بررسی میزان تغییر قندها و اسیدهای آلی ارقام سیب‌زمینی (مورن، مارفونا و آگریا) استان اصفهان طی انبارداری، با روش کروماتوگرافی با کارایی زیاد

شهرام دخانی و لادن ربیعی مطمئن[1]

چکیده

*بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، به منظور نگهداری و فناوری آن بسیار با اهمیت می‌باشد، که از مهم‌ترین آنها می‌توان به مقدار قندهای شیرین و اسیدهای آلی سیب زمینی، در ابتدا و طی مدت انبارداری اشاره نمود. البته باید توجه داشت که در این میان، میزان قندهای احیاکننده (گلوکز و فروکتوز) سیب زمینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این مطالعه سه رقم سیب زمینی مورن، مارفونا و آگریا تهیه، و به صورت خشک تمیز شد. میزان مادهٔ خشک و چگالی آنها تعیین گردید. سپس غده‌ها در دمای چهار درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۸۵ درصد، به مدت ۱۵ هفته انبار، و سپس به مدت چهار هفته در درجه حرارت اتاق (۲۵±۱°C) نگهداری شد. طی زمان نگهداری، میزان قندهای ساکارز، گلوکز و فروکتوز نمونه‌های سیب زمینی به صورت هفتگی، هم چنین میزان اسیدهای آلی سیتریک، دی‌مالیک و دی‌پیروگلوتامیک به صورت ماهیانه، با استفاده از کروماتوگرافی با کارایی زیاد تعیین گردید. نتایج به دست آمده از طرح کاملاً تصادفی با نمونه برداری، و مقایسه میانگین‌ها با تست دانکن آنالیز شد.*

میزان کل قندهای احیاکننده و اسیدهای آلی غده‌های سیب زمینی، طی ۱۵ هفته انبارداری در چهار درجه سانتی‌گراد افزایش معنی‌دار، و بعد از نگهداری در درجه حرارت اتاق کاهش معنی‌داری نشان داد. میزان قندهای احیاکنندهٔ رقم آگریا در ابتدای انبارداری، بعد از دوران انبارداری، و پس از نگهداری در درجه حرارت اتاق کمتر از ارقام مورن و مارفونا بود. با توجه به این که رقم آگریا دارای بیشترین میزان مادهٔ خشک و کمترین مقدار مادهٔ قندی احیاکننده می‌باشد، این رقم می‌تواند در صنعت چیپس یا پودر سیب زمینی مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: *قندهای سیب زمینی، اسیدهای آلی سیب زمینی، انبارداری، کروماتوگرافی با کارایی زیاد*

مقدمه

سیب زمینی یکی از با ارزش‌ترین مواد غذایی در دنیا محسوب می‌شود. این گیاه در ۱۳۰ کشور جهان، جایی که سه چهارم جمعیت جهان زندگی می‌کنند، در سطح ۲۸ میلیون هکتار کشت می‌گردد، و با تولید سالیانه‌ای معادل چهارصد میلیون تن، بعد از گندم، ذرت و برنج چهارمین محصول عمده دنیاست (۲).

تولید سیب زمینی در ایران بیش از ۱۸۲۹ هزار تن محصول

۱. به ترتیب استاد و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.1.6]

دارد، و سطح زیر کشت آن معادل ۱۵۴ هزار هکتار در سال برآورد شده است (۶). مناطق عمده تولید کنندهٔ سیب زمینی در ایران عبارتند از: آذربایجان شرقی و غربی، خراسان، اصفهان، استان مرکزی، کردستان، همدان، باختران، سمنان، فارس، جیرفت و خوزستان (۶ و ۷). تولید سیب زمینی در استان اصفهان با بیش از ۵۲۰ هزار تن و سطح زیرکشتی معادل با ۵۲/۶۳۸ هزار هکتار در سال گزارش گردیده است (۱).

سیب زمینی یک مادهٔ غذایی انرژی‌زا و مقوی برای انسان می‌باشد. مقدار پروتئین آن ۲/۱ درصد، و کیفیت پروتئین آن بهتر از اکثر محصولاتی است که به مصرف انسان می‌رسد. ارزش کیفی تغذیه‌ای پروتئین و وجود اسیدهای آمینه مهم مثل لیزین به مقدار زیاد، و وجود مواد معدنی مثل فسفر، آهن، مس، روی، گوگرد و سدیم، و ویتامین‌هایی نظیر C، B کمپلکس و پرووویتامین A در سیب زمینی، این محصول را از نظر ارزش غذایی بعد از تخم مرغ، دومین منبع غذایی ساده جهان از نظر ارزش معرفی کرده است (۵ و ۱۶). از خصوصیات دیگر سیب زمینی آسان هضم آن است (۲۲ و ۲۹).

با توجه به ویژگی‌های ذکر شده، سیب زمینی یکی از فراورده‌هایی است که می‌تواند برای مدت زیادی در طول سال مورد استفاده قرار گیرد، لذا ناچار به انبار کردن آن می‌باشیم. در نتیجه، بررسی تغییر ایجاد شده در سیب زمینی در نتیجهٔ انبارداری، از اهمیت زیادی برخوردار است.

اسیدهای آلی و قندهای سیب زمینی از جمله ترکیباتی هستند که طی انبارداری دستخوش تغییر می‌شوند. با توجه به اهمیت مقادیر این ترکیبات از نظر ویژگی‌های ارگانولپتیک در مصرف سیب زمینی به صورت تازه یا فرایند شده، بررسی این تغییرات مورد توجه قرار می‌گیرد. برای تجزیه قندها و اسیدهای آلی موجود سیب زمینی روش‌های متعددی پیشنهاد شده است (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۶)، که در آن میان کروماتوگرافی با کارایی زیاد، به علت سرعت و دقت زیاد مورد توجه واقع شده است (۹، ۱۲، ۱۵، ۲۶، ۲۸، ۳۰ و ۳۱).

مواد و روش‌ها

سه رقم سیب زمینی مورن[1] مارفونا[2] و اگریا[3] که به صورت عمده کشت می‌گردید، در مهرماه ۱۳۷۵ از منطقه دامنه در فریدن خریداری شد، و پس از انتقال به دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، میزان ماده خشک و چگالی غده‌ها تعیین گردید.

برای تعیین مادهٔ خشک، از هر رقم به صورت جداگانه چند سیب زمینی به صورت تصادفی انتخاب، پوست‌گیری و خرد شد. سپس ۱۰ گرم از نمونه خرد شده به مدت هشت ساعت در آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد با جریان هوا قرار داده شد، و پس از خشک شدن کامل، میزان ماده خشک با توزین محاسبه گردید (۸).

برای تعیین چگالی سیب زمینی، شش غده به طور تصادفی انتخاب، و غده‌های هر رقم درون یک تور سیمی قرار داده شد. تور سیمی به وسیلهٔ یک نخ ابریشمی به شاهین ترازو متصل و وزن آن قرائت گردید. سپس نمونه به همان صورت که متصل به ترازو بود داخل یک ظرف پر از آب فرو برده شد. در این حالت وزن نمونه‌ها در آب نیز قرائت، و درنهایت با استفاده از فرمول زیر چگالی سیب زمینی محاسبه گردید (۱۷).

$$\text{چگالی نمونه} = \frac{\text{(وزن نمونه درهوا)}}{\text{(وزن تور در آب-وزن تور در هوا)-(وزن نمونه و تور در آب-وزن نمونه و تور در هوا)}}$$

پس از تعیین ماده خشک و چگالی، غده‌ها در سردخانه چهار درجه سانتی گراد، و رطوبت نسبی ۸۵ درصد به مدت ۱۵ هفته انبار شد. سپس به مدت چهار هفته در محیطی با درجه حرارت ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد (درجه حرارت محیط) نگهداری گردید. طی مدت نگهداری سیب زمینی، تغییر میزان قند و اسیدهای آلی آن با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی زیاد بررسی شد.

1. Moran 2. Marfona 3. Agria

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.1.6]

تعیین مقدار قندهای سیب زمینی با استفاده از کروماتوگرافی با کارایی زیاد

الف) آماده سازی حلال متحرک: بدین منظور از آب دو بار تقطیر شده استفاده گردید. عمل هوازدایی حلال با پمپ خلأ به مدت ۲۰ دقیقه انجام و سپس برای تصفیهٔ نهایی، حلال از یک فیلتر ۰/۴۵ میکرون از نوع میلی پور عبورداده شد.

ب) کلیه مواد شیمیایی استفاده شده در این روش از کمپانی مرک[1] آلمان، و با خلوص بیش از ۹۹/۵ درصد تهیه گردید.

ج) آماده سازی محلول‌های مورد نیاز: یک گرم محصول سدیم ازاید[2] وزن شده، در بالن یک لیتری با آب مقطر به حجم رسانیده شد تا محلول ۰/۱ درصد تهیه گردد.

د) آماده سازی نمونه: عصارهٔ ۲۰ گرم سیب زمینی خرد شده توسط آب میوه‌گیری ناسیونال گرفته شد. بلافاصله دو گرم از عصاره توزین شده، ۰/۰۲ گرم EDTA به آن اضافه شده، و با محلول سدیم ازاید ۰/۱ درصد در بالن ژوژه به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسید. بعد از اختلاط کامل، محلول در دو لوله آزمایش ریخته و به مدت ۳۰ دقیقه در سانتریفوژ ۳۰۰۰ دور دردقیقه (مدل هتیچ آلمان[3]) قرار داده شد. بعد از تکمیل عمل سانتریفوژ، محلول مورد نظر با صافی میلی‌پور ۰/۴۵ میکرون صاف و برای تزریق به دستگاه در مقادیر میکرولیتر استفاده گردید.

ه) مشخصات دستگاه کروماتوگراف مایع با کارایی زیاد: کلیهٔ متعلقات دستگاه از کمپانی شیمادزو[4] ژاپن تهیه گردید. ابعاد ستون کروماتوگراف، ۷/۹×۳۰۰ میلی‌متر با مدل SCR-101N برای تجزیه قندها، دارای محافظ ستون با مدل SCR(N)، سیستم مورد استفاده ایزوکراتیک[5]، شناساگر RID، سرعت فاز متحرک در ستون ۰/۷ میلی‌لیتر در دقیقه، حساسیت[6] برابر با شش، سرعت چارت برابر با پنج میلی‌متر در دقیقه، درجه حرارت مورد استفاده برای ستون ۶۰ درجه سانتی‌گراد، و چاپگر سیستم از نوع کامپیوتری با مدل C-R4A بود.

و) تعیین درصد بازیافت[7]: بعد از نمونه برداری دو سری سیب زمینی قطعه قطعه شده با میزان قندهای گلوکز، فروکتوز و ساکارز مشخص و با وزن ۲۰ گرم، به یکی از آنها به میزان ۰/۱ گرم فروکتوز، ۰/۱ گرم گلوکز و ۰/۱ گرم ساکارز اضافه گردید، و دیگری به عنوان شاهد در نظر گرفته شد و مطابق روش آماده سازی نمونه‌ها (د)، کلیه مراحل استخراج تا زمان تزریق برای آنها انجام گرفت. پس از تزریق به دستگاه، بر اساس اختلاف بین میزان قند این دو نمونه، درصد بازیافت محاسبه گردید (۱۲).

تعیین میزان اسیدهای آلی سیب زمینی با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی زیاد

الف) آماده سازی حلال متحرک: حلال‌های مورد استفاده، محلول‌های رقیق اسیدسولفوریک با pH=۱/۶ و یا pH=۲/۴ بود. مانند قسمت قبل، کلیه مواد شیمیایی از کمپانی مرک آلمان با خلوص بیش از ۹۹/۵ درصد تهیه شد و حلال‌ها با آب دوبار تقطیر شده آماده، و با پمپ خلأ به مدت ۲۰ دقیقه کاملاً هواگیری شد.

ب) آماده سازی محلول‌ها: برای به دست آوردن ۰/۵EDTA درصد، نیم گرم EDTA در ارلن ۱۰۰ میلی لیتری با آب مقطر به حجم رسانیده شد. سپس ۵۰ میلی لیتر محلول اسیدسولفوریک با pH=۲/۱۵ با پنج میلی لیتر آب مقطر و یک میلی لیتر محلول EDTA کاملاً مخلوط گردید.

ج) آماده سازی نمونه: عصاره ۲۰ گرم سیب زمینی توسط آب میوه‌گیری ناسیونال گرفته شد. دو گرم از عصاره با محلول بافر به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانیده، و بعد از مخلوط کردن در دو لوله آزمایش ریخته شد، و به مدت نیم ساعت در سانتریفوژ مدل هتیچ با دور ۳۰۰۰ در دقیقه قرار گرفت. محتوای لوله‌ها بعد از صاف کردن با صافی ۰/۴۵ میکرون به دستگاه تزریق گردید.

د) دستگاه کروماتوگراف با کارایی زیاد: در این قسمت نیز از دستگاه شیمادزو ساخت ژاپن استفاده گردید. ابعاد ستون

1. Merck (E. Merck, P.O. Box 4119, Frankfurt, Germany)
2. Sodium azide
3. Hettich (D-7200 Tuttlingen, Germany)
4. Shimadzu
5. Isocratic
6. Attenuation
7. Recovery

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.1.6]

۳۰۰×۷/۹ میلی متر، از نوع SCR-101H، با محافظ ستون SCR(H)، و سیستم مورد نظر گرادینت[1] با فاز متحرک (I)، محلول اسیدسولفوریک با pH=۱/۶ و فاز متحرک (II)، محلول اسیدسولفوریک با pH=۲/۴ بود. سرعت عبور حلال در ستون ۰/۶ میلی لیتر در دقیقه انتخاب شد. حساسیت برابر با چهار، سرعت چارت برابر با پنج میلی متر در دقیقه، درجه حرارت ۷۵ درجه سانتی گراد، طول موج شناساگر U.V. ۲۱۰ نانومتر، و چاپگر از نوع کامپیوتری با مدل C-R4A استفاده گردید.

در برنامه گرادینت، پمپ A با بافر pH=۲/۴ و پمپ B با بافر pH=۱/۶، بدین شکل شروع به کارکرد که از زمان صفر تا ۱۱ دقیقه ۲/۴ درصد از بافر B و بقیه از بافر A، و از زمان ۱۱ تا ۲۰ دقیقه دو درصد از بافر B و بقیه از بافر A پمپاژ شد.

ه) تعیین درصد بازیافت: عیناً مانند قبل عمل گردید. با این تفاوت که به یک سری از نمونه انتخاب شده ۰/۱ گرم اسید مالیک و ۰/۱ گرم اسید پیروگلوتامیک اضافه شد، و براساس اختلاف میزان این اسیدهای آلی با اسیدهای آلی نمونه شاهد، درصد بازیافت محاسبه گردید.

رسم منحنی‌های استاندارد برای تعیین کیفیت و کمیت قندها و اسیدهای آلی سیب زمینی

منحنی‌های استاندارد سه اسید آلی سیتریک، دی مالیک و دی پیروگلوتامیک و سه قند گلوکز، فروکتوز و ساکارز بدین ترتیب رسم گردید که چهار غلظت ۰/۳، ۰/۱۵، ۰/۰۷۵ و ۰/۰۳۷۵ درصد از اسیدسیتریک، چهار غلظت ۰/۲، ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۲۵ درصد از اسید دی مالیک، چهار غلظت ۰/۰۴، ۰/۰۲، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۵ درصد از سید دی پیروگلوتامیک، چهار غلظت ۰/۶، ۰/۳، ۰/۱۵ و ۰/۰۷۵ درصد از فروکتوز و گلوکز و چهار غلظت ۰/۳، ۰/۱۵، ۰/۰۷۵ و ۰/۰۳۷۵ درصد از ساکارز تهیه شد. به میزان سه میکرولیتر از هر کدام به دستگاه تزریق، و با توجه به زمان ماندگاری[2]، منحنی‌های هر اسید با قند رسم گردید.

روش‌های تجزیه آماری داده‌ها

در این تحقیق از طرح کاملاً تصادفی با نمونه برداری استفاده شد. تیمارها عبارت از سه رقم مختلف سیب زمینی و روش‌های آماری به کار رفته شامل تجزیه واریانس و آزمون دانکن بود.

نتیجه و بحث

میزان مادهٔ خشک و چگالی ارقام

میانگین نتایج اندازه‌گیری مادهٔ خشک و چگالی ارقام سیب زمینی در جدول ۱ ارائه گردیده است.

جدول ۱. میزان ماده خشک و چگالی سه رقم سیب زمینی

رقم	چگالی	درصد ماده خشک
مورن	۱/۰۶۸	۲۰/۸
مارفونا	۱/۰۵۲	۱۸/۵
آگریا	۱/۰۷۵	۲۳/۴

درصد مادهٔ خشک و چگالی ارقام سیب زمینی نشان می‌دهد که با افزایش چگالی در رقم آگریا به ۱/۰۷۵، مقدار مادهٔ خشک نیز به ۲۳/۴ درصد، یعنی بالاترین میزان رسیده است. این موضوع توسط پژوهشگران دیگر نیز در ارقام مختلف سیب زمینی تأیید گردیده است (۳ و ۲۵). در تحقیقات دخانی (۳) نشان داده شده است که رقم پشندی با داشتن بیشترین چگالی (۱/۱) دارای بیشترین ماده خشک (۲۵/۴٪)، و رقم کوزیما با داشتن حداقل چگالی (۱/۰۸۶) دارای کمترین میزان ماده خشک (۲۳/۳٪) بوده است.

میزان قندهای سیب زمینی با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی زیاد

با استفاده از ستون تجزیهٔ قندها، منوساکاریدهای گلوکز و فروکتوز و دی‌ساکارید ساکارز به طور مجزا تعیین شد، این یک مزیت روش کروماتوگرافی مایع با کارایی زیاد نسبت به روش شیمیایی می‌باشد (۹، ۱۲، ۱۵ و ۲۸).

1. Gradient 2. Retention time

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.1.6]

جدول ۲. بازیافت قندهای گلوکز، فروکتوز و ساکارز در سیب زمینی‌های خام بعد از عصاره‌گیری

قند	قند اضافه شده به ۲۰ گرم سیب زمینی (میلی‌گرم)	قند موجود در ۲۰ گرم سیب زمینی (میلی‌گرم)	کل میزان یافت شده (میلی‌گرم)	درصد بازیافت
ساکارز	۱۰۰	۱۳۰	۲۲۸/۵	۹۸/۵
گلوکز	۱۰۰	۱۱۲	۲۰۹	۹۷/۰
فروکتوز	۱۰۰	۱۰۹	۲۰۴	۹۵/۰

در این آزمایش به علت استفاده از سدیم ازاید در تهیهٔ نمونه‌ها، از تخمیر و ضایع شدن قندها محافظت شد. درصد بازیافت سه قند فروکتوز و کلوگز و ساکارز نیز محاسبه گردید. مطابق جدول ۲، میزان بازیافت ۹۵ درصد برای فروکتوز، ۹۷ درصد برای کلوگز، و ۹۸/۵ درصد برای ساکارز تعیین شد. این ارقام در تحقیقی مشابه توسط دخانی و همکاران (۱۲) مورد تأیید قرار گرفته است.

در شکل ۱، کروماتوگرام قندهای تجزیه شده گلوکز، فروکتوز و ساکارز در نمونه‌های استاندارد و سیب زمینی نشان داد که در ستون غربالی یونی[1] با شرایط انتخاب شده در کروماتوگرافی مایع با کارایی زیاد، ساکارز، گلوکز و فروکتوز به ترتیب پس از ۷/۵، ۹/۶ و ۱۰/۷ دقیقه شناسایی شدند. با مقایسه با منحنی‌های استاندارد و درصد بازیافت هر قند، میزان قندهای گلوکز، فروکتوز و ساکارز در ارقام سیب زمینی تعیین گردید (جدول ۳). همان طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، طی چهار هفته نگهداری سیب زمینی در دمای ۲۵°C، میزان ساکارز و فروکتوز و گلوکز هر سه رقم به طور چشم‌گیری کاهش پیدا کرده است.

دخانی و اوراکول (۴) میزان قندهای ساکارز، گلوکز و فروکتوز را پس از انتقال سیب زمینی رقم شیپودی[2] کانادایی از سردخانه به حرارت اتاق، با روش کروماتوگرافی مایع با کارایی زیاد اندازه‌گیری نمودند. در روز پانزدهم میزان قندهای ساکارز، گلوکز و فروکتوز به ترتیب به حدود $\frac{1}{2}$، $\frac{1}{5}$ و $\frac{1}{3}$ مقدارشان در نمونه‌های موجود در سردخانه رسید.

در یک آزمایش مشخص شد که نگهداری سیب زمینی در دمای زیاد، کاهش میزان هر سه قند ساکارز، گلوکز و فروکتوز را به دنبال دارد، که به علت انجام عمل تنفس، و نیز تبدیل قند به نشاسته در این دما می‌باشد (۲۳). الروندا و کیتسون (۱۹) گزارش کردند که میزان قندهای احیاکننده، با نگهداری غده‌ها در ۳۰ درجه سانتی گراد به مدت چند هفته قبل از فرایند، کاهش می‌یابد. سووکینوس و اور (۲۴) اعلام کردند که ساکارز با نگهداری سیب زمینی در دمای زیاد به تدریج کاهش می‌یابد، تا به غلظت کمتری از غلظت اولیه (قبل از سردخانه) برسد. بیوسنتز نشاسته از قندها نیز بعد از انتقال غده‌ها از سردخانه به محیط با دمای بیش از ۲۰ درجه سانتی گراد، توسط مولری کشف شد (۱۸).

سیب زمینی‌هایی که به مدت چند ماه در دمای کمتر از ۱۰ درجه انبار شده باشند، باید قبل از فرایند به محیطی با دمای زیاد منتقل شوند تا میزان قندهای احیاکنندهٔ غده‌ها کاهش یابد، و سیب زمینی برای انجام فرایند مناسب گردد (۱۱ و ۲۱) در اشکال ۳، ۴ و ۵ مقایسه‌ای بین تغییرات میزان قندهای شیرین سیب زمینی در طی انبارداری انجام، و مشخص شده است که تغییرات قندهای احیاکننده (گلوکز و فروکتوز) به مراتب بیش از ساکارز بوده است. این امر در ارقام مورن و مارفونا شدت بیشتری دارد. در اشکال ۴ و ۵ تغییرات قندهای احیاکننده در طول انبارداری در چهار درجه سانتی گراد و ۲۵ درجه

1. Ion Exclusion 2. Shepody

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.1.6]

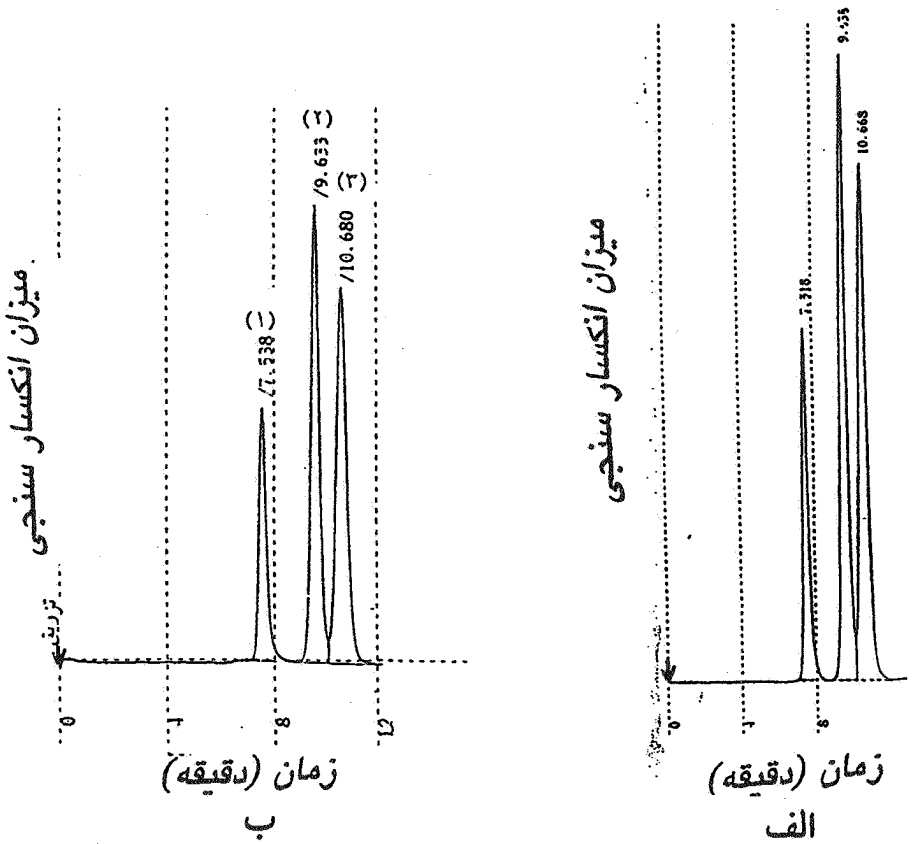
جدول ۳. میزان گلوکز، فروکتوز و ساکارز سه رقم سیب زمینی مورن، مارفونا و آگریا طی مدت ۱۵ هفته انبارداری در دمای چهار درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۸۵٪ و سپس چهار هفته نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، به وسیله کروماتوگراف با کارایی زیاد (برحسب گرم قند درصد گرم ماده خشک)[1]

رقم	قند	مدت انبارداری (هفته)																
		چهار درجه سانتی گراد															۲۵ درجه سانتی گراد			
		۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱	۲	۳	۴
مورن	گلوکز	۰/۰۴۴۸	۰/۱۹۹	۰/۲۵۱	۰/۳۴۹	۰/۴۳۴	۰/۵۷۳	۰/۷۴۷	۰/۸۲۷	۱/۰۰۷	۱/۲۱۹	۱/۵۰۰	۱/۷۰۴	۱/۸۰۱	۱/۹۰۰	۱/۹۶۰	۲/۲۰۲	۱/۲۵۸	۰/۲۸۰	۰/۱۸۰	۰/۰۶۷
	فروکتوز	۰/۰۴۳۸	۰/۱۲۲	۰/۲۱۲	۰/۳۷۰	۰/۴۶۵	۰/۵۹۳	۰/۷۵۶	۰/۸۴۶	۰/۹۸۸	۱/۱۸۶	۱/۴۷۰	۱/۶۸۰	۱/۸۰۰	۱/۸۶۰	۱/۹۴	۲/۰۲۰	۱/۶۶۰	۰/۲۲۰	۰/۱۶۰	۰/۱۲۳
	ساکارز	۰/۵۲	۰/۶	۰/۷۶۸	۰/۸	۰/۸۷۱	۰/۹۸۳	۰/۷۸۷	۰/۸۸۲	۰/۹۷۸	۱/۰۱۸	۱/۱۲۴	۱/۱۷۵	۱/۲۶۱	۱/۳۵۵	۱/۴۰۶	۱/۴۱۲	۰/۹۰۱	۰/۴۰۸	۰/۳۱۶	۰/۲۳۱
مارفونا	گلوکز	۰/۰۵۶	۰/۱۱۵	۰/۲۳۴	۰/۴۰۵	۰/۵۶۰	۰/۷۳۰	۰/۵۶۰	۰/۷۳۰	۰/۸۰۹	۱/۰۵۱	۱/۲۰۰	۱/۶۵	۱/۷۸۱	۱/۸۴۰	۱/۹۱۱	۲/۱۶۰	۱/۳۰۰	۰/۳۱۲	۰/۱۷۱	۰/۰۶۲
	فروکتوز	۰/۰۳۶	۰/۰۹۳	۰/۲۱۱	۰/۳۵۶	۰/۲۵۵	۰/۵۷۶	۰/۷۱۷	۰/۸۷۴	۱/۰۲۶	۱/۱۶۰	۱/۴۲۰	۱/۶۶۰	۱/۷۸۲	۱/۸۰۶	۱/۹۳۰	۲/۱۴۰	۱/۱۸۹	۰/۲۴۰	۰/۱۴۰	۰/۱۰۴
	ساکارز	۰/۳۰۱	۰/۶۲	۰/۸۶۷	۰/۹۲۷	۰/۹۴۷	۰/۹۹۲	۱/۰۱	۱/۰۶۵	۱/۰۸۱	۱/۱۴۰	۱/۱۶۰	۱/۰۳۲	۱/۲۷۲	۱/۳۴۳	۱/۳۵۲	۱/۳۶۳	۰/۱۲۷	۰/۴۸۲	۰/۲۶۷	۰/۲۴۲
آگریا	گلوکز	۰/۰۳۵۱	۰/۰۳۷۵	۰/۰۳۹۲	۰/۰۲۳۱	۰/۰۴۵۲	۰/۰۴۶۱	۰/۰۵۳	۰/۰۶۰۱	۰/۰۶۹۲	۰/۰۷۵	۰/۰۸۶۸	۰/۰۹۸۱	۰/۱۰۷	۰/۱۳۱	۰/۱۳۵	۰/۱۴۲	۰/۰۵۹	۰/۰۵۳	۰/۰۲۷	۰/۰۴۵
	فروکتوز	۰/۰۳۱	۰/۰۳۷	۰/۰۳۹	۰/۰۴۰۲	۰/۰۴۱۵	۰/۰۴۲۵	۰/۰۴۶۱	۰/۰۴۶۳	۰/۰۵۷۴	۰/۰۷۰۲	۰/۰۷۸۸	۰/۰۸۹۵	۰/۰۹۹۷	۰/۱۱۲	۰/۱۲۱	۰/۱۲۳	۰/۰۴۶	۰/۰۴۰	۰/۰۳۹	۰/۰۳۵
	ساکارز	۰/۳۶۴	۰/۰۵۴	۰/۶۲۷	۰/۶۶۲	۰/۴۸۵	۰/۷۰۲	۰/۸۲۵	۰/۷۳۱	۰/۷۴۲	۰/۷۶۱	۰/۷۸۳	۰/۷۸۳	۰/۷۹۶	۰/۸۰۲	۰/۸۱۰	۰/۸۴۲	۰/۵۵۳	۰/۳۴۴	۰/۲۴۲	۰/۱۵۴

۱. کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شده است. با استفاده از جداول تجزیهٔ واریانس مشخص گردید که بین ارقام مختلف سیب زمینی از نظر مقدار گلوکز و فروکتوز اختلاف معنی‌دار وجود دارد، ولی از نظر مقدار ساکارز بین ارقام اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با استفاده از مقایسهٔ میانگین‌های میزان گلوکز و فروکتوز، رقم آگریا در یک گروه و ارقام مورن و مارفونا در گروه دیگری قرار گرفتند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.1.6]



شکل ۱. کروماتوگرام قندهای گلوکز، فروکتوز و ساکارز، الف) نمونه استاندارد و ب) نمونه سیب زمینی آگریا در هفته پانزدهم، تجزیه شده با کروماتوگرافی مایع با کارایی زیاد، با زمان ماندگاری: ساکارز ۷/۵ دقیقه، گلوکز ۹/۶ دقیقه و فروکتوز ۱۰/۷ دقیقه

سانتی‌گراد، روند مشابهی را نشان داده‌اند. در هر حال، رقم آگریا در طول انبارداری حداقل میزان قندهای گلوکز و فروکتوز را در خود انباشته نموده است.

با استفاده از جداول تجزیه واریانس، مشخص گردید که بین ارقام مختلف سیب زمینی از نظر قند گلوکز و فروکتوز اختلاف معنی‌داری وجود دارد، ولی از نظر مقدار ساکارز بین ارقام اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. با استفاده از مقایسه میانگین‌ها، میزان گلوکز و فروکتوز رقم آگریا در یک گروه، و ارقام مورن و مارفونا در گروه دیگری قرار گرفتند.

میزان اسیدهای آلی سیب زمینی با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی زیاد

کروماتوگرام اسیدهای آلی سیب زمینی در نمونه‌های استاندارد و سیب زمینی در شکل ۲ نشان می‌دهد که زمان ماندگاری اسیدهای سیتریک، دی مالیک و دی پیروگلوتامیک به ترتیب برابر ۸/۷، ۱۳/۶ و ۱۷/۴ دقیقه بوده است.

جدول ۴ میزان بازیافت سه اسید آلی سیتریک، دی مالیک و دی پیروگلوتامیک را به ترتیب ۹۸/۲، ۹۲/۰ و ۹۶/۵ درصد نشان می‌دهد. با استفاده از منحنی‌های استاندارد این سه اسید، و با احتساب میزان بازیافت هر یک از اسیدهای فوق، میزان اسیدهای آلی تجزیه شده در ارقام سیب زمینی در جدول ۵ نشان داده شده است.

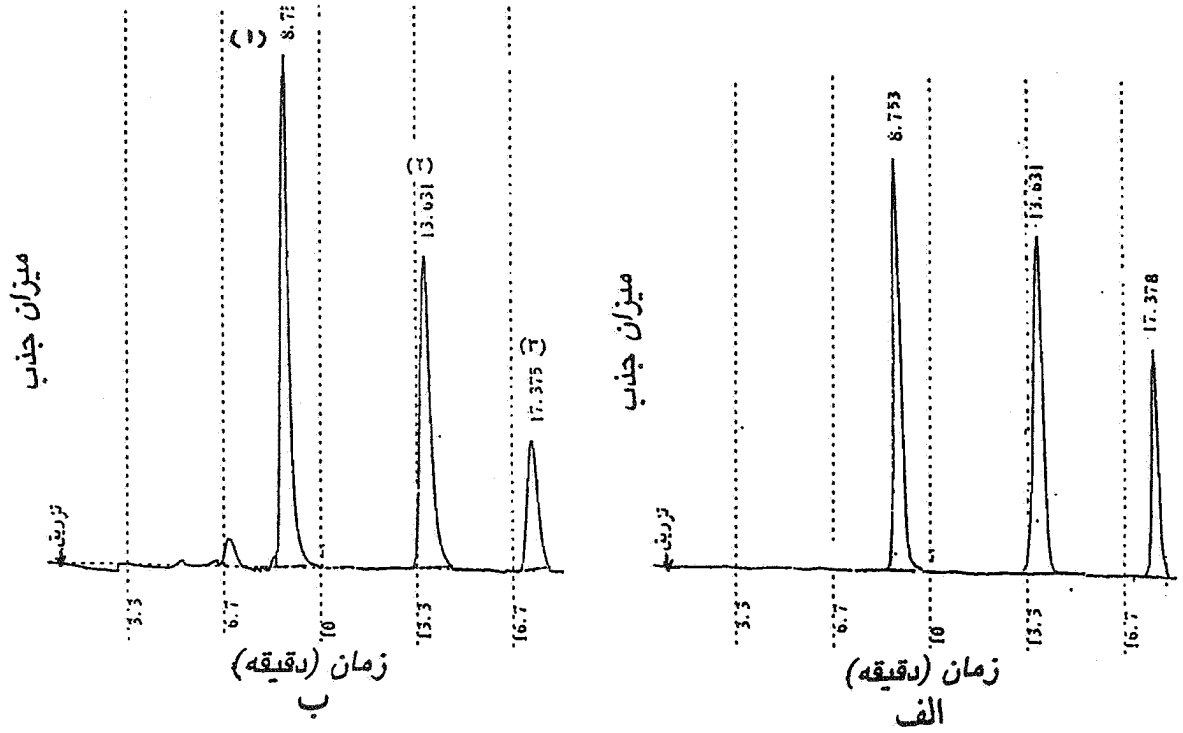
آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد و با استفاده از جداول تجزیهٔ واریانس مشخص گردید که بین ارقام سیب زمینی از نظر مقدار اسید دی مالیک و اسید دی پیروگلوتامیک اختلاف معنی دار وجود دارد. ولی از نظر مقدار اسید سیتریک بین ارقام

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.1.6]

جدول ۴. بازیافت اسیدهای آلی در سیب زمینی خام پس از عصاره‌گیری

اسید	اسید اضافه شده به ۲۰ گرم سیب زمینی (میلی‌گرم)	اسید موجود در ۲۰ گرم سیب زمینی (میلی‌گرم)	کل میزان یافت شده (میلی‌گرم)	درصد بازیافت
سیتریک	۱۰۰	۴۰۵	۵۰۳/۲	۹۸/۲۰
دی مالیک	۱۰۰	۱۵۰	۲۴۲	۹۲/۰
پیروگلوتامیک	۱۰۰	۶۲	۱۵۸/۵	۹۶/۵



شکل ۲. کروماتوگرام اسیدهای آلی سیتریک، دی مالیک و پیروگلوتامیک، الف) نمونه استاندارد و ب) نمونه سیب زمینی مورن در هفته پانزدهم، تجزیه شده با کروماتوگرافی مایع با کارایی زیاد با زمان ماندگاری: اسیدسیتریک ۸/۷ دقیقه، اسید دی مالیک ۱۳/۶ دقیقه و اسید پیروگلوتامیک ۱۷/۴ دقیقه

اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

در مقایسهٔ میانگین‌های میزان اسید دی مالیک، رقم مورن در یک گروه و ارقام مارفونا و آگریا در گروه دیگری قرار گرفتند. با استفاده از همین مقایسه، از نظر میزان اسید دی پیروگلوتامیک، رقم آگریا در یک گروه و ارقام مارفونا و مورن در گروه دیگری قرار گرفتند.

اسید سیتریک یکی از مهم‌ترین اسیدهای آلی موجود در سیب زمینی است، و مقدار آن طی انبارداری در چهار درجه سانتی گراد در مدت ۱۵ هفته، به تدریج افزایش یافته است (جدول ۵). اسید دی مالیک نیز یکی از اسیدهای آلی عمده موجود در سیب زمینی است که در ارقام مارفونا و آگریا طی انبارداری در چهار درجه سانتی گراد کاهش یافته، ولی در رقم مورن طی این مدت افزایش مشاهده شده است. در همان جدول مشخص شده است که طی انبارداری سیب زمینی در چهار درجه

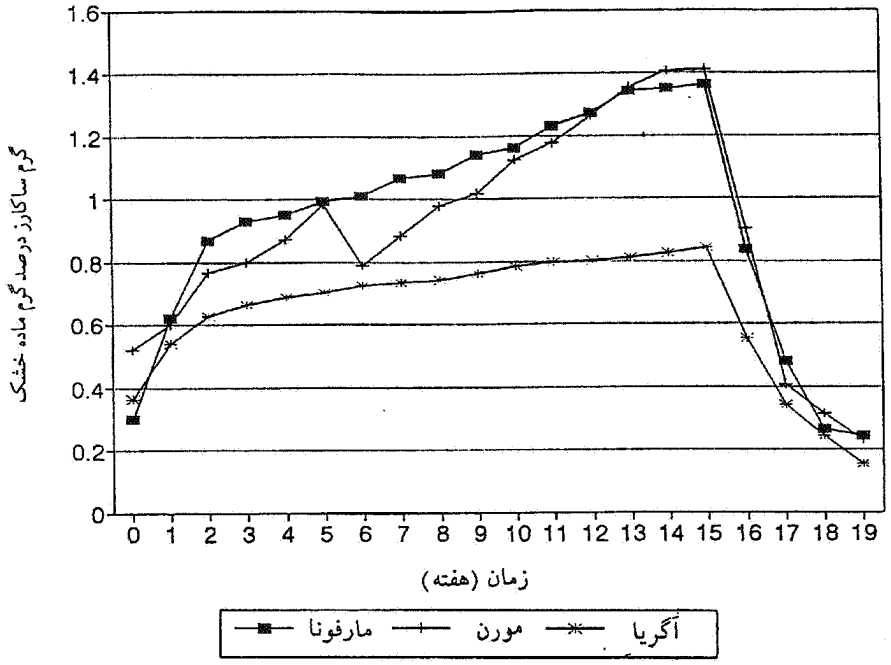
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.1.6]

جدول ۵. میزان اسید مالیک، سیتریک و پیروگلوتامیک سه رقم مورن، مارفونا و آگریا طی ۱۵ هفته انبارداری سیب زمینی در چهار درجه سانتی گراد و رطوبت ۸۵٪ و سپس چهار هفته نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی زیاد (برحسب گرم درصد گرم ماده خشک)[1]

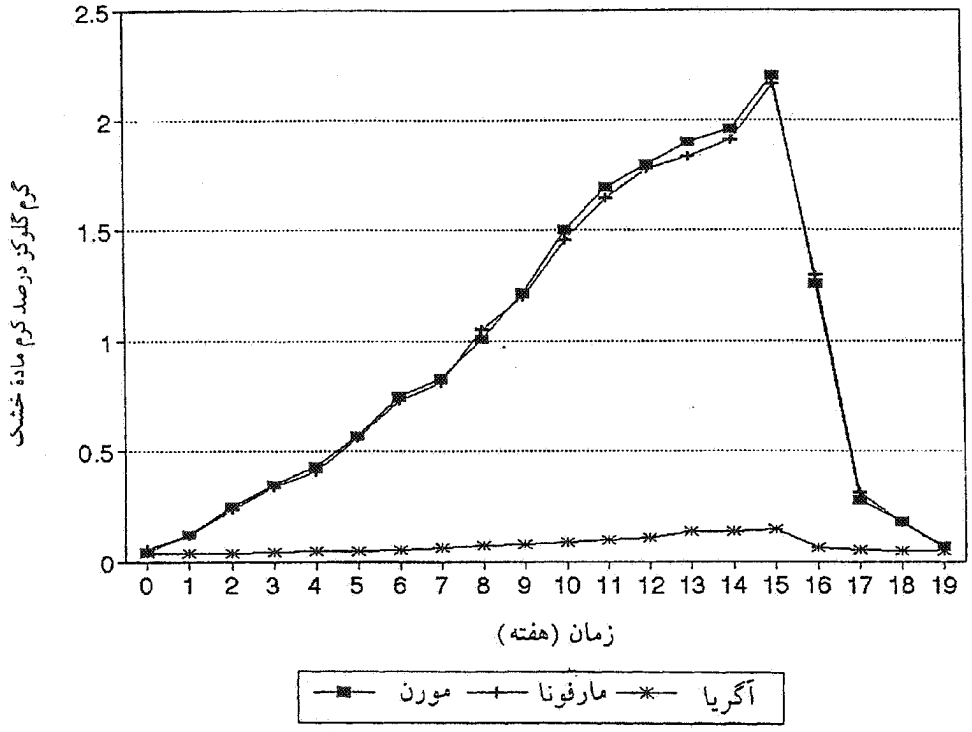
رقم	اسید	مدت انبارداری (هفته)						
		چهار درجه سانتی‌گراد					۲۵ درجه سانتی‌گراد	
		۰	۴	۸	۱۲	۱۵	۲	۴
	سیتریک	۱/۶۲۳	۱/۷۲۱	۱/۸۵۹	۱/۸۵۶	۳/۶۷۳	۲/۵۰۷	۲/۲۹
مورن	پیروگلوتامیک	۰/۲۵۱	۰/۴۶۸	۰/۵۰۰	۰/۵۶۶	۰/۹۰۰	۰/۷۳	۰/۶۳۷
	مالیک	۰/۶۰۲	۱/۶۲۴	۱/۶۶۹	۲/۳۵۷	۲/۴۳۳	۲/۲۸۶	۲/۱۰۰
	سیتریک	۱/۱۵۲	۱/۴۶۲	۱/۵۴۶	۱/۵۹۸	۳/۰۶۲	۲/۰۲۶	۱/۶۷۴
مارفونا	پیروگلوتامیک	۰/۵۶۳	۰/۶۲۸	۰/۶۸۸	۱/۰۸۰	۱/۱۰۸	۰/۹۶۰	۰/۹۳۱
	مالیک	۰/۶۲۳	۰/۵۷۰	۰/۴۰۳	۰/۳۶۲	۰/۱۶۷	۰/۲۰۹	۰/۲۶۹
	سیتریک	۱/۳۲۲	۱/۴۰۳	۱/۵۴۶	۱/۷۱۰	۲/۰۲۶	۱/۹۲۱	۱/۲۶۱
آگریا	پیروگلوتامیک	۰/۵۴۳	۰/۵۱۰	۰/۴۵۰	۰/۳۳	۰/۳۰۲	۰/۳۹۰	۰/۵۱۴
	مالیک	۱/۳۰۷	۰/۹۷۰	۰/۷۶۶	۰/۴۶۲	۰/۳۸۶	۰/۶۹۸	۰/۷۰۳

۱. با استفاده از جداول تجزیه واریانس مشخص گردید که بین ارقام مختلف سیب زمینی از نظر مقدار اسیدمالیک و اسیدپیروگلوتامیک اختلاف معنی‌دار وجود دارد، ولی از نظر مقدار اسیدسیتریک بین ارقام اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.
با استفاده از مقایسه میانگین‌های میزان اسید دی مالیک، رقم مورن در یک گروه و ارقام مارفونا و آگریا در گروه دیگری قرار گرفتند. با استفاده از همین مقایسه، از نظر میزان اسید پیروگلوتامیک، رقم آگریا در یک گروه و ارقام مارفونا و مورن در گروه دیگری قرار گرفتند.

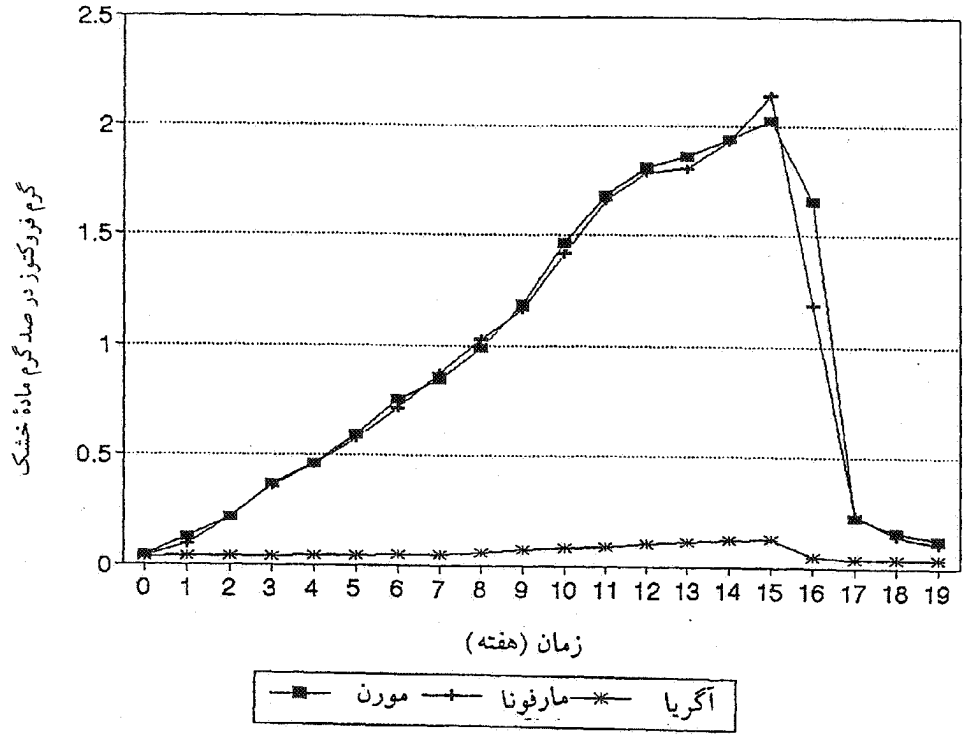


شکل ۳. مقایسه میزان ساکارز سه رقم سیب زمینی مورن، مارفونا و آگریا طی ۱۵ هفته انبارداری در ۴°C و سپس چهار هفته نگهداری در ۲۵°C

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.1.6]



شکل ۴. مقایسه میزان گلوکز سه رقم سیب زمینی مورن، مارفونا و آگریا طی ۱۵ هفته انبارداری در ۴°C و سپس چهار هفته نگهداری در ۲۵°C



شکل ۵. مقایسه میزان فروکتوز سه رقم سیب زمینی مورن، مارفونا و آگریا طی ۱۵ هفته انبارداری در ۴°C و سپس چهار هفته نگهداری در ۲۵°C

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.1.6]

سانتی گراد، اسید پیروگلوتامیک ارقام مورن و مارفونا افزایش و اسید پیروگلوتامیک رقم آگریا کاهش داشته است.

بعضی از پژوهشگران (۱۳ و ۱۴) گزارش کرده‌اند که وقتی دما از ۱۰ به صفر درجه سانتی گراد تغییر می‌کند، کل اسیدهای آلی سیب زمینی چهار برابر می‌شود. حرارت انبارداری کمتر از ۱۰ درجه سانتی گراد، pH عصاره حاصل از سیب زمینی را کاهش می‌دهد، و غده‌های انبار شده در چهار درجه سانتی گراد به میزان بیشتر اسید سیتریک و به میزان کمتر اسید مالیک دارند (۱۳). محققین دیگری در طول مدت انبارداری سیب زمینی در حرارت کمتر از ۱۰ درجه سانتی گراد، تغییری در میزان اسید سیتریک مشاهده نکرده‌اند (۱۴). ولی در جدول ۵ یک افزایش در میزان اسید سیتریک غده‌ها با انبار کردن آنها در چهار درجه سانتی گراد، و یک کاهش ناگهانی در مقدار آن با نگهداری غده‌ها در ۲۵ درجه سانتی گراد به وضوح دیده می‌شود. اسید دی‌مالیک نیز در ارقام مارفونا و آگریا در ۲۰ درجهٔ سانتی گراد کاهش، و در رقم مورن افزایش داشته است. در همین دما، مقدار اسید دی پیروگلوتامیک در ارقام مورن و مارفونا افزایش و در رقم آگریا کاهش نشان داده است.

با دقت در مقادیر اسیدهای آلی (جدول ۵)، در می‌یابیم که با نگهداری رقم مورن در سردخانه، کل اسیدهای آلی آن افزایش می‌یابد، و در نتیجه مزهٔ غده‌ها کمی ترش می‌شود. در حالی که در این مدت از تجمع اسیدهای آلی در غده‌های رقم آگریا کاسته می‌شود. به طور کلی می‌توان گفت با توجه به این که تجمع میزان قندهای احیاکننده در زمان انبارداری در رقم آگریا نسبت به دو رقم دیگر کمتر است، این رقم برای نگهداری و سپس فرایند کردن فراورده‌های خشک سیب زمینی بسیار مناسب می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولین دانشگاه صنعتی اصفهان به خاطر تأمین بودجه طرح، و همکاران ارجمند آقایان دکتر محمد شاهدی، مهندس احمد مرتضوی بک، مهندس بهمن بهرامی، و هم چنین پرسنل آزمایشگاه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، آقایان رمضان‌علی ردانی‌پور و مرحوم حسین‌علی مولایی، برای همکاری در انجام این تحقیق، و نیز از سرکار خانم رویا دهقانی و شهناز نیازی به خاطر تایپ این مقاله تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. اداره کل برنامه و بودجه اصفهان. ۱۳۷۳. آمارنامه استان اصفهان. معاونت آمار و اطلاعات. ص. ۲۳۲، ۲۳۴ و ۲۳۹.
۲. بانک اطلاعات کشاورزی. ۱۳۷۲. نشریه شماره ۲۷. ص ۱۲۶ و ۱۲۷.
۳. دخانی، ش. ۱۳۶۶. تهیه چیپس از سیب زمینی بومی اصفهان و مطالعه در کیفیت و طول عمر آن. گزارش علمی شماره ۱۰۱، ۱۹ صفحه.
۴. دخانی، ش. و ب. اوراکول. ۱۳۶۹. تعیین کیفی و کمی قندهای شیرین سیب زمینی ضمن نگهداری. خلاصه مقالات کنگره ملی غذا، تکنولوژی و آینده، دانشگاه تهران، ص. ۶.
۵. مرتضوی بک، ا. ۱۳۶۸. آموزش و فراگیری تکنیک‌های تکثیر سریع سیب زمینی. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، ص. ۱-۹.
۶. مرکز آمار ایران. ۱۳۷۳. سالنامهٔ آماری کشور. سازمان برنامه و بودجه، ص. ۹۶.
۷. وزیری، ع. ۱۳۶۱. سبزیکاری عملی. چاپ سوم، انتشارات روزبهان، ص. ۶۷-۷۰.
8. AOAC. 1970. Official Methods of Analysis. 11th. ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
9. Blanco Gomis, D. 1992. HPLC Analysis of Organic Acids. *In*: M. L. Leo(Ed.), Food Analysis by HPLC. Marcel Dekker Inc., New York, U.S.A.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.1.6]

10. Coffin, R. H., P. K. L. Yada, B. Grodziniski and D. W. Stanley. 1987. Effect of low temperature storage on sugar concentrations and chips color of certain processing potato cultivars and selections. J. Food Sci. 25: 939-945.
11. Cronin, D. A. and S. Smith. 1979. A simple and rapid prorcedure for the analysis of reducing, total and inividual sugars in potatoes. Potato Res. 22: 99-105.
12. Dokhani, S., B., Ooraikul, M. Palcic and D. Hadziyeu. 1988. High performance liquid chromatographic analysis of sugars is raw and processed potatoes. Iran Agric. Res. J. 7: 23-36.
13. Fuller, T. J. and J. C. Hughes. 1984. Factors influencing the relationships between reducing sugar and fry color of potato tubers of cv. record. J. Food Technol. 19: 450-455.
14. Lisinska, G. and W. Leszcynski. 1989. Potato Science and Technology. Wroctaw, Poland.
15. Low, N., Z. Jiaing, B., Ooraikul, S. Dokhani and M. M. Palcic. 1989. Reduction of glucose content in potatoes with glucose oxidase. J. Food Sci. 54: 118-121.
16. Mazza, G., J. Hung and M. J. Dench. 1983. Processing/nutritional quality changes in potato tubers during growth and long term storage. Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 16: 39-45.
17. Mohsenin, N. N. 1978. Physical Properties of Plant and Animal Materials. 2nd ed., Gordon and Breach Sci. Pub., New York. PP. 68-69.
18. Muller, T. 1982. Sugar accumulation in portions of plants at low temperature. Landw, Jahvd. 11: 751-828.
19. Olourunda, A. D. and J. A. Kitson. 1977. Controlling storage and processing conditions helps produce light colored chips from sweet potatoes. Food Prod. Dev. 11: 44-59.
20. Otazu, V. and A. Gray. 1980. Clinitiest: A simple technique for estimation of reducing sugar content of potatoes. Am. Potato J. 57: 15-21.
21. Samotus, B. and S. Schwimmer. 1962. Changes in carbohydrate and phosphorus content of potato tubers during storage in nitrogen. J. Food Sci. 29: 163-164.
22. Schwart, S. J., W. M. Walter, Jr., D. E. Carroll and F. G. Giesbercht. 1987. Chemical, physical and sensory properties of a sweet potato french fry type product during frozen storage. J. Food. Sci. 52: 617-619.
23. Smith, O. 1977. Potatoes. Production, Storing, Processing. 2nd ed., AVI Pub. Co., Westport, CT., U.S.A.
24. Sowokinos, J. R. and P. H. Orr. 1981. Influence of potato storage and handling stress on sugars, chips quality and integrity of the starch membrane. Am. Potato J. 64: 213-227.
25. Tallburt, W. F. and G. Smith. 1975. Potato Processing. AVI. Westport, CT., U.S.A.
26. Tisza, S., P. I. Molnar, M. Friecman and P. Pass. 1996. Simultaneous capillary GC of acids and sugars as their sily (Oxim) derivatives quantitation of chlorogenic acids, raffinose, and pectin substances. HRC. 19: 54-58.
27. Walter, W. M. and M. W. Hoover. 1984. Effect of preprocessing storage of sweet potato patties. J. Food Sci. 49: 1258-1261.
28. Wilson, A. M., T. M. Work, A. A. Bushway and R. J. Bushway. 1981. HPLC determination of fructose, glucose and sucrose in potatoes. J. Food Sci. 46: 300-301.
29. Wu. J. Q., S. J. Scharts and D. E. Caroll. 1991. Chemical, physical and sensory stabilities of prebaked frozen potatoes. J. Food Sci. 56: 710-713.
30. Yang, J., J. R. Powers, T. D. Boylsten and K. M. Weller. 1999. Sugars and free amino acids in stored, Russet Burbank potatoes treated with CIPC and alternative sprout inhibitors. J. Food Sci. 64(4): 592-596.
31. Zrenner. R., K. Schuler and U. S. Onnewald. 1996. Soluble acid invertase determines the hexose to sucrose ratio in cold stored potato tubers. Planta 198: 246-252.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.1.6]