

تعیین شرایط مناسب نگهداری چغندر قند در سیلو و امکان استفاده از ترکیبات شیمیایی با هدف حفظ کیفیت اولیه چغندر

محمدعرفان بهرامی^۱، مسعود هنرور^{۲*}، سمانه الهیان^۳ و اشکان رضایی^۴

۱ و ۲- دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی؛ و دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
۳- تحقیق و توسعه کارخانه قند هگمتان همدان
۴- کارشناس ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
تاریخ دریافت: ۹۸/۸/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۵

چکیده

با توجه به اهمیت اقتصادی حفظ ویژگی‌های مطلوب چغندر قند در سیلو، به‌کارگیری راهکارهای مناسب به منظور افزایش مدت زمان نگهداری این محصول پس از برداشت ضروری به نظر می‌رسد. پژوهش حاضر در دو مرحله مجزا به بررسی راهکارهای عملیاتی افزایش مدت زمان نگهداری چغندر قند در سیلو پرداخته است. در مرحله اول، اثر دماهای مختلف ۴، ۱۲ و ۲۴ درجه سلسیوس و ۱۵، ۳۰ و ۴۰ روز نگهداری چغندر قند بر خصوصیات مختلف فیزیکوشیمیایی مانند میزان قند، شدت تنفس، و افت وزنی چغندر و در مرحله دوم، با کمک تیمارهای شیمیایی مختلف و استفاده از سطوح متفاوت کلرید کلسیم (۲، ۴ و ۶ درصد) و شیرآهک (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) و پاشش محلول آنها بر سطح چغندر قند، درصد قند، درجه خلوص، و شمارش کلی کپک و مخمر نمونه‌ها بررسی شده است. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار اجرا و به منظور مقایسه میانگین یافته‌ها از نرم‌افزار *minitab* استفاده شد. یافته‌های حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد اضافه کردن این دو ترکیب در تیماری با ۲ درصد کلرید کلسیم و ۵ درصد شیرآهک به منظور کنترل و حفظ ویژگی‌های کیفی نمونه‌های چغندر قند دارای بیشترین اثربخشی است.

واژه‌های کلیدی

تنفس، چغندر قند، شیرآهک، کلرید کلسیم

است (Bahadorbaigy *et al.*, 2016). این گیاه صنعتی و استراتژیک، یکی از اصلی‌ترین منابع تولید شکر در ایران محسوب می‌شود که از دیرباز مورد توجه است و هم اکنون بیش از ۱۲۰ هزار هکتار از

مقدمه

چغندر قند (بتا وولگاریس)^۱ گیاهی جدید در دنیای زراعت شناخته می‌شود که حاصل تلاش منظم و فعالیت به‌نژادگران در تقریباً دو قرن گذشته

<http://doi: 10.22092/fooder.2020.128344.1247>

Email: M-honarvar@hotmail.com

* نگارنده مسئول:



© 2021, 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/>).

که در مدت ذخیره‌سازی، غلظت ساکارز در حال کاهش است در حالی که پتاسیم، سدیم، بتایین، قند اینورت و رافینوز انباشته شده در چغندر به طور قابل توجهی کاهش یافته است. این محققان ثابت کردند که در دمای ۷ درجه سلسیوس، تغییرات غلظت ساکارز نسبتاً کم است اما تشکیل قند اینورت و رافینوز باعث کاهش قابل توجهی در کیفیت چغندر قند می‌شود.

الجبلاوی و همکاران (Al-jbawi *et al.*, 2015) تغییرات کیفیت در چغندر قند را در دوره ذخیره‌سازی آن به صورت توده‌ای بررسی کردند. این بررسی برای تعیین اثر برخی از ارقام چغندر قند و شرایط محیطی بر صفات کیفی، میزان آب چغندر قند طی ۱۰ روز پس از برداشت بود. نتایج بررسی‌ها نشان داد که طول مدت نگهداری چغندر قند برداشت شده منجر می‌شود به افزایش تدریجی کل مواد جامد انحلال پذیر (درصد بریکس) از روز اول تا آخرین روز دوره ذخیره‌سازی مورد مطالعه.

در پژوهشی دیگر بابائی و همکاران (Babae *et al.*, 2010) اثر کاربرد شیرآهک را در غلظت‌های مختلف بر کاهش ضایعات چغندر قند در سیلو بررسی و از چهار غلظت مختلف صفر، سه، چهار و پنج درصد شیرآهک و در دو زمان ۳۰ و ۶۰ روز نگهداری استفاده کردند. نتایج بررسی‌های این پژوهشگران نشان داد که اثر محلول پاشی در غلظت سه درصد شیرآهک تأثیر معنی‌داری بر کاهش درصد پلاسیدگی چغندرها دارد، اما غلظت‌های متفاوت شیرآهک بر ضایعات قند اثر معنی‌داری ندارد.

پژوهش حاضر در دو مرحله مجزا به بررسی شرایط بهینه نگهداری چغندرها قند به منظور حفظ کیفیت اولیه و همین‌طور امکان‌سنجی اضافه

زمین‌های آبی کشور زیر کشت آن قرار دارد؛ گیاهی که مواد اولیه ۳۵ کارخانه قند موجود در کشور را تأمین می‌کند (Bahrami *et al.*, 2017).

سیلو کردن یکی از روش‌های متداول نگهداری چغندر قند در ایران است. همچنین، یکی از بخش‌های مهم کارخانه‌های قند که استحصال را تحت تأثیر قرار می‌دهد، نگهداری چغندر در سیلوست. کارخانه‌های قند همواره با چغندر مازاد بر ظرفیت مصرف روزانه خود روبه‌رو هستند که باید در سیلوها ذخیره و نگهداری شوند نگهداری چغندر که بخشی زنده از گیاه محسوب می‌شود باید به طریقی باشد که ادامه حیات آن با کمترین ضایعات همراه باشد و تغییرات کمی و کیفی آن به حداقل برسد. به عبارت دیگر، هدف از دانش نگهداری چغندر قند در سیلو حفظ کیفیت و جلوگیری از ضایعات قندی و وزنی آن است (Behzad *et al.*, 2010).

تحقیقات زیادی در زمینه ارائه راهکارهای مؤثر به منظور افزایش زمان سیلوداری چغندر قند شده است. برای مثال، جگارد و همکاران (Jaggard *et al.*, 1997) تغییرات در وزن و کیفیت چغندر قند را در حین ذخیره‌سازی در مزارع بررسی کردند. نمونه‌های تصادفی چغندر قند در شبکه‌های رو باز، در ابتدا یا در یک الگوی از پیش تعیین شده برای ۸۴ روز نگهداری شدند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که وزن نمونه‌ها تغییر چندانی پیدا نمی‌کند اما مقدار قند موجود در ریشه‌ها به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

در پژوهشی دیگر کنترو و هافمن (Kenter & Hoffma, 2009) تغییرات کیفیت چغندر قند را در مدت نگهداری در شرایط تحت کنترل بررسی کردند. تغییرات در کیفیت چغندر قند طی ۱۱۰ روز نگهداری در دمای ۷ و ۲۰ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد. یافته‌های این پژوهشگران نشان داد

تعیین شرایط مناسب نگهداری چغندر قند در سیلو و امکان...

حین نگهداری) و شمارش کلی کپک و مخمر به منظور بررسی تغییرات کیفی نمونه‌ها.

اندازه‌گیری میزان قند چغندر قند: میزان قند چغندر قند بر اساس استاندارد آی‌کوم‌سا^۱ و استاندارد ملی ایران به شماره ۸۰۱ اندازه‌گیری شد. برای این منظور به ۲۶ گرم از خمیر چغندر قند ۱۷۷ میلی‌لیتر استات سرب اضافه شد. محلول با استفاده از کاغذ صافی (واتمن، شماره ۱)، فیلتر و محلول صاف شده در دستگاه پلاریمتر (SCHMIDT+HAENSC, Germany) قرار داده شد و میزان انحراف نور قرائت و طبق معادلات رایج به درصد قند تبدیل گردید (Wojtczak, 2003).

اندازه‌گیری بریکس چغندر قند: برای این منظور حدود ۵۰ گرم عصاره چغندر قند به دمای ۲۰ درجه سلسیوس رسانده و در محل مخصوص قراردادی نمونه در دستگاه رفاکتومتر (Anton Paar, China) گذاشته شد و میزان بریکس آن خوانده شد (Wojtczak, 2003).

سنجش میزان افت وزنی نمونه‌ها: وزن نمونه‌های چغندر قند پس از دریافت به عنوان وزن اولیه یادداشت شد که همان وزن نمونه تازه چغندر قند است. پس از آن، نمونه‌های چغندر قند به شرایط ذخیره‌سازی بازگشت داده شدند و در فاصله‌های زمانی مشخص مجدداً توزین شدند. میانگین درصد از دست دادن وزن نمونه بر اساس اختلاف وزن نمونه‌های تازه و نمونه‌های ذخیره‌شده در شرایط مشخص و طبق رابطه ۱ محاسبه گردید (Wojtczak, 2003):

(درصد افت وزنی) =

$$(1) \quad \left[\text{وزن اولیه چغندر} - \text{وزن ثانویه چغندر} \right] / \text{وزن اولیه}$$

چغندر] × ۱۰۰

کردن دو ترکیب کلرید کلسیم و شیرآهک در غلظت‌های مختلف بر افزایش کارایی نگهداری چغندر قند در خلال ذخیره‌سازی پرداخته است. هدف از این تحقیق دستیابی به مناسب‌ترین دما و زمان نگهداری چغندر است که در آن کمترین تغییرات نامطلوب صورت گیرد همچنین دستیابی به یک غلظت بهینه از ترکیبات شیمیایی است که توان افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی را با حفظ خواص اولیه چغندر قند داشته باشد.

مواد و روش‌ها

مواد

چغندر قند مورد نیاز در این پژوهش از محل کارخانه قند همدان نمونه‌برداری و انتخاب گردید. در انتخاب نمونه‌های چغندر قند شد که تمامی آن‌ها تقریباً دارای اندازه و ابعاد یکسانی باشند زیرا تحقیقات نشان داده اندازه چغندر قند بر ضایعات وزنی و قندی آن‌ها تأثیر بسزایی دارد (Lafta & Fugate, 2009). نمونه‌ها پس از انتخاب به طور دستی شسته شدند تا هرگونه ناخالصی چسبیده به آنها جدا شوند؛ به منظور اجرای آزمون‌ها، پس از خشک کردن در فیبرهای غیرقابل نفوذ به هوا و نور از کارخانه به آزمایشگاه واحد علوم و تحقیقات منتقل شدند. همه مواد و محلول‌های مورد استفاده در این تحقیق به جز الکل مصرفی، از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

روش‌ها

ویژگی‌های کیفی چغندر قند در هر دو مرحله این پژوهش بررسی شد، ویژگی‌هایی همچون میزان قند نمونه‌ها (عیار چغندر)، میزان بریکس عصاره چغندر، شدت تنفس، تغییرات وزنی (افت وزنی در

1- ICUMSA (The International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis)

۴۵ روز در دماهای کنترل شده نگهداری شدند. به منظور اندازه‌گیری شدت تنفس، میزان دی‌اکسید کربن تولید شده در هوای خروجی به عنوان شاخص در نظر گرفته شد و با دستگاه Analyzer Gas (Oxybaby, UK) اندازه‌گیری (شکل ۱) و تحت واحد میلی‌گرم دی‌اکسید کربن به ازای هر کیلوگرم چغندر قند در ساعت بیان گردید.

اندازه‌گیری شدت تنفس: برای اندازه‌گیری شدت تنفس نمونه‌های چغندر از روش پیشنهادی هاگنستون و همکاران (Haggneston *et al.*, 2006) استفاده شد. برای این منظور ۴ عدد از نمونه‌های چغندر قند در ظروف پلاستیکی ۷ لیتری متصل به یک سیستم سیرکولاسیون هوا با شدت ۱۰۰۰ میکرومول بر ثانیه برای مدت زمان‌های ۱۵، ۳۰ و



شکل ۱- دستگاه سنجش غلظت اکسیژن و دی‌اکسید کربن

کلونی‌ها شمارش و نتایج به صورت \log CFU گزارش شد (Wojtczak, 2003). تیمارهای کلرید کلسیم و شیر آهک: در مرحله دوم این پژوهش، با هدف بررسی اثر استفاده از ترکیبات شیمیایی کلرید کلسیم و شیرآهک بر انبارمانی چغندرهای قند، این دو ترکیب در سطوح مختلف بر سطح نمونه‌ها پاشیده شدند. تیمارهای مورد استفاده در این بخش به شرح جدول ۱ است.

شمارش کلی کپک و مخمر: برای این منظور، پلیت‌های حاوی محیط کشت^۱ PCA استریل برداشته شده و از نمونه‌های چغندر قند، ۱ گرم درون هر پلیت ریخته و به هر پلیت ۹ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی اضافه شد. پس از یکنواختی محلول‌ها در آنها را بسته و پلیت‌ها در انکوباتور ۲۴ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. پس از خارج کردن پلیت‌ها،

1- Plate Count Agar

جدول ۱- تیمارهای کلرید کلسیم و شیرآهک مورد استفاده

| تیمار | سطح کلرید کلسیم (درصد) | سطح شیر آهک (درصد) |
|---------|------------------------|--------------------|
| شاهد | ۰ | ۰ |
| تیمار ۱ | ۲ | ۰ |
| تیمار ۲ | ۴ | ۰ |
| تیمار ۳ | ۶ | ۰ |
| تیمار ۴ | ۰ | ۵ |
| تیمار ۵ | ۰ | ۱۰ |
| تیمار ۶ | ۰ | ۱۵ |
| تیمار ۷ | ۲ | ۵ |

و با گذشت زمان نگهداری چغندرها، افت قندی نمونه‌ها به دلیل افزایش در میزان تنفس و افزایش فعالیت‌های ساکارولیتیک^۱ در بافت چغندر قند رخ داده است. تحقیقات دانشمندان نشان می‌دهد که با گذشت دوره‌ای ۳ هفته‌ای از نگهداری چغندر قند در دمای ۲۱ درجه سلسیوس، فعالیت‌های ساکارولیتیک چغندر حدود ۷۰ درصد افزایش می‌یابد (Klotz & Finger, 2004).

در این بین، یکی از مهم‌ترین آنزیم‌های تأثیرگذار بر تسریع این فرایند اینورتاز قلیایی^۲ است. پژوهش‌های (Klotz & Finger, 2004) نشان می‌دهد در تمامی دماها با افزایش زمان نگهداری چغندر قند، غلظت گلوکز و فروکتوز ایجاد شده در نمونه‌ها افزایش می‌یابد، به طوری که با افزایش مدت زمان نگهداری چغندر تا ۲۰ هفته، غلظت گلوکز در نمونه‌ها ۴ برابر و غلظت فروکتوز حدود ۲۰ برابر افزایش می‌یابد. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان می‌دهد که با گذشت زمان در تمامی دماها پس از ۲ هفته نگهداری، میزان قند موجود در نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و این کاهش قند با افزایش دما رابطه مستقیم دارد (شکل ۲)؛ بیشترین کاهش قند در دمای ۲۴ درجه و کمترین آن در دمای ۴ درجه سلسیوس رخ داده است.

تجزیه و تحلیل آماری: این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی و با حداقل ۳ تکرار اجرا شد. همچنین به منظور مقایسه میانگین یک طرفه تیمارها از نرم‌افزار (SPSS 16.0) و نرم‌افزار MiniTab و برای رسم شکلها از نرم‌افزار میکروسافت اکسل استفاده شد. به منظور بررسی معنی‌داری نمونه‌ها از آزمون تعقیبی دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

مرحله اول

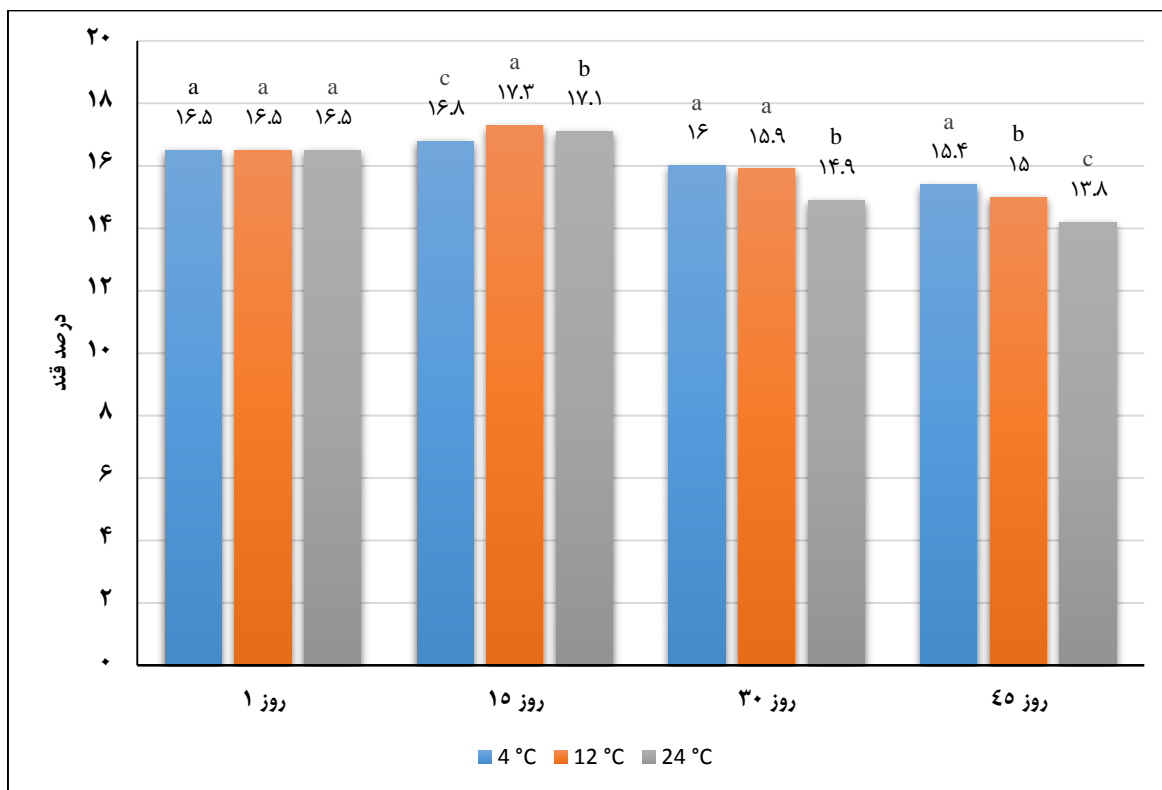
در مرحله اول طرح حاضر، نمونه‌های چغندر قند در بازه زمانی تا ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روزه در دماهای ۴، ۱۲ و ۲۴ درجه سلسیوس قرار گرفتند و خصوصیات کیفی آنها ارزیابی شد.

میزان قند

در شکل ۲، میزان تغییرات قندی نمونه‌ها در بازه‌های دمایی و زمانی متفاوت نشان داده شده است. همان طور که نتایج شکل ۲ نشان می‌دهد با گذشت زمان تا روز ۱۵ از نگهداری نمونه‌ها، میزان قند نمونه‌ها اندکی افزایش یافته است که این مسئله به دلیل از دست دادن مقداری از رطوبت موجود در بافت چغندر و در نتیجه افزایش کاذب غلظت قند در چغندر است (Al-jbawi et al., 2015). اما پس از آن

1- Sucrolytic Activity

2- Alkaline Invertase



شکل ۲- میزان قند موجود در نمونه‌های چغندر قند در دمای ۴، ۱۲ و ۲۴ درجه سلسیوس و بازه زمانی ۴۵ روزه نگهداری. حروف یکسان نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن در سطح ($P < 0.05$) است.

افت وزنی

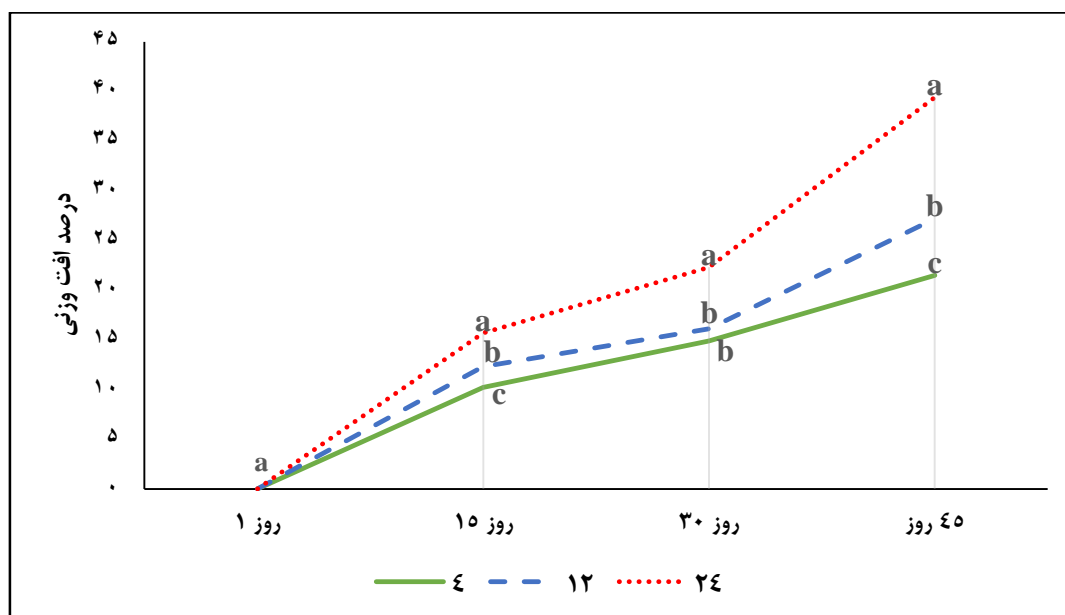
۱۵/۷ درصد) در دمای ۲۴ درجه سلسیوس رخ داده

است.

نگهداری طولانی مدت نمونه‌ها تا ۴۵ روز منجر به کاهش بیشتر در وزن چغندر قند شده است، به طوری که پس از ۴۵ روز نگهداری در دمای ۲۴ درجه سلسیوس میزان تغییرات وزنی تا ۳۹/۴ درصد نیز مشاهده شد.

نتایج شکل ۳ نشان می‌دهد که با گذشت زمان، درصد افت وزنی نمونه‌های چغندر قند افزایش یافته است به طوری که پس از ۱۵ روز ذخیره‌سازی چغندر در دماهای مختلف، کمترین میزان تغییرات، همان طور که انتظار می‌رفت، در دمای ۴ درجه سلسیوس (۱۰/۲ درصد) و بیشترین میزان افت وزنی

تعیین شرایط مناسب نگهداری چغندر قند در سیلو و امکان...



شکل ۳- تغییرات وزنی نمونه‌های چغندر قند در دمای ۴، ۱۲ و ۲۴ درجه سلسیوس در بازه زمانی مختلف. حروف یکسان نشان‌دهنده معنی دار نبودن در سطح (P<0.05) است.

داده‌اند بیشتر است (Lafta & Fugate, 2009).

شدت تنفس

تنفس در چغندر قند فرایندی است متابولیکی که طی آن ساکارز موجود در محصول (ریشه چغندر) به انرژی و دی اکسید کربن تبدیل می‌شود. طی این فرایند بخشی از ساکارز موجود در ریشه که قرار است طی فرایند تولید به شکر تبدیل شود از دست خواهد رفت. تحقیقات نشان می‌دهد فرایند تنفس در دوره نگهداری ریشه چغندر قند می‌تواند حتی تا ۶۰ درصد ساکارز موجود در آن را مصرف کند (El-siyad, 2010).

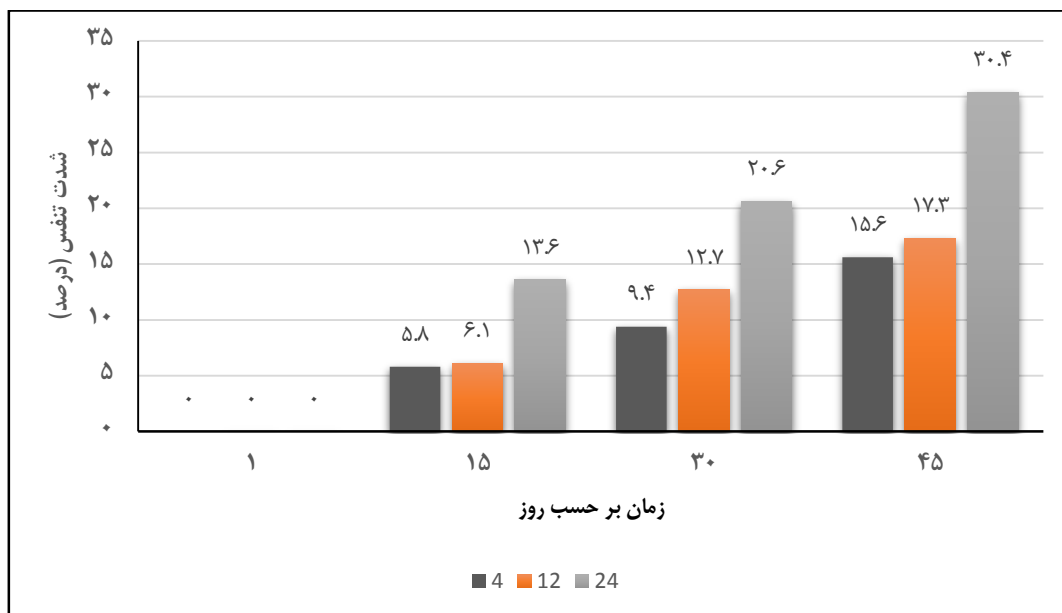
نتایج به دست آمده از بررسی میزان تنفس نمونه‌های چغندر قند در بازه‌های زمانی و دمایی مختلف در شکل ۴ نمایش داده شده است. میزان تولید دی اکسید کربن در دوره زمانی می‌تواند به عنوان بهترین شاخص به منظور تعیین شدت تنفس نمونه‌ها در نظر گرفته شود، زیرا در خلال تنفس،

یکی از مهم‌ترین و نامطلوب‌ترین پدیده‌هایی که در حین ذخیره‌سازی چغندر قند رخ می‌دهد، کاهش وزنی چغندر در نتیجه از دست دادن رطوبت موجود در بافت و در نتیجه چروکیدگی محصول است. این اتفاق علاوه بر کاهش راندمان تولید، از لحاظ تکنولوژی نیز مهم است و منجر به اختلال در عملکرد تیغه‌های آسیاب خلال می‌شود و در نتیجه مراحل فراوری و استخراج قند از ریشه چغندر را با مشکل مواجه می‌کند (Jaggard *et al.*, 1997). مطالعات نشان می‌دهد افت وزنی در چغندر قند در دوره نگهداری اجتناب ناپذیر است. پژوهش‌های ابراهیم و همکاران (Ebrahim *et al.*, 2007) نشان می‌دهد در صورت ذخیره‌سازی چغندر در دمای اتاق به مدت یک هفته، ۲۰ درصد افت وزنی و به مدت یک ماه حدود ۳۲ درصد افت وزنی مشاهده خواهد شد. مطالعات همچنین نشان می‌دهد میزان از دست رفتن قند در چغندرهایی که رطوبت خود را از دست

در میزان تنفس نمونه‌های چغندر منجر شده است. در روز پانزدهم نگهداری، اختلاف معنی‌داری در شدت تنفس بین نمونه‌های ذخیره شده در دمای ۴ درجه سلسیوس و دمای ۱۲ درجه سلسیوس مشاهده نشد اما در همین مرحله میزان تنفس نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۲۴ درجه سلسیوس به شدت بالا (۱۳/۶ درصد) بود. همین روند برای ۳۰ و ۴۵ روز نگهداری نیز مشاهده شد به طوری که بیشترین میزان تنفس با حدود ۳۰ درصد برای نمونه‌های ذخیره شده در دمای ۲۴ درجه سلسیوس و پس از ۴۵ روز نگهداری مشاهده می‌شود.

پژوهش‌ها نشان می‌دهد پنج عامل مهم در شدت تنفس گیاهان تأثیر بسزایی دارد؛ دما، غلظت اکسیژن محیط، غلظت دی اکسید کربن، میزان آسیب‌دیدگی گیاه و میزان رسیده بودن آن.

ساکارز موجود در ریشه مصرف و تبدیل می‌شود به دی اکسید کربن که به آن دی اکسید کربن تنفسی^۱ گفته می‌شود (Huijbregtz *et al.*, 2013). ارزیابی آماری شدت تنفس که به ازای هر میلی‌گرم دی اکسید کربن تولیدی در هر ساعت برای یک کیلوگرم چغندر قند بیان می‌شود، در محفظه نگهداری نمونه‌ها حاکی از اثر معنی‌دار ($P < 0.05$) در روزهای پانزدهم، سی‌ام و چهل و پنجم است. در این خصوص، در روز اول نگهداری نمونه‌ها در دماهای متفاوت، شدت تنفس نمونه‌ها صفر در نظر گرفته شده است زیرا میزان دی اکسید کربن موجود در محیط برای تمامی نمونه‌ها ثابت و در حدود ۰/۶ درصد محاسبه گردید. با گذشت زمان و با مصرف قند، تولید گاز دی اکسید کربن افزایش می‌یابد که این افزایش در میزان گاز با دما نیز رابطه مستقیم دارد به طوری که دماهای بالای نگهداری به افزایش



شکل ۴- شدت تنفس در دمای ۴، ۱۲ و ۲۴ درجه سلسیوس و بازه زمانی ۴۵ روزه.

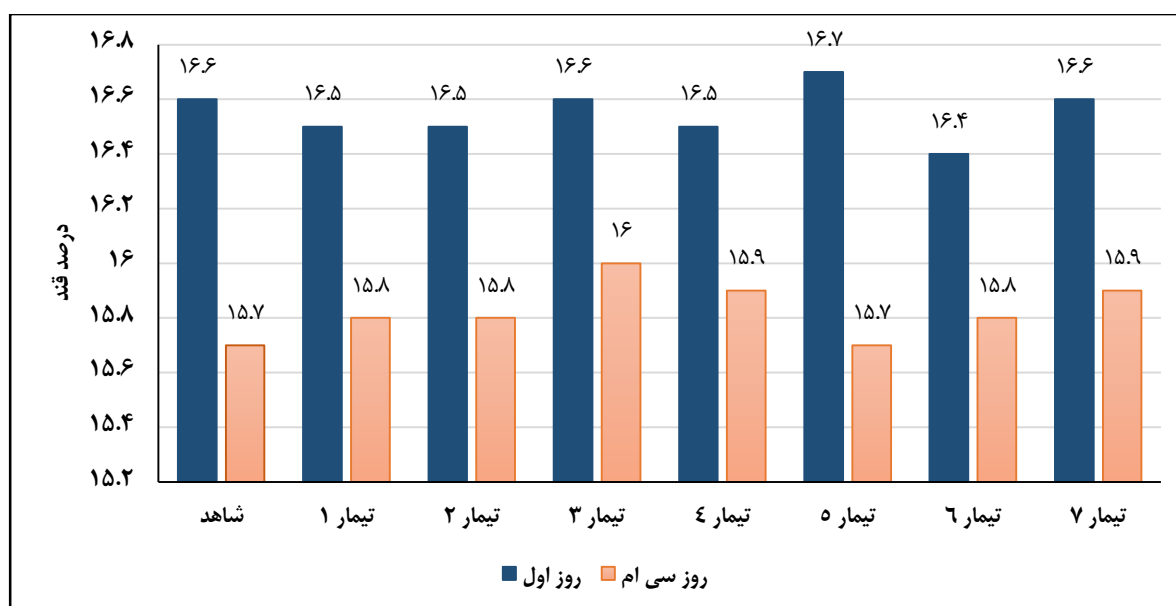
مرحله دوم

موجود در نمونه‌های چغندر قند در اثر اضافه کردن سطوح مختلف شیرآهک و کلرید کلسیم در شکل ۵ نشان داده شده است. این بررسی در دمای ۱۲ درجه سلسیوس به عنوان دمای مرجع و بهینه و در بازه زمانی ۳۰ روز پس از نگهداری دنبال شد. کاهش قند در تمامی نمونه‌ها پس از ۳۰ روز نگهداری مشاهده شد. این روند کاهشی و از دست رفتن قند در نمونه شاهد بیشترین و در تیمار ۳ یعنی سطح ۶ درصد کلرید کلسیم به تنهایی کمترین بود. یافته‌ها نشان می‌دهد اثر اضافه کردن ترکیبات شیمیایی بر جلوگیری از کاهش ساکارز قابل مشاهده اما این اثر در تیمارهای مختلف، متفاوت است.

در این مرحله اثر غلظت‌های مختلف دو ترکیب کلرید کلسیم و شیرآهک بر افزایش ماندگاری و کیفیت اولیه چغندرهای قند نگهداری شده در سیلو بررسی شد. برای این منظور تیمارهای مختلف این دو ترکیب شیمیایی مطابق جدول ۱ تهیه شد و به سطح چغندرهای نگهداری شده به شکل اسپری پاشیده شد. نتایج تأثیر این دو ترکیب شیمیایی بر ویژگی‌های کیفی نمونه‌های چغندر قند در ادامه بیان شده است.

افت قندی

نتایج حاصل از بررسی میزان قند پلاریمتری



شکل ۵- درصد قند نمونه‌های مختلف پس از ۳۰ روز نگهداری. به ترتیب از راست به چپ سطوح کلرید کلسیم و شیرآهک در شاهد (۰ و ۰)، تیمار ۱ (۰ و ۵)، تیمار ۲ (۰ و ۱۰)، تیمار ۳ (۰ و ۱۵)، تیمار ۴ (۰ و ۲۰)، تیمار ۵ (۰ و ۴۰)، تیمار ۶ (۰ و ۶۰) و تیمار ۷ (۲۰ و ۵) است.

هیدرولیز کننده ساکارز مانند اینورتاز افزایش می‌یابد و ساکارز را به اجزای سازنده آن یعنی گلوکز و فروکتوز تبدیل می‌کند که متعاقباً در فرایند استحصال قند علاوه بر از دست رفتن قند، در کریستالیزاسیون قند نیز مشکل ایجاد خواهد کرد.

افزایش زمان انبارمانی محصول منجر به افزایش شدت تنفس نمونه‌های چغندر خواهد شد که قادر است میزان ذخایر ساکارز موجود در ریشه چغندر قند را کاهش دهد. بررسی‌ها همچنین نشان داده‌اند که با افزایش زمان ذخیره‌سازی، فعالیت برخی آنزیم‌های

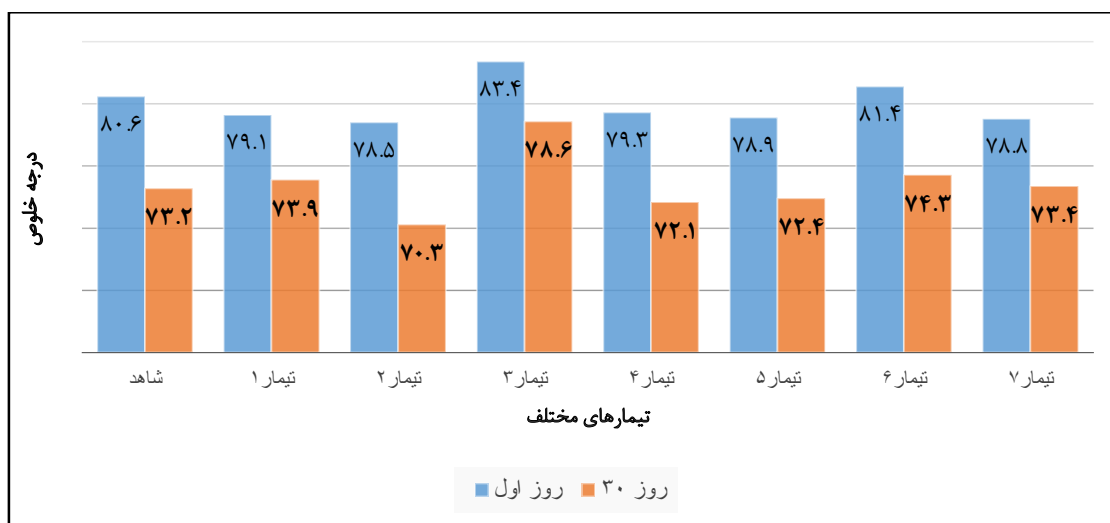
درجه خلوص نمونه‌های چغندر قند

درجه خلوص^۱ یا کُسیان یکی از عوامل مهم در تعیین کیفیت فراورده‌های صنایع قندسازی است به طوری که به منظور مقایسه شربت‌ها و محصولات مختلف کارخانه از فاکتور درجه خلوص به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفی استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری درجه خلوص نمونه‌های چغندر، از فرمول 100 (pol/brix) استفاده شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد گذشت زمان می‌تواند به میزان چشمگیری درجه خلوص عصاره چغندر را کاهش دهد. اثر اضافه کردن کلرید کلسیم و شیرآهک بر جلوگیری از این کاهش کُسیان در شکل ۶ به نمایش درآمده است.

کاهش افت درصد قند در نمونه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم و شیرآهک می‌تواند به انعکاس نور خورشید و کاهش ایجاد گرما از سطح محصول و به دنبال آن کاهش تنفس و حفظ هرچه بیشتر ساکارز نمونه‌ها نسبت داده شود.

نتیجه به دست آمده در پژوهش حاضر در تطابق با یافته‌های الجبای و همکاران (2015, *et al.* Al-Jbawi) است.

این محققان گزارش داده‌اند مدت نگهداری چغندر قند برداشت شده منجر به کاهش تدریجی درصد ساکارز خواهد شد، مقدار آب نیز کمتر می‌شود به طوری این کاهش برای آب و ساکارز به ترتیب به ۴۶ و ۲۵/۲۱ درصد می‌رسد.



شکل ۶- نتایج به دست آمده از تعیین درجه خلوص در بازه زمانی ۳۰ روزه. به ترتیب از راست به چپ سطوح کلرید کلسیم و شیرآهک در شاهد (۰ و ۰)، تیمار ۱ (۰ و ۰)، تیمار ۲ (۱۰ و ۰)، تیمار ۳ (۱۵ و ۰)، تیمار ۴ (۰ و ۲)، تیمار ۵ (۰ و ۴)، تیمار ۶ (۰ و ۶) و تیمار ۷ (۲ و ۵) است.

بریکس افزایش یافته است. برآیند این دو اتفاق هر دو منجر به کاهش معنی‌دار درجه خلوص نمونه‌ها شده است.

یافته‌های این بخش نشان می‌دهد که اضافه کردن کلرید کلسیم و شیرآهک به نمونه‌های

کاهش در درجه خلوص نمونه‌ها با گذشت زمان مقادیر بالایی را از خود نشان داده است. دلیل این اتفاق این است که از یک سو با افزایش مدت زمان نگهداری میزان قند نمونه‌ها کاهش و از سوی دیگر به دلیل انباشته شدن ترکیبات غیرقندی مقادیر

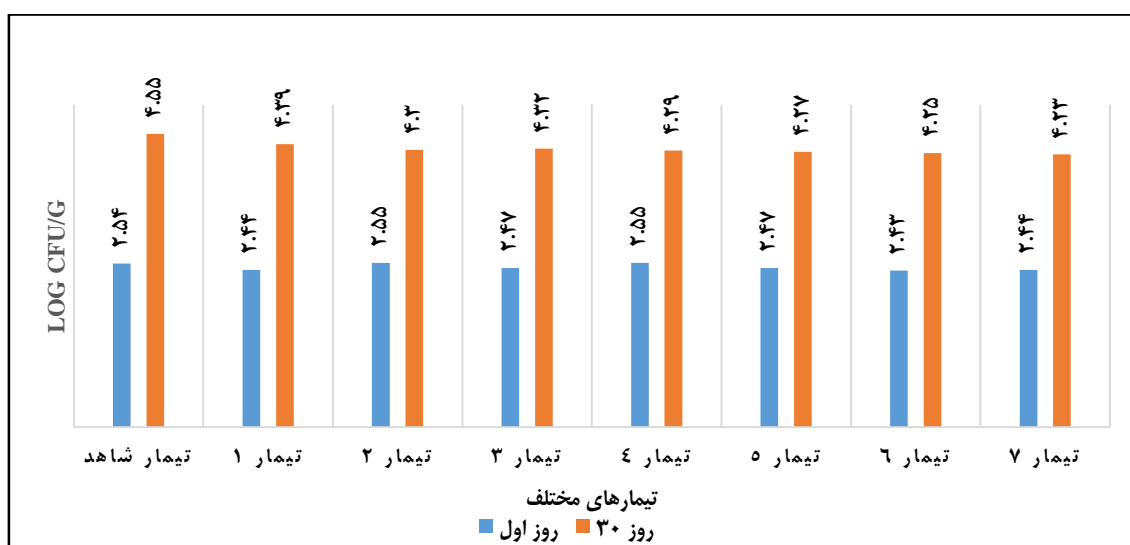
تعیین شرایط مناسب نگهداری چغندر قند در سیلو و امکان...

نگهداری چغندر قند هستند که در این بین گونه‌های پنی‌سلیم از بقیه شاخص‌تر و مهم‌ترند (Alfaig, 2007). همچنین گونه بوتریتیس سینرا یکی از میکروارگانیسم‌های مهم در سیلوداری چغندر معرفی و شناخته شده است. نتایج حاصل از بررسی شمارش کلی کپک و مخمر پس از ۳۰ روز نگهداری نشان از نداشتن تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌های نگهداری شده دارد (شکل ۷). به این معنی که برای جلوگیری از رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها در حین سیلوداری، هیچ یک از تیمارهای مورد استفاده مؤثر نبوده است و تیمارها قابلیت کاستن معنی‌دار از بار میکروبی و جلوگیری از رشد آنها را نداشته‌اند.

چغندر قند می‌تواند به طور معنی‌داری از افت درجه خلوص نمونه‌های در حین ذخیره‌سازی بکاهد. بیشترین اثر در این بین در تیمار شماره ۷ یعنی استفاده توأم از کلرید کلسیم و شیرآهک مشاهده شده است.

نتایج شمارش کلی کپک و مخمر نمونه‌های چغندر قند

در بخش پایانی این تحقیق به بررسی بار میکروبی نمونه‌های نگهداری شده و اثر غلظت‌های مختلف ترکیبات شیمیایی بر این بار آلودگی پرداخته شده است. تحقیقات نشان می‌دهد کپک‌ها عامل اصلی تغییرات نامطلوب میکروبی در حین



شکل ۷- شمارش کلی کپک و مخمر در نمونه‌های چغندر قند در بازه زمانی ۳۰ روزه. به ترتیب از راست به چپ سطوح کلرید کلسیم و شیرآهک در شاهد (+ و +)، تیمار ۱ (۵ و +)، تیمار ۲ (+ و +)، تیمار ۳ (+ و ۱۵)، تیمار ۴ (۲ و ۰)، تیمار ۵ (۴ و +)، تیمار ۶ (۶ و +) و تیمار ۷ (۲ و ۵) است.

افزایش می‌یابد و این کاهش میزان ساکارز در دماهای پایین و روزهای اولیه ذخیره‌سازی به مراتب از دماهای بالای ۱۲ درجه سلسیوس و زمان‌های طولانی کمتر است. از سوی دیگر، استفاده از دماهای بالا موجب خواهد شد تا شدت تنفس نمونه‌ها افزایش و به تبع آن افت قندی و هدررفت ساکارز

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر تحقیقی عملی و کاربردی به منظور ارائه راهکارهای مؤثر با هدف افزایش مدت زمان نگهداری چغندر قند در خلال سیلوداری بود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش زمان نگهداری، همان‌طور که انتظار می‌رود، ضایعات قندی

قندی نسبت به نمونه شاهد شد. از آنجا که در تیمار ۷ از کمترین سطوح مورد استفاده از شیرآهک و کلرید کلسیم استفاده می‌شده است پیشنهاد می‌شود به منظور نگهداری چغندر قند از این تیمار استفاده شود. نتایج درجه خلوص نمونه‌ها حاکی از آن است که کلرید کلسیم نقش مؤثرتری در افزایش کسبان یا خلوص نمونه‌های چغندر قند داراست. اگرچه استفاده از شیرآهک نیز تا حدودی درصد خلوص نمونه‌ها را نسبت به نمونه شاهد افزایش داده اما به طور کلی استفاده توأم از شیرآهک و کلرید کلسیم نتایج مطلوبی را ارائه کرده است.

نتایج و یافته‌های حاصل از این طرح دومرحله‌ای می‌تواند به خوبی به عنوان جامعه آماری مطلوب در فرایند سیلوداری چغندر قند مورد استفاده قرار گیرد. ذخیره‌سازی چغندر قند خصوصاً در ایران امری اجتناب‌ناپذیر است که می‌توان با مدیریت و کنترل عوامل کاهش دهنده کیفیت نمونه‌ها، راندمان و کارایی کارخانه‌های قند ایران را به طرز چشمگیری افزایش داد. سیلوداری اولین گام از پروسه قندسازی است و به عقیده بسیاری از شاغلان و متخصصان در این عرصه، یکی از گام‌هایی است که باید بزرگ برداشته شود.

بیش از حد گردد. از منظر مقادیر افت وزنی نمونه‌های چغندر قند، یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد افزایش دما و افزایش زمان ماندگاری باعث کاهش وزن نمونه‌ها تا ۳۰ درصد می‌شود. میزان افت وزنی در خلال سیلوداری طبیعی است اما میزان این کاهش وزنی تا ۱۵ درصد پذیرفتنی است و بیش از آن به شدت بر راندمان و کارایی تولید اثرگذار خواهد بود. یافته‌های حاصل از فاز اول طرح به خوبی تأثیر نگهداری نمونه‌های چغندر قند را در دماها و زمان‌های مختلف نشان می‌دهد که متعاقب آن می‌توان الگوریتم‌های ساده و عملی را به منظور کاهش هرچه بیشتر کیفیت چغندر قند در خلال ذخیره‌سازی پیشنهاد کرد. در موضوع میزان قند نمونه‌ها، نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد با افزایش درصد شیر آهک و کلرید کلسیم میزان ضایعات قندی نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافته که این حفظ ساکارز و جلوگیری از هدر رفت آن مهم‌ترین پارامتر اقتصادی در سیلوداری محسوب می‌شود. اثر استفاده از کلرید کلسیم و شیرآهک (به‌تنهایی) بر درصد قند نمونه‌ها یکسان است. استفاده همزمان از کمترین سطوح شیرآهک و کلرید کلسیم نیز موجب بیشترین افزایش ضایعات

تعارض منافع

نویسندگان در رابطه با انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

- Alfaig, E. A. A. 2007. Evaluation of sugar beet parameters during storage. Doctoral dissertation. Sudan University of Science & Technology.
- Al-Jbawi, E. Al Geddawi, S. and Alesha, G. 2015. Quality changes in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) roots during storage period in piles. International Journal of Environment. 4(4): 77-85.

- Al-Jbawi, E. Bagdadi, M. and Nemr, Y. 2015. The productivity of four fodder beet cultivars (*Beta vulgaris* var. crassa) affected by autumn and winter sowing. *International Journal of Environment*. 4(3): 121-9.
- Babae, B. Abdollahian-Noghabi, M. and Mahmoodi, B. 2010. Effect of lime concentrations on reduction of sugar and mass losses of sugar beet in storage. *Journal of Sugar Beet*. 26(1): 81-91. (In Persian)
- Bahadorbaigy, A. Honarvar, M. Ansari, K. and Bahrami, M.E. 2016. Determining the area of sugar beet using digital image processing method and its correlation with the technological factors. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 5(1): 15-26. (In Persian)
- Bahrami, M. E. and Honarvar, M. 2017. The effect of environmental conditions, planting and harvest time on the quantity and technological values of beet sugars cultivated in west part of Iran. *Food Technology & Nutrition*. 14(2): 49-62. (In Persian)
- Behzad, Kh. Behzad, R. Mazaheri-Tehrani, M. and Shahidi-Noghabi, M. 2010. Effect of size and height of storage of sugar beets on weight and sugar loses in silos. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 8(2): 49-62 (In Persia)
- El-Siyad, S. I. 2010. Assessment of true sucrose in sugar beet under Egyptian conditions. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 1(2): 167-173.
- Haagenson, DM. Klotz, KL. Campbell, LG. Khan, MF. (2006). Relationships between root size and postharvest respiration rate. *Journal of sugar beet research*. 43(4): 129.
- Huijbregts, T. Legrand, G. Hoffmann, C. Olsson, R. and Olsson, Å. 2013. Long-term storage of sugar beet in North-West Europe: COBRI.
- Jaggard, K. Clark, C. May, M. McCullagh, S. and Draycott, A. 1997. Changes in the weight and quality of sugarbeet (*Beta vulgaris*) roots in storage clamps on farms. *The Journal of Agricultural Science*. 129(3): 287-301.
- Kenter, C. and Hoffmann, C. M. 2009. Changes in the processing quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) during long-term storage under controlled conditions. *International Journal of Food Science & Technology*. 44(5): 910-917.
- Klotz, K. L. and Finger, F. L. 2004. Impact of temperature, length of storage and postharvest disease on sucrose catabolism in sugarbeet. *Postharvest Biology and Technology*. 34(1): 1-9.
- Lafta, A. M. and Fugate, K. K. 2009. Dehydration accelerates respiration in postharvest sugarbeet roots. *Postharvest Biology and Technology*. 54(1): 32-7.
- Wojtczak, M. 2003. ICUMSA-International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis. *Gazeta Cukrownicza*. 111(06): 191-2.



Original Research

Investigation of Sugar Beet Long-Term Storage in the Silo and the Effect of Chemicals on Quality Parameters During Storage

M. E. Bahrami, Ma. Honarvar*, S. Elahian and A. Rezaei

* Corresponding Author: Associate Professor of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Iran. Email: M-honarvar@hotmail.com

Received: 7 November 2019, Accepted: 25 December 2020

<http://doi: 10.22092/fooder.2020.128344.1247>

Abstract

Considering the economic importance of preserving the desired characteristics of sugar beet in silage, it seems necessary to use appropriate methods to keep better this product in storage. This study was done in 2 different stages to show the environmental effect on sugar beet storage and the result of using 2 chemicals on keeping quality attributes of sugar beet. In the first phase of this study, the effects of temperatures 4, 12 and 24 degrees Celsius during 15, 30 and 45 days of storage on sugar content, respiration rate, and weight loss, and in the second phase, using chemical treatments with different levels of calcium Chloride (2, 4 and 6%) and milk of lime (5, 10 and 15%) on sugar content (%), percentage of loss weight and total number of mold and yeast were investigated. The result shows that the effect of calcium chloride and milk of lime on keeping and improve the quality of sugar beet was effective.

Key words: Calcium chloride, Milk of Lime, Respiration, Sugar beet