato Storage

Soodabeh Einafshar*, Koorosh Shojaei Noferest

***Corresponding Author:** Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad/IRAN.
Email: soodabeheyn@yahoo.com
Received:26 December 2023 **Accepted:** 23 April 2024
http://doi: 10.22092/fooder.2024.364492.1381

Abstract

For preventing the production of reducing sugars during cold stress in potatoes, this project was implemented using a factorial experiment in the form of a completely randomized design in 3 repetitions. The treatments were: two potato varieties (Agria and Fontin), antifreeze agents (spraying calcium solution (1.5 liters per hectare), potassium (5 kg/h of potassium sulfate soluble in water), Delfan Plus amino acid composition (1 liters per hectare) and ascorbic acid (one per thousand) and no foliar spraying treatment (control treatment) and six months of storage. The foliar spraying was carried out on Sep. 26th and Oct. 3rd, 2018, according to the forecast of cold weather in Jalga Rukh region. After harvesting, the potatoes were stored in a conditioned storage at a temperature of 8 ˚C and a humidity of 98-95% for 6 months. Moisture content, weight loss, reducing sugar, ash, texture and color analysis (determining the characteristics a*, L*, b*) were measured once every two months. The use of antifreeze agents decreased reducing sugars and color characteristics a*, and ΔE and increased b* and *L during 6 months of storage. Application of anti-freezing substances in the production of reducing sugars caused maintaining the physical properties of potatoes such as the hardness of its texture. The lowest amount of reducing sugars was found in Agria cultivar and in the amino acids treatment (3.380 mg.100g^{-1}) and the highest amount was found in Fontin cultivar (20.24 mg.100g^{-1}).

Keywords: Amino Acid, Ascorbic Acid, Potassium, Calcium, Browning Interactions

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/