بسمه تعالی

تاثیردماهای پائین ونوسانات آن بر عمر ذخیره سازی چغندر قند (۱)

نویسنده : ROGER E.WYSE

مترجم : ژیلا والله (۲)

ا پتیمم درجه حرارت سیلوی چغندرقندومیزان دقتی که دمای سیلوبایددرآن باقی بماندازعوامل مهمی است که درطراحی سیلوهای دائمی وغیردائمی ودرذخیره سازی طولانی مدت چغندرقندبایددرنظرگرفته شود. تعیین اپتیمم درجه حرارت درسیلوکاری مشکل است ، دماهای پائین اساسا " موجب کاهش سرعت تنفس گردیده ازطرفی باعث افزایش تجمع رافینوزمیشود . بنابراین دمای اپتیمم بیانگرسازش میان این عوامل است . کنترل برودت توده چغندردرمراحل اولیه ومراحل بعدی ، بااستفاده ازوسایل تهویه وهوای خنک موجوددرشب امکان پذیراست ، امابه دلیل عدم دسترسی دائمی به هوای خنک شب این روش موجب خنک نمودن تدریجی گردیده وبادوره‌هایی (سیکلهایی) ازسرماوگرماهمراه می باشد . اثرنوسانات دمابرعمرذخیره سازی چغندرقند تاکنون بررسی نشده است . DILLY درآزمایشهای کوتاه مدت خود (دردمای ۰ تا ۲۰ درجه سانتگراد) ،افزایش وسیعی درسرعت تنفس‌ریشه‌هایی که ازمکان سردبه جای گرمترمنتقل شده‌اندراگزارش نموده است . اطلاعات وی بیانگراین مطلب است که تغییرات دماممکن است برعمر ذخیره‌سازی‌چغندرقنداثرات‌مهمی‌داشته‌باشد .

اهداف این بررسی ، تعیین اثرتغییرات دما (درمحدوده‌ای بین ۱ــ تا ۱۰ درجه سانتیگراد) برسرعت تنفس ، افت ساکارزوتجمع قندهای احیا ، طی ۱۴۰ روزدوره ذخیره سازی چغندرقندمیباشد .

روشها

ریشه‌هایی که درمطالعات مقدماتی تنفس مورداستفاده قرارگرفت قبلا " به مدت ۱۰۰ روزدردمای ۵درجه سانتیگرادانبارگردیده بود . ده نمونه ازهشت ریشه هرکدام دریک‌دستگاه‌اندازه گیری‌تنفس (Respirometer) دردمای اولیه ۵ درجه سانتیگرادقرارداده‌شد و دمای ریشه‌هابوسیله ترموکوپلی که به فاصله ۱سانتیمترازمرکز ودر مرکزنمونه‌ها فروبرده شده بود ، متناوبا " اندازه گیری گردید . سرعت تنفس نیزهر۳ ساعت یکباراندازه‌گرفته‌شد.

۱ــ Effect of law and Fluctuating temperatures on the Storage Life of Sugarbeets.
برگردان از : VOL. 20, NO. 1, Jurnal of the A.S.S.B.T. April 1978

۲ــ کارشناس تحقیقات چغندرقند

ریشه‌هایی که درمطالعه طولانی مدت ازآنهااستفاده شد ، بوسیله ماشین برداشت ،بادست شستشووبه۱۳- روش مختلف ذخیره گردید . هرآزمایش ۱۰ باربرای هرهشت ریشه تکرارشد . ذخیره سازی ازنقطه نظرحرارتی به صورتهای زیربود :

۱ـ دماهای ثابت ۱ـ، ۱/۵ ، ۵ و ۱۰ درجه سانتیگراد

۲ـ نوسانات دمابصورت هفتگی ودرمحدوده‌ای بین۱ـو۵/ ۱ درجه سانتیگراد ،۱ـو۵ درجه سانتیگراد ،۱ـو۱۰درجه سانتیگراد ، ۵/ ۱و۱۰ درجه ، ۵و۱۰درجه ، ۵/ ۱و۵ درجه سانتیگراد

۳ـ دمای ثابت ۵ درجه سانتیگرادکه تنهابه مدت یک هفته درماه ، تا ۱ـ۵/ ۱و۱۰ درجه سانتیگرادتغییرداده شد .

هرنمونه قبل وبعدازانبارسازی وزن شدوتمامی تجزیه‌هابراساس افت وزن چغندراصلاح گردید . ساکارز- قبل وبعدازانبارسازی بااستفاده ازروشهایی که بوسیله چندشرکت‌معتبرچغندرقنداستانداردشده وشبیه به روشهای ذکرشده توسط A.O.A.C * بوداندازه گیری گردیدودرصورت وجودرافینوزوقندهای احیاتصمیمات لازم به عمل آمد . رافینووقنداحیابوسیله کروماتوگرافی کاغذی وبااستفاده ازدی نیتروسالیسیلیک اسیدتعیین شد . سرعت تنفس روزی دوباربوسیله دستگاه آنالیزورگازی مادون قرمزویک سیستم سویچ اتوماتیک اندازه گیری گردید . هواحدودا "دارای ۱۵۰ میکرولیتر دی اکسیدکربن درهرلیتربودکه باسرعت ۵۰۰ میلی لیتربردقیقه ازمیان هر محفظه عبورداده‌شدومیزان افزایش CO_2 تعیین گردید .سرعت تنفس دردماهای معین ، هنگامیکه میزان تنفس پس از۵ روزثابت گردید ، اندازه گیری وگزارش شد . گرچه نمونه‌هاتحت تاثیرنوسانات دمامطابق آنچه دربالاذکر شد قرارگرفته‌بودسرعت تنفس نمی توانست بطورهفتگی برای تمامی نمونه‌هااندازه گیری گرددزیراتعدادنمونه‌های موردآزمایش بیش ازظرفیت نمونه برداری آنالیزوردر۵/ ۱تا ۱۰ درجه سانتیگرادبود .

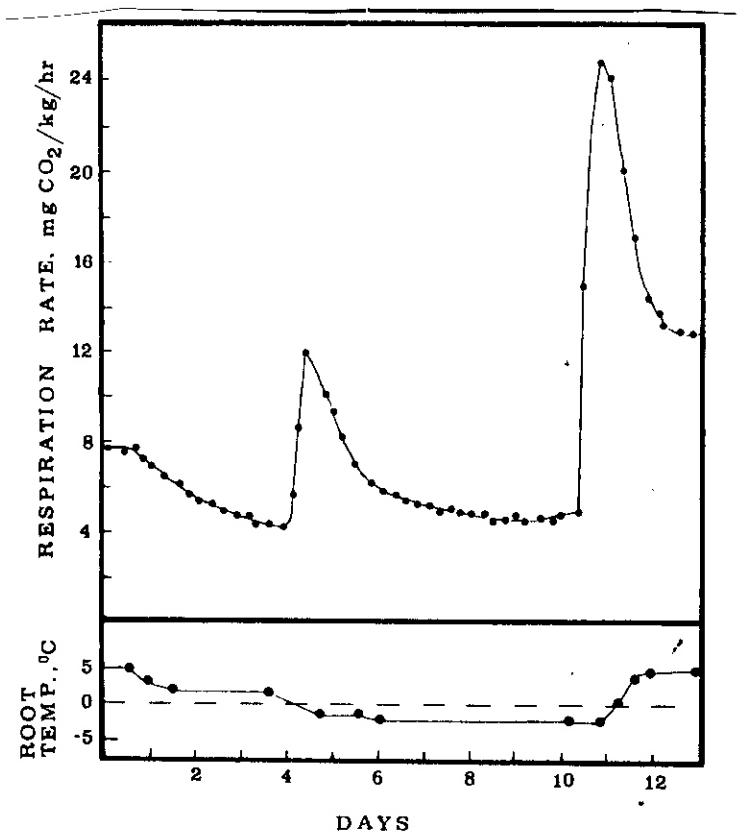
برای اندازه گیری دمایی که سبب تخریب سلولی میگردد ، استوانه‌هایی ازریشه باابعاد ۱۰ × ۲ میلی متربرای مدت ۲ ساعت دردرجه حرارت های ۷ ـ تا ۳ درجه سانتیگرادقرارداده شد . صفحه‌ای ازآلومینیم‌به ضخامت ۲/۵ سانتیمتر که به ۲لوله سیرکولاسیون درهرانتهامجهزشده بودساخته شد . مایع سردکننده بادمای۱۰ـ درجه‌سانتیگرادازیک طرف وآب بادمای ۵ درجه سانتیگرادازطرف دیگرداخل لوله‌هابه جریان انداخته‌شدکه موجب بوجودآمدن‌گرادیان خطی درجه حرارت‌درطول صفحه آلومینیمی گردید . نمونه‌های استوانه‌ای‌شکل‌مستقیما " برروی صفحه گذارده ،دما واقعی آنها بوسیله ترموکوپل اندازه گیری شد . پس ازخنک کردن ، نمونه‌ها به‌مدت ۷۵دقیقه‌درظرفهایی‌که‌حاوی۵ میلی‌لیترآب مقطردردمای‌محیط بودقرارداده شد. تخریب سلولی بانقصان محتوای سلولی (بطورعمده‌ساکارز)ظاهرگردید وسپس باتعیین میزان کربوهیدر اتهای داخل محلول باروش آنترون اندازه گرفته شد .

---

* A.O.A.C = Association of official agriculture Chemists.

مطالعات کوتـــاه مدت تنفســی :

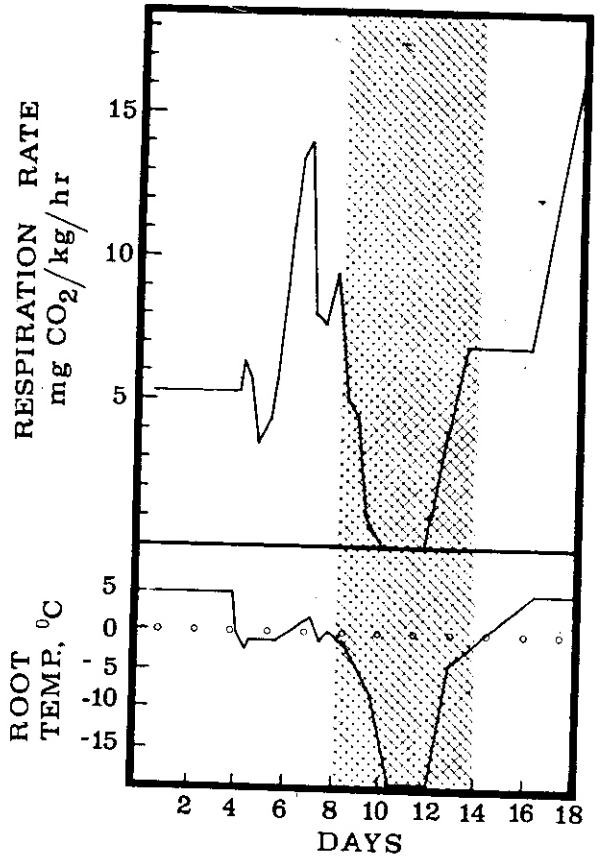
دراولین آزمایش تنفس ، درجه حرارت ریشه درطول ۲۴ ساعت از۵ درجه‌به ۱ــ درجه سانتیگرادکاهش‌داده ،برای مـــدت ۲روزدراین دما نگهداشته شد . درطول‌این مدت‌سرعت تنفس ۵۰درصدکاهش یافت . (شکل ۱) ،همچنیـــن درجه‌حرارت ریشه‌درطول ۲۴ ساعت تا ۱ــ درجه سانتیگرادپائین آورده ، برای مدت ۶ روزثابت نگه‌داشته شد . هنگامیکه درجه حرارت ریشه به ۱ــ درجه سانتیگرادرسید ، سرعت تنفس به شدت‌بالارفت .این عمل‌درآزمایشهـای بعـــدی نیزبه صورت یک الگوی مشخص وثابت دیده شد . دردمای ۱ــ درجه سانتیگرادسطح ریشه هایخ زداماباقت آنهـا دچاریخ زدگی نگردید . (مشاهده عینی عدم وجودآب درسطح ریشه) وقتی که ریشه هادردمای۱ــ درجـــه سانتیگراد قرارداده شد ، سرعت تنفس به میزان کمی بالاترازآن دردمای ۱ــ درجه سانتیگرادتنزل‌نمودوسپس‌ثابت باقی‌ماند .به محض اینکه درجه حـرارت ریشه‌به ۵ درجه سانتیگرادبرگردانده شدسرعت تنفس یکباره‌شش‌برابرافزایش یافت ولی بعدا "به میزان ۲ برابرسطح اولیه تنفس در۵ درجه سانتیگرادرسید .



شکل ۱ــ سرعت تنفس چغندرقند

سرعت تنفس ریشه هایی که قبلا " دردمای ۵° ذخیره شده وتحت تاثیردمای ثابت حدودصفردرجه قرارداشتنـــد .

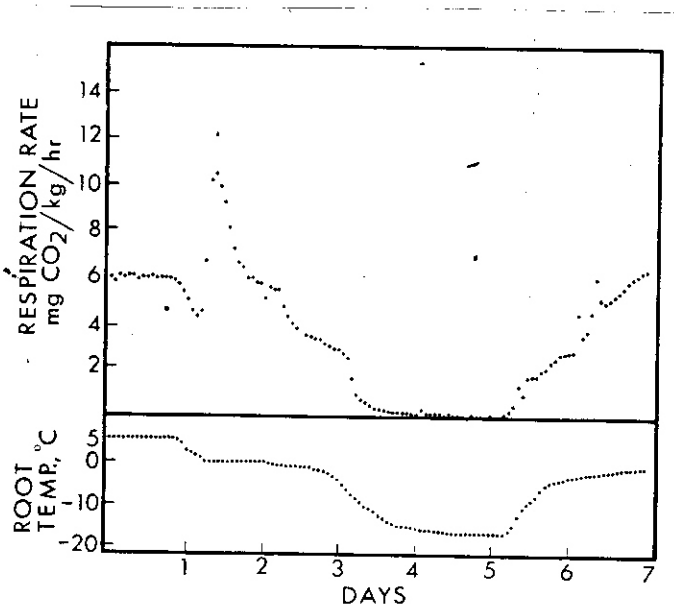
دردومین آزمایش ، درجه حرارت درسیکلی بین ۲ــ تا ۱ درجه سانتیگرادتغییرداده شد.(شکـل ۲) این‌نوسانات اندک موجب شدسرعت تنفس سه برابرافزایش یابد . هنگامیکه درجه حرارت تانزدیکی نقطه انجمادرسید ،بلافاصله تادمای ۱۸ــ درجه‌سانتیگراد کاهش داده شد . ناحیه هاشورخورده درشکل (۲) زمانی رانمایش میدهدکه بافـــت ریشه دچاریخ زدگی گردید سرعت‌تنفس در ۱۸ــدرجه سانتیگرادتانزدیکی صفرسقوطنمودولی به محض افزایش‌درجـه حرارت ، گرچه ریشه هاهنوزبه صورت جامدویخ زده بودند،تنفس‌دوباره آغازشدوزمانی که یخ ریشه هاآب گـردید ، سرعت تنفس درحالیکه ریشه هابه سرعت آب می شدندبه شدت بالارفـت .



شکـل ۲ــ سرعت تنفس ریشه چغندرقند (قبلا " دردمای ۵ درجه سانتیگرادذخیره شده) تحت تاثیرنوسانات‌دمایی نزدیک صفردرجه سانتیگراد .

درسومین آزمایـش درجه حرارت به آهستگی از ۵ درجه‌تا ۱۸ــ درجه سانتیگرادپائین آورده شد . این عمل تعیین درجه حرارتی که درآن تنفس ریشه متوقف میگردد راامکان پذیرساخـت . (شکل ۳) چنین وقفه‌ای درسرعـــت تنفس هنگامی که درجه حرارت از ۱ــ درجه‌سانتیگراد گذشت نیزمشاهده شد . سرعت تنفس تاجائی که درجه حرارت به ۸ــ درجه‌سانتیگرادرسید بتدریج‌کم‌شـــد . این نقطه مکانی‌است که سرعت تنفس به شدت به نزدیکی صفـــر

تنـــزل نمود. بهرحال در ۱۸ ــ درجه سانتیگراد تنفس همچنان آشکار بود ، هنگامی که درجه حرارت بالا رفت با وجـــود منجمد بودن ریشه ، مانند دومین آزمایـش سرعت تنفس نیز افزایش یافت .



شکل ۳ــ سرعت تنفس ریشه چغندرقند (قبلا " دردمای ۵ ذخیره شده) دردمایی بین ۵و۱۵ــ درجه‌سانتیگراد (اطلاعات گزارش شده درهر ۱/۵ ســاعت) .

مطالعـات طولانی مـــــدت

اهداف مطالعات طولانی مدت ، تعیین تاثیرنوسانات هفتگی دمابرضایعات ساکارزبود . به محض انتقـال نمونه‌هاازمکان سردبـجای گرمتر ، سرعت تنفس به شدت به سمت یک ماکزیمم صعودنمودوبعداز ۴ تا ۵ روزتـا یک سطح تعـادلی جدید کاهش پیداکرد . اطلاعات موجوددرشکلهای A ۴و B ۴ بیانگرسرعتهای تعادلی برحســـب پریودهای هفتگی ودردرجه حرارت های مختلف میباشد .

سرعت تنفس ریشه هایی که دردرجه حرارت ثابت ۱ ــ ۱/۵ یا ۵ درجه سانتیگراد ذخیره شدندنشان داد که چغندر درطول ۲۰ هفته ذخیره‌سازی درشرایط بسیارخوبی باقی مانده‌است . (شکل A ۴) باتوجه‌به‌تنفس‌ذخیره‌سازی‌دردماهای زیر ۵ درجه‌سانتیگراد امتیازات نسبتا "کمتری‌نسبت به‌دماهای‌ذکرشده‌دارد ،همچنین‌دردما ی ده‌درجه‌سانتیگراد سرعت تنفس بالارفته ، ریشه‌ها پس از ۸روزانبارسازی نشانه هایی ازکپک زدگی ازخودبروزدادند . بامقایسه اطلاعـــات موجوددرشکل A ۴ و B ۴ مشاهده میشودکه هرگونه نوساناتی دردما ، عمرسیلوپذیری چغندرراکم نموده ،منحنی

افت ساکارزدرچغندرسیلوشده دردرجه حرارتهای ۱- ، ۱/۵ و۵ درجه سانتیگرادبه میزان قابل توجهی تغییرپیدا نکرد (جدول ۱) و ریشه هادرشرایط بسیارخوبی باقی مانده، نقصان ساکارزبه کمترین میزان خودرسید .سرعت تنفس ریشه هانیزدراین درجه حرارتهابسیارکم تغییرنمود . (شکل ۴ A) .

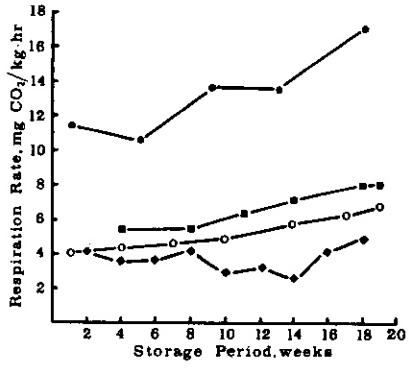
جدول شماره ۱ــ افت ساکارزوتجمع قندهای احیادرریشه چغندرقند کهمدت ۲۰هفتهدردمای ثابت یا متغیرذخیره گردید .

تجمع قندهای احیا	افت ساکارز	دمای متوسط	نوسانات دما	درجه حرارت
mg/kg	Kg/ton	$\dot{C}$	$\dot{C}$	$\dot{C}$
۳۶۹	۴۳	۱-	۰	۱-
۱۰۷۶	۴۴	۱/۵	۰	۱/۵
۱۵۲۹	۴۷	۵	۰	۵
۳۹۷۶	۵۸	۱۰	۰	۱۰
۱۶۱۴	۴۴	۳/۳	۳/۵	۵ و ۱/۵
۱۹۹۲	۵۷	۲	۶	۵ و ۱-
۳۲۶۱	۵۷	۵/۸	۸/۵	۱۰ و ۱/۵
۴۵۱۸	۶۷	۷/۵	۵	۱۰ و ۵
۵۶۴۵	۷۰	۰/۳	۲/۵	۱/۵ و ۱-
۹۶۸۹	۹۱	۴/۵	۱۱	۱۰ و ۱-
۳۷۱۸	۵۴	۳/۵	۶	* ۱- و ۵
۱۵۵۳	۴۸	۴/۱	۳/۵	* ۱/۵ و ۵
۱۹۹۰	۵۸	۶/۳	۵	* ۱۰ و ۵

* ــ دمای ثابتکه تنهایک هفته درماه تادماهای ذکرشدهتغییرداده شد .

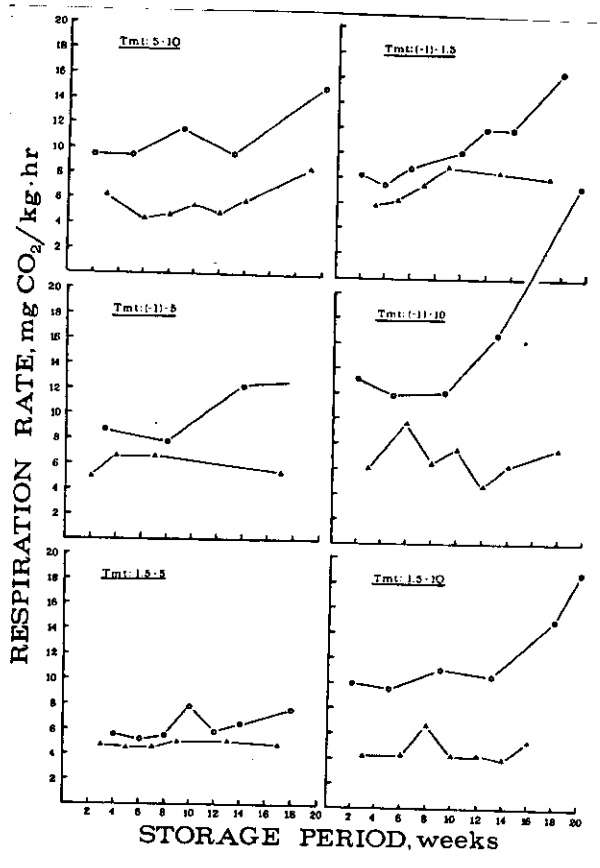
تجمع قندهای احیادردمای ثابت ، به میزان کم وبطورهماهنگ باافزایش درجه حرارت افزایش یافت ولی این موضوع به اندازه کافی توجیه کننده ذخیرهسازی دردماهای زیر۵ درجه سانتیگرادنبود . بالا بردن درجه حرارت تا ۱۰ درجه سانتیگرادبه میزان قابل توجهی نقصان ساکارزراافزایش داده ، موجب تجمع قندهای احیاگردید.

سرعت تنفس درمقایسه بادماهای ثابت ، باشیب تندتری به سمت بالاصعودمی کند . به هرحال چنین به نظرمیرسد که مدت ۲۰ هفته انبارسازی دردماهای ۰/۵ تا ۱۰ درجه سانتیگراد کمترین ضایعات رابرکیفیت چغندرقندوارد میآورد . (شکل A ۴)



شکل A ۴ ــ سرعت تنفس ریشه چغندرقنددرسیلوی بادمای ثابت(به مدت ۲۰ هفته)

۱۰° ــ ● ــ ۵° ــ ■ ــ ۱/۵ C° ــ ○ ــ ۱° ــ ◆ ــ



شکل B ۴ــ مثالهایی ازسرعت تنفس ریشه‌چغندرقندکه‌درنوساناتی بادامنه‌های‌متغیرقرارداده‌شده‌اند .
سرعت‌تنفس درطول مدتی کمنمونه‌هادرگرماقرارگرفته‌اند . ــ ○ ــ
سرعت تنفس هنگامی که نمونه‌هادردمای پائین‌قرارگرفته‌اند . ــ ▲ ــ

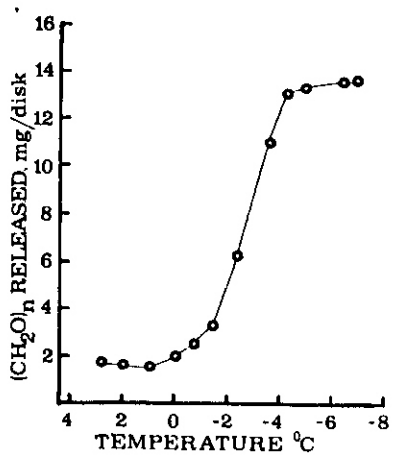
مشاهدات عینی معلوم ساخت که سیلوسازی در ۱۰ درجه سانتیگراددرمقایسه بادرجه حرارت ۵ درجه سانتیگرادیا پائین تربباعث ازدیادرشدکپکها ، بخصوص درچغندرهای زخمی گردیده است .

تمامی نوسانات دمابصورت هفتگی به میزان قابل توجهی باعث ازدیادافت ساکارزدردوره انبارسازی دردمای ثابت گردیدو تنهادردمای ۱/۵ تا۵ درجه سانتیگراداین موضوع مشاهدنشد . کرانه‌های درجه‌حرارت(یاپائین‌ترین وبالاترین نقطه آن)خیلی مهم ترازمیزان نوسان یادمای متوسط بود . برای مثال درنمونه‌هایی که‌دردمایی بین ۱ـ تا۱۰درجه سانتیگرادقرارداشتند .افت ساکارزبیش ازنمونه‌های موجود درمحدوده‌حرارتی ۱/۵ تا ۵ درجه‌سانتیگرادبود. نقصان ساکارزدرریشه هائی‌که‌دردمای‌ثابت ۵درجه سانتیگرادانبارشده وتنهایک هفته درماه دردمای۱/۵ درجه سانتیگرادقرارگرفته بودند ، عمدتا " بامیزان آن درریشه های ذخیره شده دردمای ثابت ۵ درجه سانتیگراد اختلاف نداشت . گرچه درسیلوهایی که یک هفته دردمای ۱ـ تا ۱۰ درجه سانتیگرادقرارداشتند، افت ساکارز بیش از مقدارآن درسیلوهایی بادمای ثابت ۵ درجه سانتیگراد بود .

تجمع قندهای احیاونقصان ساکارزدرریشه‌هایی که درمعرض نوسانات دماقرارداشتند بسیاربه هم مرتبط بود . ($R = 0/96$) بنابراین کاهش ساکارزنه تنهاتابعی ازسرعت تنفس است ، بلکه بامعکوس قندهای احیانیز رابطه دارد .

تعیین نقطه انجماد

میزان کربوهیدراتهای آزادشده توسط نمونه‌های استوانه‌ایی شکل ریشه‌باکم شدن درجه حرارت تازیر صفرکاهش یافت . (شکل ۵) درصفردرجه سانتیگراداولین سلولهاشروع به تغییرحالت نمودند . در۲ ـ درجه سانتیگراد ، تغییرحالت سلولهاشدت یافته‌ودر۳ـ درجه‌سانتیگرادنیمی ازبافتهاودر۵ ـ درجه سانتیگرادتمامی بافتهای چغندرهایسخ زدند .



شکل ۵ ـ افت کربوهیدراتهادرنمونه‌های استوانه‌ای شکل ریشه چغندرقندکه دردماهائی از۳تا۷ـ درجه‌سانتیگراد قرارگرفته اند .

نتایج حاصل بیانگراین مطالب است که سیلوهایی بادماهای‌متغیریادمای ۱ــ درجه سانتیگرادوپائین تر ، عمرذخیره سازی چغندرقندراکم نموده ،افت ساکارزومیزان قندهای احیاراافزایش میدهد .

چنین بنظرمیرسد که محدوده حرارتی مناسب برای انبارسازی چغندربین ۱/۵ تا ۵ درجه سانتیگرادباشد .نوسانات دمادراین محدوده ، می تواند بدون افزایش افت ساکارزی بیش ازآنچه که دردمای ثابت ۱/۵ تا۵درجه‌سانتیگراد بوده است ،تـــحمل شـــود . همچنین دراین دما ، ریشه های ذخیره شده‌می توانند حضورمختصردرمکان گرمتـــرر ا تنهابانشانه هایی ازصدمات جزئی ،تـــحمل نمایند . صدمات برگشت ناپذیرهمانندنقصان‌محتوای سلولی‌وافزایش سرعت تنفس ، ازقرارگرفتن دردماهای پائین تراز۲ــ درجه سانتیگرادناشی میشـــود .

ازنقطه نظرعـــملی، این نتایج نشان میدهدکه‌درانبارسازی طولانـــی مدت ، اگرچه چغندرهایخ زده باشند ، هوای کمتراز۲ــدرجه‌سانتیگـــرادنباید به توده‌چغندرتخصیص یابد . تنهازمانی درجه حرارتهای‌کم‌می تواندموثرباشـــد که دمای توده چغندربشدت بالاباشد (بالای ۱۰ درجه سانتیگراد) وافت پتانسیلی که ازدماهای بالاناشی میشـــود بیشترازصدمات ناشی ازکاهش طول دوره سیلوپذیری که دراثرسرمای زیابوجودمی آید ، باشد . ولی بدون شـــک سردکردن چغندربوسیله هوای۲ــدرجه سانتیگرادبلافاصله پس ازبرداشت‌محصول‌دارای‌امتیازاتی‌بیش‌ازکوتاه‌کـــردن عمرسیلوپذیری چغندرقندمیباشد .هنگامی که توده‌چغندرقندنسبتا " گرم است (دمای ۱۰ تا۱۵درجه)تنهـــــا چغندرهایی که لوله‌های تهویه تاارتفاع چندفوت درداخل آنهاقراردارنددرمعرض هوای۲ــ درجه قرارمی گیرنـــد .

بنابراین این دمای۲ــ درجه سانتیگراددرتوده چغندرسیلوشده تنهازمانی خوب عمل‌میکند که پیش بینی‌های‌لازم بـــه عمل آمده باشد .

اطلاعات بدست‌آمده ازکربوهیدراتهای آزادشده ، بیانگرافت کنترل متابولیکی وافزایش تراوایی غشاء ، دردمای۱ــدرجه سانتیگرادمیباشد . این نکته که چنین تغییراتی حقیقتا " ناشی ازیخ زدگی بافتهااست یااینکه‌تنهـا صدمات ناشی ازخنک‌کردن‌چغندرمیباشـــدبوضوح‌مشخص‌نیست.درمورد تعدادی ازسلولهای بشره باپتانسیل اسمزی‌کم، دمای۱ــدرجه سانتیگـــرادممکن است خیلی نزدیک به‌دمای انجمادباشد . همچنین انجمادآب موجوددرفضاهای‌ـ خالی سلول‌در۱ــدرجه سانتیگراد ، باعث خشک شدن سلول‌وصدمات‌غیرمستقیم‌واردبه آن‌میشود .

صدمات ناشی ازسرمامعمولا " درگیاهان کم دوامی که درمعرض دماهای پائین (۵ تا ۱۰ درجه سانتیگراد) قـــرار گرفته اند رخ‌میدهد . به سبب اینکه چغندرقندگیاه نسبتا " مقاومی میباشد ، صدمات ناشی ازسرما ، زمانی که‌دمابه صفردرجه سانتیگرادبرسد ، بوقوع میپیوندد . دراین بررسی ، چغندرقنددردمای‌صفرتا ۱ــدرجه‌سانتیگرادآسیب‌دید . خاطرنشان میگرددکه صدمات ناشی ازانجمادوسرمانمیتوانندازیکدیگرتفکیک‌ومجزاگردند .

ذکراین نکته قابل توجه است که تنفس تا هنگامی که دمای ریشه به ۱۸ ـ درجه سانتیگرادنرسیده بودمتوقف نشد، دراین نقطه ریشه ها یخ زده ، بصورت جامددرآمدند . بنابراین هنگامی که توده چغندرقندتحت انجماد شدیدباشددمـا می بایـست باسرعت هرچه ممکن تازیر۵ ـ درجه سانتیگرادپائین آورده شود . ازطرفی هوای ـ ناکـافی برای انجمـاد ، توده چغندرراتنهـا تا ۱ـ تا ۳ـ درجه سانتیگرادسردمی کندکه این عمل باعث افزایـش سـرعت تنفس شده ، نهایتا " موجب ازدیادمدت زمان لازم برای انجمادکامل چغندرسیلوشده میگردد .