

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

### سیب زمینی

#### سودابه عین افشار<sup>۱\*</sup>، کوروش شجاعی نوفرست<sup>۲</sup>

<sup>۱\*</sup> دانشجویار 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.

<sup>۲</sup> استادیار 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 سیب زمینی و با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارها عبارت بودند از: دو رقم سیب زمینی (آگریا و فونتین)، مواد ضد سرما (محلول پاشی کلسیم (۱/۵ لیتر در هکتار)، پتاسیم (۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم انحلال پذیر در آب)، ترکیب اسید آمینه دلفان پلاس (۱ لیتر در هکتار) و اسید آسکوربیک (یک در هزار) و تیمار عدم محلول پاشی (تیمار شاهد) و انبارداری (شش ماه). با توجه به پیش بینی وقوع سرما در منطقه جلگه رخ در پنجم مهرماه و دوازدهم مهرماه ۱۳۹۸ محلول پاشی ها اجرا شد. پس از برداشت، سیب زمینی درجه بندی و در انبار فنی در دمای ۸ درجه سانتی گراد و رطوبت ۹۵ تا ۹۸ درصد به مدت ۶ ماه انبار شد. هر دو ماه یکبار آزمون های درصد رطوبت، کاهش وزن، مقدار قند احیاکننده، خاکستر، تجزیه و تحلیل بافت و رنگ (تعیین ویژگی های  $a^*$ ،  $L^*$ ،  $b^*$ ) دنبال شد. نتایج تحقیق نشان داد کاربرد مواد ضد سرما موجب کاهش قندهای احیاکننده و ویژگی های رنگی  $a^*$  و  $\Delta E$  (نشانه قرمزی کمتر) و افزایش  $b^*$  و  $L^*$  (به ترتیب نشانه زردی و روشنی بیشتر) طی ۶ ماه انبارداری شده اند. مواد ضد سرما در تولید قندهای احیاکننده موجب حفظ ویژگی های فیزیکی سیب زمینی مانند سختی بافت شد. کمترین مقدار قندهای احیاکننده در رقم آگریا و در تیمار اسیدهای آمینه (۱۰۰ گرم/میلی گرم ۳/۳۸۰) و بیشترین مقدار آن در تیمار شاهد رقم فونتین (۱۰۰ گرم/میلی گرم ۲۰/۲۴) بود.

**واژه های کلیدی:** اسید آسکوربیک، اسید آمینه، پتاسیم، کلسیم، واکنش های قهوه ای شدن سیب زمینی

### مقدمه

ایران با تولید ۵/۴ میلیون تن سیب زمینی در سال ۲۰۲۰ غذایی قابل مصرف بعد از گندم قرار داده است (FAO, 2007). وجود انواع ویتامین ها به ویژه ویتامین ث (به مقدار ۱۵ میلی گرم است (Vejdani, 2022). تولید سالیانه بیش از ۳/۹ میلیون تن سیب زمینی در کشور، این محصول را در ردیف مهم ترین مواد مصرف آن را به عنوان یک ماده غذایی با ارزش و سرشار از

کربوهیدرات در جهان رایج کرده است، بطوری که ۲/۵ درصد انرژی مصرفی روزانه جمعیت جهان از سیبزمینی تأمین می‌شود (Parsapoor and Lame, 2004). مصرف سرانه این محصول در ایران، بیش از ۴۵ کیلوگرم 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 این محصول بیش از پیش نمایان شده است (FAO, 2007). سیبزمینی در زمهر گیاهان حساس به سرماست و در فصل رشد اگر در معرض دمای ۳- درجه سانتی‌گراد قرار گیرد، به شدت آسیب می‌بیند. چنانچه دمای پایین با مازاد نیتروژن خاک همراه باشد، مقدار قندهای ساده افزایش می‌یابد. این قندها احیاکننده‌اند و در دمای سرخ کردن با اسیدهای آمینه ترکیب و موجب قهوه‌ای شدن و طعم نامطلوب سیبزمینی سرخ شده (چیپس و فرنچ‌فرایز) می‌شوند.

کاربورد مواد ضد انجماد یکی از جدیدترین روش‌های مقابله با سرمازدگی است. به دلیل جذب سریع این ماده توسط برگ‌ها، ساقه و ریشه، گیاهان در مدت کمی شروع به فعالیت شدید متابولیکی می‌کنند و میزان آمینواسیدها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، ویتامین و مواد معدنی به‌ویژه پروتئین‌های ضد یخ در پیکره گیاه افزایش می‌یابد. مقدار و زمان مصرف صحیح موجب تولید پروتئین ضدیخ<sup>۱</sup> و آمینواسیدهای ضدیخ<sup>۲</sup> 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 باقی‌ماندن 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 جبران‌ناپذیری 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، افت وزنی و جوانه‌زدن مفید است. (Sowokinos, 2001) آسیب‌های ناشی از سرمازدگی به‌خصوص در فراوری حرارتی سیبزمینی مشاهده می‌شود. طی دوره انبارداری، در غده‌های سیبزمینی نشاسته به تدریج هیدرولیز و به‌گلوکز تبدیل می‌شود. گلوکز قند احیاکننده آلدهیدی است و مشابه تمام آلدئیدها 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 فراوری سیبزمینی فرایند شیمیایی مایلارد و تیره‌شدن رنگ محصول در آن روی می‌دهد (Shallenberger et al., 1959). واکنش مایلارد در دمای بالای سرخ کردن در حضور آسپاراژین و قندهای احیاکننده رخ می‌دهد که منجر به تولید نوروٹوکسین و آکریل آمید می‌شود (Mottram, 2000). تجمع قندهای احیاکننده در اثر تعادل نشاسته و متابولیسم قند موجود در غده سیبزمینی است که شامل مسیرهای سنتز نشاسته، تخریب نشاسته، گلیکولیز، هگزوزنز 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، باهدف ممانعت از تولید قندهای احیاکننده در سیبزمینی و بر اساس داده‌های هواشناسی، قبل از وقوع سرما، ۴ نوع ماده ضد سرما بر اندام‌های هوایی ۲ رقم سیبزمینی

کاربورد مواد ضد انجماد یکی از جدیدترین روش‌های مقابله با سرمازدگی است. به دلیل جذب سریع این ماده توسط برگ‌ها، ساقه و ریشه، گیاهان در مدت کمی شروع به فعالیت شدید متابولیکی می‌کنند و میزان آمینواسیدها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، ویتامین و مواد معدنی به‌ویژه پروتئین‌های ضد یخ در پیکره گیاه افزایش می‌یابد. مقدار و زمان مصرف صحیح موجب تولید پروتئین ضدیخ<sup>۱</sup> و آمینواسیدهای ضدیخ<sup>۲</sup> 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 باقی‌ماندن در حالت خواب و مقابله با شرایط سرد و انجماد است. در زمستان سرما و یخ‌زدگی موجب کاهش سیالیت غشای سلولی و تشکیل

<sup>2</sup>Amino Acid Antifreeze=AAA.

<sup>1</sup>Antifreeze protein=AFP

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

### درصد کاهش وزن در دوره نگهداری

هر دو ماه یک‌بار اختلاف وزن بسته‌های سیبزمینی با روز صفر اندازه‌گیری شد و اختلاف وزن بر حسب گرم به دست آمد.

### مواد و روش‌ها

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

بررسی فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز به منظور بررسی میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز و تأثیر آن روی رنگ سیبزمینی، برش‌هایی به ضخامت ۱ سانتی‌متر ایجاد و روی سطح آن‌ها ۱ میلی‌لیتر معرف کاتکول ریخته شد و برش‌ها بلافاصله در گرم‌خانه ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شدند (Lante and Tinello, 2015). به منظور بررسی تغییر رنگ محصول، از روش عکس‌برداری با اسکنر مسطح<sup>۳</sup> استفاده شد. بدین منظور نمونه‌ها روی صفحه اسکنر (HP ScanJet G3010) چیده شدند. پس از آن با قراردادن یک جعبه سیاه<sup>۴</sup> روی اسکنر باهدف کاهش بازتاب نور و دخالت نور محیط تصاویر اسکن شده با فرمت TIFF-24 bit ذخیره شدند و با نرم‌افزار image لفاکتورهای رنگی \*a, \*b, \*L و شاخص تغییر رنگ ( $\Delta E$ ) 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.

$$\Delta E = \sqrt{(L_i - L_t)^2 + (a_i - a_t)^2 + (b_i - b_t)^2} \quad (1)$$

### ارزیابی بافت سیبزمینی

به منظور ارزیابی بافت سیبزمینی، از بافت‌سنج Texture analyser CNS Farnell (QTS) استفاده شد. ابتدا از نمونه‌های سیبزمینی خلال (۵×۲ 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

این پروژه در منطقه 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 اسیدآمینه 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 آب‌وهوایی و وقوع سرما در منطقه جلگه‌رخ، محلول‌پاشی‌ها در تاریخ‌های پنجم و دوازدهم مهرماه ۱۳۹۸ صورت گرفت. سیبزمینی‌ها بلافاصله پس از برداشت از خاک و خاشاک تمیز، بسته‌بندی و به سردخانه طوس مشهد منتقل گردیدند. در سردخانه، بسته‌های مورد نظر در شرایط دمایی ۷- تا ۸- درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۹۵ تا ۹۸ درصد و تهویه کامل نگهداری شدند. طی ۶ ماه نگهداری در سردخانه، هر دو ماه یک‌بار نمونه‌برداری و آزمون‌های درصد رطوبت و کاهش وزن، بررسی فعالیت آنزیم پراکسیداز و ارزیابی بافت سیبزمینی روی نمونه‌ها اعمال گردید.

<sup>۴</sup>Black box

<sup>۳</sup>Flatbed scanner

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

**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 ماهه اول انبارداری است و طی ۲ ماهه بعدی مقدار این قندها به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و تا پایان انبارداری ثابت می‌ماند. تاثیر دوره انبارداری بر میزان قندهای احیاکننده را پیش از این برخی پژوهشگران گزارش داده و گفته بودند با افزایش دوره 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 متأثر 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 ماهه 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 دوره نگهداری، جوانه‌زدن در هیچ یک از غده‌ها دیده نشد لذا در ماه ششم کاهش افت وزنی نسبت به ماه‌های اول تا چهارم کمتر بود.

### تعیین درصد رطوبت

رطوبت در آون با دمای  $115^{\circ}\text{C}$  به 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 رابطه (۲) بر حسب وزن مرطوب به دست آمد (Arias, 2008).

$$(2) \quad \text{درصد رطوبت} = \frac{\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} \times 100$$

این پروژه در قالب آزمایش فاکتوریل ۳ متغیره با پایه کاملاً تصادفی به اجرا 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 ( $P < 0.05$ ) مؤثرند. اثر کلیه تیمارها بر ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی نمونه‌های سیب‌زمینی، به جز رطوبت، معنی‌دار بود. از میان تیمارها، تنها اثر رقم سیب‌زمینی بر میزان قندهای احیاکننده، دوره انبارداری بر افت وزنی و مواد ضد سرما بر افت وزنی و شاخص رنگی  $b^*$  معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) نبود (جدول ۱).

جدول ۱: خلاصه آنالیز واریانس (میانگین مربعات و درجه آزادی) اثر تیمارهای ضد سرما، رقم سیب زمینی و انبارداری بر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی سیب زمینی

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

$\Delta E$	مؤلفه‌های رنگی color elements			افت وزنی Weight loss (%)	بافت Texture (N)	خاکستر Ash (%)	قند احیاکننده Reducing sugar (mg/100 g)	رطوبت Moisture (%)	درجه زادی Df	تیمارها treatments
	L*	a*	b*							
1082.995**	592.602**	394.4339**	119.717**	1.65 <sup>ns</sup>	2.46**	0.11**	250.273**	26.273 <sup>ns</sup>	2	انبارداری (A) storage
613.444**	5782.518**	2610.024**	1075.496**	43.182**	865.377**	5.387**	0.454 <sup>ns</sup>	87.023 <sup>ns</sup>	1	رقم (B) variety
469.548**	359.193**	296.786**	17.599**	0.119**	5.141**	0.166**	38.268**	52.972 <sup>ns</sup>	2	اثر متقابل Interaction of AB
150.322**	104.952**	ns 107.903	9.565 <sup>ns</sup>	5.091**	2.729**	0.696**	1399.649**	52.174 <sup>ns</sup>	4	ماده ضد سرما (C) ing agents
175.12**	87.7**	90.167**	7.824**	0.093**	2.925**	0.65**	45.346**	62.454 <sup>ns</sup>	8	اثر متقابل Interaction of AC
202.118**	238.957**	114.277**	5.633**	12.982**	3.294**	1.699**	20.39**	78.86**	4	اثر متقابل of BC Interaction
302.062**	304.192**	142.495**	16.876**	0.098**	4.562**	0.470**	12.819**	54.128 <sup>ns</sup>	8	اثر متقابل Interaction of ABC
49.949 <sup>ns</sup>	40.437	56.376	6.822	2.185	0.923	0.008	0.334	48.59	60	Error

در هر ستون حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار با یکدیگر هستند ( $P < 0.05$ ).

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر دوره انبارداری بر ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی سیب‌زمینی

Table 2: The comparison means of the effect of storage on the physicochemical composition of potato

$\Delta E$	Color مؤلفه‌های رنگی elements			افت وزنی Weight loss (%)	بافت Texture (N)	خاکستر Ash (%)	احیاکننده Reducing sugar (mg/100 gr)	رطوبت Moisture (%)	زمان انبارداری Storage time (month)
	b*	a*	L*						
72.49 <sub>a</sub>	2	8.252 <sup>a</sup>	17.16 <sup>c</sup>	9.304 <sup>a</sup>	19.44 <sup>ab</sup>	5.081 <sup>a</sup>	10.34 <sup>a</sup>	72.49 <sup>a</sup>	2
74.01 <sub>a</sub>	4	4.66 <sup>ab</sup>	22.46 <sup>a</sup>	9.051 <sup>a</sup>	19.73 <sup>a</sup>	4.998 <sup>b</sup>	5.244 <sup>b</sup>	74.01 <sup>a</sup>	4

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

فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز است. در دوره نگهداری، پارامتر روشنایی مربوط به رنگ حاصل از فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز افزایش یافته که نشان دهنده این است نمونه‌های سیب‌زمینی در مدت نگهداری پتانسیل قهوه‌ای شدن کمتری داشته‌اند. مقایسه میانگین اثر دوره 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 شیمیایی 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 دوره انبارداری نیز بر ترکیب شیمیایی غده سیب‌زمینی اثر دارند (Caffin et al., 1987).

$0.05 < \text{اثر}$  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 تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های رنگی سیب‌زمینی دارد به طوری که موجب کاهش ویژگی‌های رنگی  $a^*$  و  $\Delta E$  و افزایش  $b^*$  و  $L^*$  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 نشان‌دهنده روشنایی زیادتر (تیرگی کمتر)، قرمزی کمتر، و زردی بیشتر است که شرایط رنگ مطلوب سیب‌زمینی از نظر مصرف‌کننده است. بسیاری از نویسندگان برای توصیف قهوه‌ای شدن از فاکتورهای  $a^*$  و  $L^*$  به عنوان شاخصی از تیرگی یا قهوه‌ای شدن اکسیداتیو در نتیجه افزایش غلظت رنگ‌دانه‌ها استفاده کرده‌اند (Daraei et al., 2010).

جدول ۲ نشان می‌دهد مقدار  $L^*$  در دوره نگهداری افزایش یافته است که نشان‌دهنده بیشتر شدن روشنایی و کاهش

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

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر رقم سیبزمینی بر ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی سیبزمینی

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

مؤلفه‌های رنگی Color elements				افت وزنی Weight loss (%)	بافت Texture (N)	خاکستر Ash (%)	قند احیاکننده Reducing sugar (mg/100 gr)	رطوبت Moisture (%)	رقم سیبزمینی Potato variety
ΔE	L*	a*	b*						
17.735 <sup>b</sup>	67.272 <sup>a</sup>	-0.748 <sup>b</sup>	23.379 <sup>a</sup>	8.371 <sup>b</sup>	16.344 <sup>b</sup>	6.936 <sup>a</sup>	3.02 <sup>a</sup>	71.954 <sup>a</sup>	Agria
34.241 <sup>a</sup>	51.241 <sup>b</sup>	10.022 <sup>a</sup>	16.464 <sup>b</sup>	9.756 <sup>a</sup>	22.546 <sup>a</sup>	7.078 <sup>a</sup>	3.271 <sup>a</sup>	73.921 <sup>a</sup>	Fontin

\*در هر ستون حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار با یکدیگر هستند  $P < 0.05$

ویژگی‌های رنگی نیز در این دو رقم متفاوت 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 فونتین ۲۳/۳۷۹ مشاهده شده است و بالاترین مقدار قرمزی در رقم فونتین با \*a ۱۰/۰۲۲. رقم فونتین با دارا بودن مقدار قند احیاکننده بیشتر در آزمون تعیین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز دارای رنگ قرمز بیشتری نیز بود. در تحقیقی، گزارش شد رقم آگریا در مقایسه با دیگر ارقام دارای زردی بیشتر و قرمزی کمتری است (Daraei et al., 2010). دو مؤلفه رنگی \*b و \*L نشان از رنگ مطلوب تر سیبزمینی رقم آگریا، در مقایسه با فونتین، است.

بر همکنش رقم و دوره نگهداری سیبزمینی بر ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی

جدول ۴ نشان می‌دهد اثر متقابل رقم سیبزمینی و دوره نگهداری بر کلیه فاکتورهای مورد آزمون، به جز میزان رطوبت، تاثیر معنی داری 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).

جدول ۴: بر همکنش رقم سیبزمینی و دوره نگهداری بر ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی سیبزمینی

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

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

\*در هر ستون حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار با یکدیگر هستند  $P < 0.05$

جدول ۴ نشان می‌دهد رطوبت غده‌ها در هر دو رقم طی دوره نگهداری بدون داشتن اختلاف معنی‌دار تقریباً 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، تجزیه 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 تجزیه نشاسته کاهش یابد آنگاه رطوبت غده‌ها ثابت می‌ماند و افت وزنی کمتر می‌شود. در این پروژه، با کاربرد مواد ضد سرما 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 منطقه سرد جلگه‌رخ تولید شده بودند و معمولاً در مناطق سرد، سن فیزیولوژیکی غده‌ها کمتر است از این‌رو دوره خواب غده‌ها طولانی‌تر است و فرایند جوانه‌زنی دیرتر روی می‌دهد. علاوه بر این، دمای مناسب جوانه‌زنی سیب‌زمینی بالاتر از ۱۲ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد است، درحالی‌که دمای نگهداری این غده‌ها بادقت بالا ۷ تا ۸ درجه سانتی‌گراد بوده است 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 تأثیری 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 شده‌اند و از تولید بیشتر این مواد در داخل غده جلوگیری شده است.

جدول ۵ تاثیر کاربرد ۴ نوع ماده (کلسیم، پتاسیم، اسیدآمین و اسید آسکوربیک) را در مقابل نمونه 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. مقایسه میانگین بین داده‌های مربوط به حداکثر نیروی موردنیاز در نقطه شکست به عنوان شاخصی از سفتی بافت محصول (جدول ۷) نشان می‌دهد که 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 احتمالاً 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. جدول ۵ بیشترین و کمترین مقدار قند احیاکننده را به ترتیب در نمونه شاهد (۲۲/۷۳ mg/100g) و تیمار آمینواسید (۱/۹۸۹mg/100g) نشان می‌دهد. مقدار قندهای احیاکننده موجود در تیمار کلسیم و پتاسیم نیز بدون داشتن اختلاف معنی‌دار تقریباً با یکدیگر مشابه‌اند.

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

جدول ۵: بر همکنش تیمارهای ضد سرما بر ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی سیبزمینی

Table 5: The comparison means of the effect of antifreezing agents on the physico chemical composition of potato

مؤلفه‌های رنگی Color elements	افت وزنی Weight loss (%)	بافت Texture (N)	خاکستر Ash (%)	فند احیاکننده Reducing sugar (mg/100 gr)	رطوبت Moisture (%)	ماده ضد سرما Antichilling agent				
							$\Delta E$	$b^*$	$a^*$	$L^*$
	8.042 <sup>b</sup>	19.27 <sup>b</sup>	4.959 <sup>c</sup>	3.025 <sup>c</sup>	72.98 <sup>a</sup>	Calcium	3.313 <sup>a</sup>	19.17 <sup>a</sup>	3.313 <sup>a</sup>	19.17 <sup>a</sup>
	19.117 <sup>a</sup>	19.12 <sup>b</sup>	5.371 <sup>a</sup>	3.271 <sup>c</sup>	74.59 <sup>a</sup>	Potassium	2.815 <sup>a</sup>	20.78 <sup>a</sup>	2.815 <sup>a</sup>	20.78 <sup>a</sup>
	19.170 <sup>a</sup>	19.14 <sup>b</sup>	4.9 <sup>c</sup>	1.989 <sup>d</sup>	73.65 <sup>a</sup>	Amino acids	8.043 <sup>a</sup>	20.61 <sup>a</sup>	8.043 <sup>a</sup>	20.61 <sup>a</sup>
	9.295 <sup>a</sup>	20.01 <sup>a</sup>	4.941 <sup>a</sup>	4.022 <sup>b</sup>	73.39 <sup>a</sup>	Ascorbic acid	6.414 <sup>a</sup>	19.38 <sup>a</sup>	6.414 <sup>a</sup>	19.38 <sup>a</sup>

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

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

جدول ۶ تاثیر متقابل مواد ضد سرما و رقم سیبزمینی را نشان می‌دهد. در این جدول ۶ دیده می‌شود که در هر دو رقم سیبزمینی آگریا و فونتین نمونه 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 اسید آمینه (۱۰۰ گرم/میلی‌گرم ۰/۵۹۷) مشاهده می‌شود.

ویژگی‌های رنگی نیز نشان از افزایش زردی ( $b^*$ ) در نمونه آگریا، در مقایسه با رقم فونتین، دارد در حالی که این مولفه در هر رقم تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از خود نشان نداده است. بیشترین مقدار روشنی ( $L^*$ ) در نمونه تیمار شده با کلسیم، اسید آمینه و شاهد در رقم آگریا مشاهده می‌شود.

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 شده است و مقاومت گیاه را در مقابل آسیب‌های ناشی از سرمازدگی و یخ‌زدگی افزایش می‌دهد (Jia, and Davies, 2002). به نظر می‌رسد افزایش مقاومت گیاه در برابر یخ‌زدگی موجب افزایش فعالیت گیاه در مصرف قندهای احیاکننده می‌شود و از این رو از شرکت آن در فعالیت‌های قهوه‌ای شدن کاسته می‌شود و کیفیت محصول به منظور کاربرد در صنایع فراوری افزایش می‌یابد. داده‌های جدول ۵ در خصوص ویژگی‌های رنگ نشان می‌دهد که میزان زردی ( $b^*$ ) و روشنی ( $L^*$ ) طی ۶ ماه انبارداری به طور معنی‌داری افزایش یافته است. طی همین زمان، مقدار قرمزی  $a^*$  و  $\Delta E$  کاهش معنی‌داری یافته‌اند. جدول ۵ نشان می‌دهد بافت سیبزمینی‌های شاهد و تیمار شده با اسید آسکوربیک سخت‌تر از بافت دیگر نمونه‌های آزمایشی است.

رقم فونتین در کلیه تیمارها، در مقایسه با رقم آگریا، روشنی کمتری دارد. شاهد رقم فونتین طی ۶ ماه نگهداری در انبار به طور معنی‌داری حاوی بیشترین مقدار قند احیاکننده است. به‌طور کلی، نمونه 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. 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 نمونه روشنی (L\*) تقریباً ثابت مانده است.

جدول ۶: بر همکنش کاربرد مواد ضد سرما و رقم سیب‌زمینی بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی سیب‌زمینی

Table 6: The interaction of variety and antifreezing agents on the physico chemical composition of potato

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

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

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

جدول ۷: برهمکنش کاربرد مواد ضد سرما و دوره نگهداری در انبار بر ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی سیب زمینی

Table 7: The interaction of storage and antifreezing agents on the physico chemical composition of potato

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

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

### نتیجه گیری

کاربرد مواد ضد سرما تاثیر مثبتی در کاهش تولید قندهای احیاکننده داشت که موجب حفظ ویژگی‌های فیزیکی سیبزمینی شد. نوع مواد ضد سرما 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

هیچ‌گونه 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., Mirzaei, 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.



Original Research

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

S. Einafshar\*, K. 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](mailto:soodabeheyn@yahoo.com)

Received: 26 December 2023 Accepted: 23 April 2024

[http://doi: 10.22092/fooder.2024.364492.1381](http://doi.org/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  $\Delta E$  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<sup>-1</sup>) and the highest amount was found in Fontin cultivar (20.24 mg.100g<sup>-1</sup>).

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

[http://doi: 10.22092/fooder.2024.364492.1381](http://doi.org/10.22092/fooder.2024.364492.1381)

Email: [soodabeheyn@yahoo.com](mailto:soodabeheyn@yahoo.com)

نویسنده مسئول:



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