
بسم الله الرحمن الرحيم

# شرح جامع

# تکنولوژی مواد غذایی( قند)

## «مهندسی کشاورزی»

## (علوم و صنایع غذایی)

مولفان: کاظم علیرضالو – مهدی قره‌خانی

انتشارات ارشد

## پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمند به ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجائی که درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای رفرنس( منابع) مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش می‌شد تمامی منابع پراکنده و گاهاً دست نایافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می شدند، که خدشه‌ای بر آنها وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آنقدر آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزهٔ آزمون‌های سراسری – آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد و دکتری که حائز رتبه‌های تک رقمی کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آیید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای دانشجویان و داوطلبان عزیز را پوشش می‌دهد. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان لازم به ذکر است که بی نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، بنا براین از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

**با تشکر**

**ناشـــــر**

**www.arshadbook. ir**

## پیشگفتار مولفان

سپاس بی‌کران پروردگار یکتا را که روح انگیزه به گامهایمان و شوق خدمت در وجودمان نهاد تا دست به قلم بوده و توفیق نگارش این کتاب را بدست بیاوریم تا در نهایت هدیه‌ای ناقابل حضور سروران و دانشجویان گرامی تقدیم کنیم. در طول سالها تحصیل همیشه کمبود کتابی کامل و جامع که بتواند تمامی سرفصل‌های درسی و سؤالات آزمون کارشناسی ارشد درس تکنولوژی قندسازی را پوشش دهد احساس می‌شد که ما را بر آن داشت تا قدم در این راه مقدس بگذاریم. این مجموعه مشتمل بر ۴ فصل شامل توضیح کامل دروس، نکات درسی و سؤالات مربوطه می‌باشد که برگرفته از بهترین و مهمترین منابع موجود است تا بتواند کلیه سرفصل‌های درس تکنولوژی قندسازی و گزینش سؤالات آزمون کارشناسی ارشد توسط طراحان مختلف را پوشش دهد. بدیهی است که این مجموعه نیز مانند هر مجموعه دیگر عاری از نقص نخواهد بود. امید است دانشجویان گرامی با نظرات و پیشنهادات خود ما را در کامل‌تر شدن هرچه بیشتر این مجموعه یاری نمایند. در خاتمه لازم می‌دانیم مراتب تشکر و قدردانی خویش را از مدیریت محترم انتشارات ارشد به جهت تلاش بی‌وقفه و شبانه‌روزی اعلام نمائیم.

**با سپاس**

**کاظم علیرضالو- مهدی قره‌خانی**

# فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


پیشگفتار ناشر ..... ۳
پیشگفتار مولفان ..... ۴


## فصل اول: تاریخچه و خصوصیات چغندرقند و نیشکر


تاریخچه ..... ۱۱
شکر ..... ۱۱
چغندر قند ..... ۱۲
مواد غیرقندی نامحلول در آب ..... ۱۴
ساکارز ..... ۱۶
رنگ ها ..... ۱۷
تشکیل ساکارات ..... ۱۷
اینورت ..... ۱۹
گالاکتوز ..... ۲۰
کستوزها ..... ۲۰
اینوزیتول (قند گوشت) ..... ۲۰
پکتین ..... ۲۱
اسیدهای آلی ..... ۲۱
ساپونین ..... ۲۲
لیپیدها ..... ۲۲
اسیدگلوتامیک ..... ۲۳
خواص اسیدهای آمینه از نظر صنعت قند ..... ۲۳
پروتئین ها ..... ۲۴
بتائین ..... ۲۴
آمیدها ..... ۲۴
ازت مضره ..... ۲۵
مواد رنگی ..... ۲۵

**عنوان ..... صفحه**
آنزیم ها ..... ۲۵
مواد معدنی ..... ۲۵
کاتیون ها ..... ۲۶
آنیون ها ..... ۲۶
خواص فیزیکی کریستال ساکارز ..... ۲۶
قدرت شیرین کنندگی ..... ۲۸
کیفیت چغندر قند ..... ۲۸
نیشکر ..... ۳۰
خلاصه فصل ..... ۳۴
تست‌های آخر فصل ..... ۳۵
پاسخ تست‌های آخر فصل ..... ۳۸

## فصل دوم: تکنولوژی تولید قند از چغندر قند

برداشت چغندرقند ..... ۴۱
آسیب دیدگی چغندرقند ..... ۴۲
تخلیه چغندر ..... ۴۳
نمونه برداری ..... ۴۳
سیلو کردن چغندر قند در کارخانه ..... ۴۴
تأثیر زمان مطلوب برداشت روی درصد قند ..... ۴۵
ضایعات قندی (ساکارز) در اثر تنفس ..... ۴۶
تأثیر سطح مخصوص چغندرقند در تنفس (ضایعات) ..... ۴۷
ضایعات قندی (ساکارز) در اثر آسیب دیدگی چغندر ..... ۴۸
ضایعات قندی(ساکارز) در اثر دما ..... ۴۸
ضایعات قندی (ساکارز) در اثر خودگرمی ..... ۴۹
تغییرات قند اینورت در اثر فعالیت میکروبی ..... ۵۱
ضایعات قندی ..... ۵۱
حمل چغندر به کارخانه ..... ۵۴
علف گیر ..... ۵۴
شن گیر و سنگ گیر ..... ۵۴
شست و شوی چغندر ..... ۵۵
آسیاب خلال ..... ۵۶
قپان دیفوزیون یا باسکول اتومات دیفوزیون ..... ۵۷
استخراج (شربت گیری یا دیفوزیون) ..... ۵۸
سایر روش های شربت گیری ..... ۵۸
استخراج ساکارز از سلول چغندرقند ..... ۶۰
عملیات فیزیکی در شربت گیری ..... ۶۰
جریان متقابل در استخراج ..... ۶۱
عوامل موثر در دیفوزیون ..... ۶۲
خواص دیگ حرارتی ..... ۶۳

**عنوان ..... صفحه**


فعالیت میکروارگانیسم ها در دیفوزیون ..... ۶۶
شربت گیری از چغندر قندهای فاسد ..... ۶۷
پرس کردن تفاله آبدار و خشک کردن آن ..... ۷۰
تصفیه شربت خام چغندرقند ..... ۷۱
حلالیت آهک در محلول های قندی ..... ۷۴
آهک خور مقدماتی ..... ۷۶
آهک خور اصلی ..... ۷۸
اشباع I ..... ۸۰
اشباع II ..... ۸۲
دکانتورها ..... ۸۳
برخی از سیستم های تصفیه شربت خام ..... ۸۴
کوره آهک ..... ۸۵
تغلیظ (اواپراسیون) ..... ۸۷
رسوبات در سطوح انتقال حرارت ..... ۹۰
کف کردن شربت ها ..... ۹۰
کریستالیزاسیون ..... ۹۱
محلول اشباع ..... ۹۱
کلرس ..... ۹۵
آفینه ..... ۹۵
رفریژرانت ..... ۹۶
جدا کردن رطوبت آزاد و خشک کردن شکر ..... ۱۰۰
انبار کردن ..... ۱۰۰
ملاس ..... ۱۰۱
محاسبات فنی و کنترل فرآیند ..... ۱۰۲
خلاصه فصل ..... ۱۰۶
تست‌های آخر فصل ..... ۱۰۹
پاسخ تست‌های آخر فصل ..... ۱۲۲


**فصل سوم: تکنولوژی تولید قند از نیشکر**


فرآیند نیشکر در کارخانه ..... ۱۲۵
تصفیه شربت ..... ۱۲۷
دفکاسیون ..... ۱۲۸
سولفیتاسیون ..... ۱۲۸
کربناتاسیون ..... ۱۲۹
تغلیظ شربت تصفیه شده (اواپراسیون) ..... ۱۲۹


**فصل چهارم: تکنولوژی تولید قند کله و حبه**


تولید قند کله و حبه ..... ۱۳۳

# فصل اول

## تاریخچه و خصوصیات چغندرقند و نیشکر

### عناوین اصلی

- شکر
- چغندرقند
- نیشکر

## فصل اول

# تاریخچه و خصوصیات چغندرقند و نیشکر

## تاریخچه

قبل از این که انسان موفق شود از عصاره گیاهان مواد شیرین تهیه کند، انرژی یا قسمتی از انرژی لازم را از عسل که اولین ماده شیرین بود تهیه می کرده است.

از قرن دوم میلادی به بعد نیشکر در دنیای قدیم شناخته شد که محل تولید آن هندوستان بوده است. نیشکر در دوره اشکانیان وارد ایران شد و کشت آن در مناطق مساعد رواج یافت. با رایج شدن کشت نیشکر در ایران صنعت قندسازی نیز طبق روش هندی ها به ایران منتقل گردید. روش قندسازی به مرور ایام در خوزستان رواج یافت و برای اولین بار در تاریخ جهانی قندسازی ایرانیان موفق شدند از نیشکر، شکر سفید بدست آورند.

نیشکر از ایران به سمت خاورمیانه و از آن جا در طی جنگ های صلیبی به اروپا منتقل گردید. پس از فتوحات اسلامی و انتقال نیشکر از ایران به سایر کشورها، کشت نیشکر در ایران از بین رفت، به جز بخش هایی در مازندران که به صورت بومی کشت آن کم و بیش ادامه یافت.

در سال ۱۱۲۶ شمسی یا ۱۷۴۷ میلادی یک شیمیدان به نام مارگراف در آزمایشگاه از چغندر شکری بدست آورد که مشابه شکر حاصل از نیشکر بود. شاگرد او به نام آفارد آزمایش های او را پیگیری و روشی را ابداع کرد که بتواند این شکر را خالص سازی کند و اولین کارخانه قند چغندری جهان را در سال ۱۸۰۱ در کونرن آلمان تأسیس کرد. اولین کارخانه قند ایران در کهریزک در سال ۱۲۷۲ به طور رسمی افتتاح شد. در سال ۱۳۰۱ دومین کارخانه قند کشور در کرج و پس از آن نیز کارخانه های دیگری در مرودشت، اسلام آباد، ورامین، آبکوه و میاندوآب به بهره برداری رسیدند.

## شکر

### تعاریف و اصطلاحات

در جامعه امروز شکر به ماده ای اطلاق می شود که مزه شیرین دارد و به صورت کریستال های سفید و روان عرضه می گردد. شکر از چغندر قند و یا نیشکر و در بعضی کشورها از شیره نخل قندی و افرای قندی بدست می آید.

شکر یا ساکارز با فرمول شیمیایی $C_{12}H_{22}O_{11}$ جز، معدود مواد شیمیایی می‌باشد که در طبیعت می توان آن را به طور خالص تهیه کرد. شکر با طعم شیرین و مطبوع و انرژی خاص خود به صورت مستقیم مانند مصرف آن با چای، قهوه شیر و کاکائو و یا به صورت غیر مستقیم در صنایع غذایی و غیر غذایی نظیر نوشابه‌سازی، کیک و بیسکویت‌سازی، شکلات، آدامس، آب نبات‌سازی، کمپوت و مربا، شربت، بستنی‌سازی، نبات و پولکی‌سازی حلوا و فرنی‌پزی و غیره مورد استفاده قرار می گیرد.

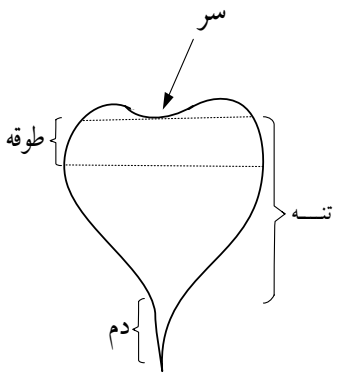
**انواع مختلف شکر و تعاریفی که در این رابطه وجود دارد:**

- **شکر تصفیه شده:** شکری است که از مراحل سانتریفوژ گذشته و همان شکر خالص سفید متبلور شده معمولی پخت یک است که قابل مصرف می باشد. از نظر اندازه کریستال به شکر خیلی درشت، درشت، معمولی، نرم و خیلی نرم تقسیم می شوند.
- **شکر دو بار تصفیه شده:** این محصول از حل کردن شکر سفید و احیاناً رنگ بری، مجدداً مراحل تبلور، سانتریفوژ و خشک کن را طی می کند مثل قند کله که قبل از سانتریفوژ به داخل قالب ریخته و سپس سانتریفوژ و خشک می‌شود.
- **شکر خام:** شکری است که به علت داشتن مقداری ملاس و رطوبت، رنگی زرد تا قهوه ای دارد و قابل مصرف نمی-باشد. این شکر معمولاً در کارخانه های نیشکر بدون تصفیه خانه تولید می شود.
- **قند پرسی:** شکر فشرده ای است که به دو صورت حبه و یا کله پرسی تولید می شود.
- **شکر قهوه ای:** شکر سفیدی است که به آن کارامل، ملاس و یا اسانس اضافه شده باشد.
- **شکر متبلور تصفیه نشده:** شکر خامی است که از سانتریفوژ گذشته و مقداری از مواد مایع آن جدا گشته است. مواد اضافی آن حدود ۲۰٪ است. شکر زرد و شکر سرخ از این نوعند.
- **شکر سانتریفوژ نشده:** مخلوطی از شکر متبلور و مایع است که سانتریفوژ نشده است این نوع شکر در بعضی از مناطق نیشکر خیز هنوز تولید و به مصرف می رسد، مثل شکر سرخ در مازنداران.

## چغندر قند

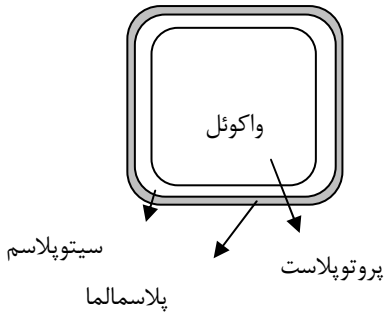
چغندر قند از گونهٔ بتاولگاریس بوده و گیاهی دو ساله می باشد. این گیاه سال اول غده تشکیل داده، سال دوم تولید بند، گل و بذر می نماید. از نظر ظاهری، چغندرقند رسیدهٔ آمادهٔ مصرف در کارخانه مخروطی شکل می باشد که ریشهٔ آن باریک می-باشد، ریشه تا ۱/۵ متر نیز ممکن است طولش باشد که به آن دم چغندرقند می گویند.

قسمت فوقانی آن را تنه می گویند، از قسمت انتهایی دم که قطری حدود ۱سانتیمتر دارد را قطع نموده و جزء ضایعات محسوب می شود، سطح خارجی شیارهایی با ریشه های ضعیف دارد که مقدارش بستگی به رقم انتخابی چغندرقند دارد قسمت بالای تنه که ریشهٔ ندارد را طوقه گویند و قسمتی که روی آن تاج برگ قرار دارد را سر چغندر قند می نامند.




چغندر قند در سال اول کاشت پس از ۲۴۰-۱۷۰ روز برداشت شده و پس از جداسازی برگ و سر به کارخانه حمل شده و نسبت قطر غده به طول غده بستگی به وضعیت مزرعه و آبیاری آن دارد، اگر آب کافی به مزرعه برسد این نسبت، بیشتر می‌شود.

بیشترین مقدار ساکارز در تنه می باشد، اگر در تنه عیار ۱۷/۹۰٪ باشد، در سر چغندر قند حدود ۱۴/۵٪ است و در قسمت دم نیز میزان عیار بیشتر کاهش می‌یابد. چغندر قند همانند سایر گیاهان از تعداد زیادی سلول تشکیل شده و بافت سلولی اصلی غدهٔ چغندر قند شامل سلول های ذخیره ای است که به این سلول های پارانشیمی اطلاق می شود، در یک سانتیمتر مکعب از این بافت حدود ۱۵۰میلیون سلول پارانشیم وجود دارد که مرکز تجمع عصارهٔ قندی هستند. هر سلول پارانشیمی از یک جدار سلولزی که سلول را احاصه کرده است تشکیل شده است. عصارهٔ قندی که در واکوئل تجمع یافته، دارای غشاء بیولوژیکی بنام پروتوپلاست است که برای خروج این عصاره باید ابتدا این غشاء از حالت نیمه تراوا به تراوا تبدیل شود، لایهٔ بعدی سیتوپلاسم نام دارد که قسمت های مختلف سلولی در آن جای دارد، غشاء دیگر بیولوژیکی که روی سیتوپلاسم است پلاسما لما نام دارد که نیمه تراوا است، مواد را از خارج به داخل وارد می کند (آب، Na، K...) و مولکول‌های کوچک تر را خارج می کند ولی به ساکارز اجازهٔ خروج نمی دهد و برای خروج باید تراوا گردد. اما لایهٔ سلولزی قابلیت تراوایی دارد، بنابراین سه عامل محدود کننده عبور ساکارز وجود دارد که برای عملیات استخراج باید تراوا گردند.

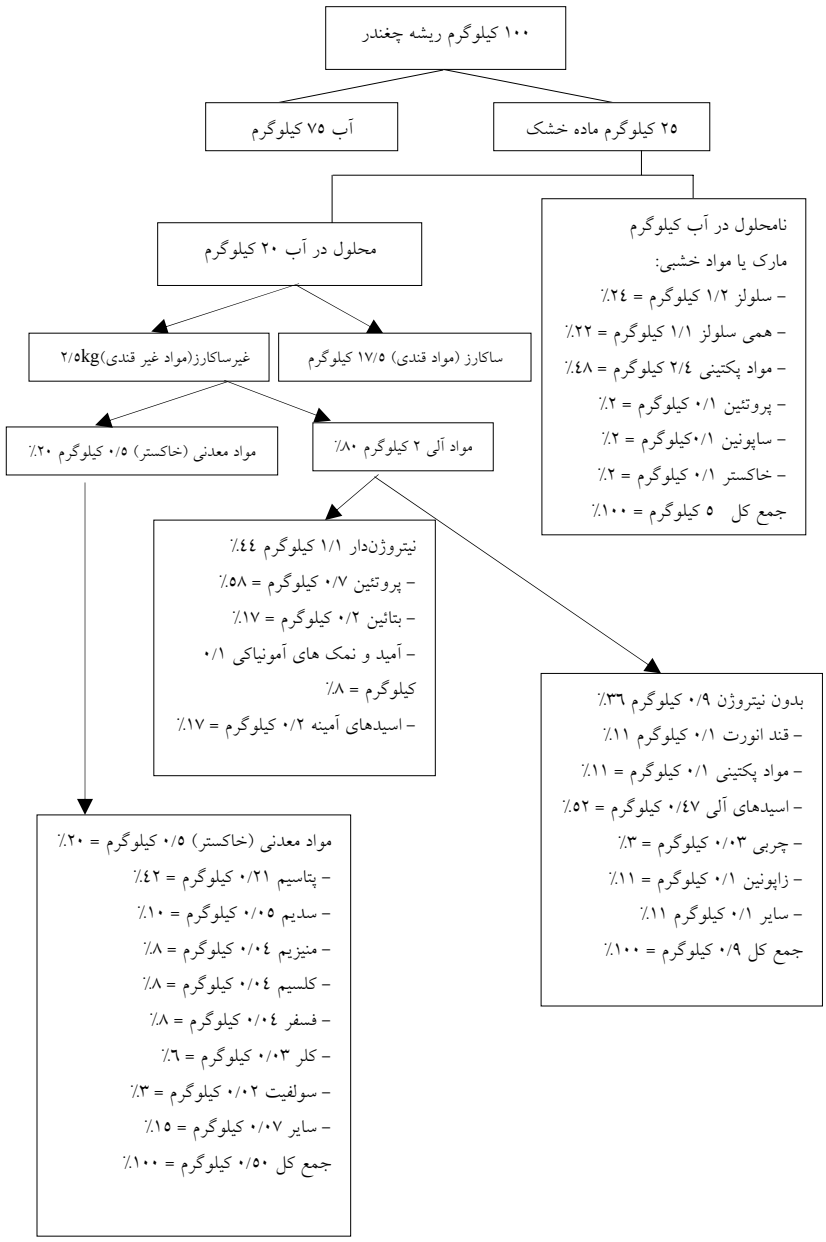



دو غشاء بیولوژیکی باید دارای سوراخ هایی باشد که حین حرارت دهی باز شده و عبور مواد از آن صورت گیرد، عصاره پس از خروج از سلول وارد کانال های برون سلولی شده که این کانال ها، عصاره را به خارج بافت هدایت می کنند.

چغندر قند از بافت های مختلفی تقسیم شده است که به صورت حلقه های رنگی می‌باشد، حلقه های مربوط به سلول‌های پارانشیمی، به رنگ سفید می‌باشد و بافت آن ها ۷۵-۶۰ درصد کل بافت است. حلقه بعدی آوندها هستند که رنگ شان تیره تر از بافت پارانشیم است. رویش و گسترش این آوندها در بافت سلولی چغندر قند موجب افزایش مقاومت برش در چغندر قند می‌شود که خصوصاً در خلال سازی که در مباحث بعدی به آن اشاره خواهیم کرد دارای اهمیت هستند. در سر چغندر قند سلول‌های پارانشیمی کمتری وجود دارد به همین دلیل درصد قند قسمت سر چغندر قند کمتر است و عیار آن پایین تر است، همچنین انرژی برش این قسمت ها هم بیشتر است. بنابراین سر چغندر قند از سلول های خشبی تشکیل شده است که دارای ارزش تکنولوژیکی کمتری هستند.

### مواد تشکیل دهنده چغندر قند

به طور کلی چغندر قند از مواد زیر تشکیل شده است.




## مواد غیرقندی نامحلول در آب

آن قسمت از مواد غیرقندی چغندر قند که در آب جوش نامحلول است مواد خشبی و یا مارک نامیده می شود. مارک دارای بیشترین سهم در مواد غیر قندی است. مارک چغندر قند بستگی به نوع بذر، خاک و آب و هوا و زمان برداشت دارد. مقدار مارک بذور قندی نسبت به بذور معمولی و محصولی بیشتر است.

📖 **نکته:** ترکیبات شیمیایی غیر قندی غیر محلول در چغندر مارک نامیده می شود که این ترکیبات در تفاله جمع می شوند.

طبق تحقیقات اوون و همکاران و آزمایشات که در ایران انجام گرفته است مارک چغندر قند در رابطه با نوع بذور و شرایط آب و هوایی بین ۳ تا ۶ درصد در نوسان است. چغندرهایی که در مناطق مرطوب رشد کرده اند نسبت به چغندرهایی که در مناطق خشک رشد کرده اند دارای مارک کمتری می باشند. بین درصد مارک و میزان کود نیتروژن دار و همچنین زمان برداشت همبستگی وجود دارد. با افزایش میزان کود نیتروژنه مقدار مارک چغندر کاهش می یابد. همچنین با افزایش دوره رشد هم مقدار آن کاهش پیدا می کند.

مارک دارای ۲۵٪ سلولز، ۲۵٪ پکتین، ۲۰٪ آرابان و ۶٪ گالاکتان می باشد. علاوه بر این ها مارک مقداری لیگنین دارد. مقدار لیگنین مبین درجه چوبی چغندر قند است.

**مواد متشکله مارک**

| ماده | چغندر | چغندر غیر چوبی (معمولی) |
|---|---|---|
| سلولز | ۲۷/۹ | ۲۳/۵ |
| پکتین | ۲۰/۷ | ۳۱/۱ |
| پنتوزان | ۱۶/۲ | ۲۴/۲ |
| لیگنین | ۷/۴ | ۴/۲ |

در سیلو سلولز و همی سلولز و لیگنین بدون تغییر می ماند. ولی پکتین و پنتوزان به ترکیبات محلول تجزیه می شوند. بنابراین در سیلو مقدار مارک به درصد وزن چغندر قبل از سیلو کاهش می یابد. البته افزایش درصد مارک در چغندرهای سیلو شده می تواند در اثر تبخیر آب بوجود آمده باشد.

**مقدار مارک چغندر قبل و بعد از سیلو (دمای سیلو ۳ درجه سانتی‌گراد)**

| نوع بذر | مارک ٪ چغندر | | |
|---|---|---|---|
| | قبل از سیلو | بعد از سیلو | |
| | | ۶۵ روز | ۱۳۵ روز |
| ۱ | ۴/۱۹ | ۴/۴۰ | ۴/۳۲ |
| ۲ | ۴/۱۶ | ۴/۲۰ | ۴/۳۸ |
| ۳ | ۳/۶۷ | ۴/۰۲ | ۳/۹۶ |
| میانگین | ۴/۰۱ | ۴/۲۱ | ۴/۲۲ |

مقدار مارک چغندر رابطه مستقیم روی تعیین درصد قند به روش پلاریمتری دارد. اگر مقدار مارک چغندر ۴/۵٪ باشد در هر صد گرم چغندر ۹۵/۵ گرم شربت وجود دارد و مقدار شربت در ۲۶ گرم وزن نرمال ۲۴/۸۳ گرم خواهد بود. اگر درصد قند چغندر ۱۶٪ فرض شود وزن مخصوص آن ۱/۰۷۸ گرم در میلی لیتر و مقدار شربت در وزن نرمال ۲۳/۰۳ میلی لیتر خواهد بود. لذا با تغییر مارک و درصد قند چغندر وزن مخصوص شربت در چغندر تغییر می یابد و طبق تحقیقات انجام شده

حجم شربت موجود در ۲۶ گرم وزن نرمال خمیر چغندر بین ۲۰/۳ تا ۲۳/۶ میلی لیتر در نوسان است و بدین دلیل هم تا کنون یک توافق بین المللی برای حجم محلول زلال کننده وجود ندارد. در آلمان حجم ۱۷۷ میلی لیتر بر مبنای محاسبات انجام شده پذیرفته شده و به عنوان حجم استاندارد مورد استفاده می باشد. در ایران هم از همین حجم استفاده می شود.

چغندر قند از مواد قندی تشکیل شده است، در صنعت قند، فقط به ساکارز قند می گویند و به سایر ترکیبات حتی گلوکز، فروکتوز و ... مواد غیرقندی می‌گویند.

**مواد غیر قندی در صنعت قند به چند دسته تقسیم می شود.**

**الف) مواد غیر قندی بدون نیتروژن**

اینورت، رافینوز، لیگنین، پکتین، اربان، گالاکتان، اسیدهای آلی، ساپونین، لیپید، گالاکتوز، کستوزها و اینوزیتول

**ب) مواد غیر قندی نیتروژن دار**

اسیدهای آمینه، مواد پروتئینی، بتائین، کولین، پورین، پیریمیدین، آمید، املاح آمونیوم، نیترات، مواد رنگی، ازت مضره، اسانس، ویتامین ها، آنزیم ها.

**ج) مواد معدنی**

کاتیون ها، آنیون ها

## ساکارز

ساکارز دی ساکاریدی است که از یک مولکول گلوکز و یک مولکول فروکتوز تشکیل شده است. قندی غیر احیا کننده بوده و دارای کربن های نامتقارن می‌باشد، آرابان قادر است صفحهٔ نور پلاریزه را به راست منحرف نماید. چرخش مخصوص ساکارز $^{\circ}$ ۶۶/۵۲۹ + است، از این خاصیت برای اندازه گیری درصد قند چغندر قند یا شربت ها به وسیلهٔ پلاریمتر استفاده می‌کنند. ساکارز در آمونیاک، دی متیل فرمالید، دی متیل سولفوکسید و همچنین در آمین‌های نوع دوم مانند مورفولین، پیریدین، پیرلیدون، دی اتیل آمین محلول می‌باشد. با افزایش غلظت و کاهش دمای محلول ساکارز، ویسکوزیته محلول آن افزایش می یابد.

چنانچه ۲۶ گرم ساکارز را در آب مقطر حل نموده و آن را به حجم ۱۰۰cc برسانیمَ، پولاریمتر عدد ۱۰۰ را به ما نشان می‌دهد.

📖 **نکته:** با افزایش درجه حرارت، حلالیت ساکارز افزایش پیدا می کند. املاح قلیایی، یون ها و سایر ناخالصی ها (ترکیبات سدیم و پتاسیم) باعث افزایش حلالیت ساکارز می گردند و این امر باعث جلوگیری از کریستالیزاسیون ساکارز گشته و در نتیجه باعث افزایش تولید ملاس می گردد.

📖 **نکته**: چون در $pH = ۸-۹$ میزان تجزیه ساکارز در کمترین مقدار خود می باشد. بنابراین pH ذکر شده بهترین pH برای انجام فرایند قندگیری می باشد.

### اثر اسیدها بر ساکارز

ساکارز در مقابل اسید فوق‌العاده حساس بوده و تبدیل به قند اینورت می‌شود، چنانچه ۲۶ گرم ساکارز را اینورت نمود و به حجم ۱۰۰cc برسانیم، پولاریمتر عدد ۳۳- را نشان می دهد، گلوکز راست گردان و فروکتوز چپ گردان می‌باشد از اینرو قند اینورت در مجموع چپ گردان می باشد.

هیدرولیز ساکارز در محیط اسیدی وابسته به pH ، دما، زمان می باشد هر چه دما و زمان بیشتر باشد و pH کمتر باشد ساکارز بیشتری هیدرولیز گردیده و در نهایت اینورت بیشتری تولید می گردد.

### اثر قلیاها بر ساکارز

ساکارز در برابر قلیایی نسبتاً مقاومتر می باشد ولی هرگاه قلیایی و دما شدید باشد، مقداری از ساکارز هیدرولیز گردیده و به اینورت تبدیل می شود. می توان نتیجه گرفت که در pH های بین ۹-۸ کمترین هیدرولیز ساکارز انجام می گیرد به عبارت دیگر هیدرولیز ساکارز در این فواصل pH قابل اغماض می شود از اینرو بهترین pH برای شربت قند که کمترین هیدرولیز ساکارز انجام می گیرد همین pH می باشد و ارزش تکنولوژیکی دارد.

## رنگ ها

در صنعت قند به عنوان یک ماده غیر قندی مشکل زا است. بدین ترتیب که از کریستالیزاسیون ساکارز جلوگیری نموده و مقدار ملاس و ضایعات کارخانه را افزایش می دهد. همچنین رنگ ها بر روی شکر درجهٔ ۱ اثر منفی گذاشته و مرغوبیت آن را کاهش می دهد، به طوری که گاهی اوقات قابلیت فروش آن را کاهش می دهد.

### تولید رنگ از ساکارز

مادهٔ رنگی که از ساکارز طی حرارت‌های بالا به دست می آید کارامل نامیده می شود.

## تشکیل ساکارات

ساکارز با فلزات قلیایی خاکی ایجاد پیوند نموده و به صورت رسوب در می‌آید، با توجه به این که فلزات سمی و گران می‌باشند و با در نظر گرفتن این مورد که کارخانجات قند برای تصفیه شربت از آهک استفاده می نمایند لذا آهک را ابتدا به مصرف قندگیری از ملاس می رسانند تا ساکارات حاصل شود (مونو کلسیم ساکارات، دی کلسیم ساکارات، تری کلسیم ساکارات) و سپس ساکارات حاصله را به مصرف تصفیه شربت می رسانند. به این روش قندگیری از ملاس، روش استفن نیز می گویند.

### تأثیر آنزیم ها و میکروارگانیسم ها

ساکارز به عنوان منبع انرژی برای جانداران از اهمیت والایی برخوردار است. ساکارز بعد از هیدرولیز توسط میکروارگانیسم‌های هوازی و یا بی هوازی از طریق واکنش های بیوشیمیایی به وسیله تنفس و یا تخمیر در سوخت و ساز بدن آن ها به مصرف می رسد. در این کار فرآورده های نهایی گوناگونی تولید می‌شود که هر کدام نام ویژه ای به آن واکنش می دهد. در مولکول ساکارز (آلفا- د- گلوکوپورانوز- بتا- فرکتوفورانوزید) پیوند آلفای د- گلوکوپیرانوز با آلفا- گلوکوزیداز (ساکاراز و مالتاز) و پیوند بتای د- فروکتوزفورانوز با بتا- فرکتورانوزیداز (انورتاز، ساکاراز) قابل جدا شدن می باشند. در حالی که در

گیاهان جداسازی غالباً توسط بتا- فرکتوفورانوزیداز انجام می شود. در جانداران ساکارز بیشتر توسط آلفا- گلوکوزیداز هیدرولیز می‌شود. آنزیم انورتاز نه تنها در گیاهان بلکه در بیشتر میکروارگانیسم ها یافت می شود و بیشتر باکتری ها، مخمرها و کپک ها قادرند به وسیله سیستم های آنزیمی خود ساکارز را تجزیه کنند. انورتاز غالباً از طریق میکروارگانیسم ها به شربت چغندر وارد می شود. وجود یک چنین آنزیمی در چغندر قند ثابت نشده است. طبق نظر وکوف انورتاز در دمای بیش از ۷۵ درجه سانتی‌گراد از فعالیت می افتد ولی در دمای حدود ۶۵ درجه سانتی‌گراد هنوز می تواند به طور کامل فعالیت کند و ساکارز را در دیفوزیون تجزیه نماید. بنابراین برای جلوگیری از تجزیه ساکارز بایستی دمای شربت دیفوزیون به سرعت افزایش پیدا نماید.

یکی دیگر از خواص مهم انورتاز آن است که می تواند ساکارز را به تری ساکارید تبدیل نماید. در این حالت یک مولکول هگزوز با یک مولکول ساکارز ترکیب می گردد. مثلاً از پیوند فروکتوز به یک مولکول ساکارز، تری ساکارید کستوز تولید می شود. آنزیم‌ها همچنین قادرند از یک مولکول دی ساکارید در اثر ترانسفورمازهای (شکست و جابجایی) ویژه که ایزومراز نامیده می‌شوند دی ساکارید دیگری تولید نمایند. ماده ای بنام ایزومالتوز تولید می شود که بنام معمولی پالاتینوز معروف است. در این عمل پیوند ۱-۲ ساکارز می شکند و تبدیل به پیوند ۱-۶ پالاتینوز می شود که مولکول آن دارای انرژی کمتری است.

معروف‌ترین واکنش تخمیری بی هوازی (بدون اکسیژن) تخمیر الکلی است که در آن ساکارز به وسیله تخمیر به الکل اتیکیک وگاز کربنیک تبدیل می گردد. باکتری های لاکتوباسیلوس دلبروکی و ریتوبوس نیگریکان از ساکارز اسیدلاکتیک می سازند و باکتری کلستریدیوم استروبوتیلیکوم، استون و الکل بوتیلیک نرمال تولید می کند.

در تخمیر هوازی (با اکسیژن) از ساکارز به وسیله باکتری سرکه و به وسیله کپک ها جوهر لیمو (اسید سیتریک) و اسید گلوکوئیک به دست می آید.

برخی از جانداران نیز از ساکارز مولکول های بزرگ می سازند و این توانایی در بسیاری از باکتری ها وجود دارد. بررسی های فورسیت و وبلی نشان می دهد که ۵ تا ۱۶٪ باکتری های جدا شده از خاک قادرند از ساکارز موادی با مولکول بزرگ بسازند.

شناخته ترین آن ها باکتری لوکونوستوک مزنتریودیس[1] است که در کارخانه های قند نیز بسیار وجود دارد. این باکتری از ساکارز به وسیله آنزیم دکستران سوکراز پلی ساکاریدی بنام دکستران با وزن مولکولی تا یک میلیون می سازد. مناسب‌ترین دما برای تولید دکستران بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است. هنگام ساخته شدن دکستران از ساکارز زنجیر طویلی از مولکول‌های گلوکز (پیوندهای ۱-۴ و ۱-۶) طبق فرمول زیر به وجود می آید.

$$n\,(C_{12}H_{22}O_{11}) \rightarrow (C_6H_{10}O_5)n + n(C_6H_{12}O_6)$$ (در نیشکر)

ساکارز دکستران فروکتوز

با استفاده از ایزوتوپ رادیواکتیو $C_{14}$ شناخته شده است که باعث به وجود آمدن دکستران یک گلوکز تحریک شده است که هم می تواند با آب ترکیب شود و مولکول گلوکز پایدار بسازد و هم به مولکول در حال رشد دکستران وصل شود و آن را بزرگ کند.

از باکتری های دیگری که اغلب در شربت کارخانجات قند یافت می شود باکتری با سیلوس سوبتیلیس است که از ساکارز یک مولکول طویل پلی ساکارید فروکتوز بنام لوان طبق فرمول زیر می سازد.

$$n\,(C_{12}H_{22}O_{11}) \rightarrow (C_6H_{10}O_5)n + (C_6H_{12}O_6)$$ (در چغندر قند)

ساکارز لوان گلوکز

1- Leuconostoc mesenteriodes

در این گونه واکنش ها که مواد درشت مولکول ساخته می شود بـه غیـر از اجـزای سـازنده درشـت مولکـول مثـل گلـوکز و فروکتوز، مواد دیگری نیز مانند اسید اوروئیک و مانوز یافت شده است.

پلی ساکاریدهای درشت مولکول و همچنین حجیم (لزج) که در چغندرهای یخ زده دیده می شوند از تأثیر بـاکتری هـا روی ساکارز به وجود می آیند و ممکن است در جریان تصفیه شربت در صافی ها ایجاد مشکل نمایند. در نهایـت بایـد ذکـر کرد که هر چه چغندر قند رطوبت بیشتری از دست دهد به همان نسبت فعالیت آنزیم انورتاز بیشتر شده و ساکارز بیـشتری را هیدرولیز می نمایند. لازم به ذکـر اسـت کـه در شـربت هـای غلـیظ بـا بـریکس بـیش از ۷۲ درجـه فقـط مخمـر زایگـو ساکارومایسس می تواند در سطح آن ها فعالیت داشته باشد.

## اینورت

اینورت حاصل از شکسته شدن ساکارز می‌باشد و از گلوکز و فروکتوز تشکیل شده است و شیرینی اینورت از سـاکارز بیـشتر می‌باشد ولی حلالیت زیادی دارد از اینرو کریستالیزه نمی شود به همین جهت ارزش تکنولوژیکی در صنعت قند نـدارد ولـی در صنایع غلات به دلیل خوش‌رنگ کردن محصول، به تأخیر انداختن بیاتی، کاهش مصرف شکر بسیار کاربرد دارد.

مقدار اینورت در چغندر قند سالم ۰/۱ درصد نسبت به وزن چغندر قند است، هر چه چغندر قند مدت زمان بیشتری در سیلو نگهداری شود، مقدار اینورت بیشتری نیز تولید می شود.

📖 **نکته:** مهمترین آنزیم در صنعت قند، آنزیم انورتاز می باشد.

### اثر اسیدها بر اینورت

اینورت در برابر اسید نسبتاً مقاوم است ولی اگر اسید قوی باشد در این صورت اینورت تبدیل به هیدروکسی متیل فورفورال[1] (HMF) می گردد و چون هیدروکسی متیل فورفورال پایدار نمی باشد لذا تبدیل به اسید لوولوینک و اسید فرمیک می شود.

ساکارز به دلیل غیر احیا بودن قادر نیست با اسیدهای آمینه خصوصاً آسپارژین و گلوتامین تولید ملانوئیـدین (رنگدانـه حاصل از واکنش قهوه ای شدن میلارد) نماید ولی قند اینورت با اسیدهای آمینهٔ فوق تولید ملانوئیدین می نماید. در صنعت قند سعی بر این است که از تشکیل شدن رنگ ملانوئیدین جلوگیری به عمل آید.

### رافینوز

تری ساکاریدی است که مقدار آن در چغندر قند ۰/۵-۰/۳ درصد نسبت به مادهٔ خشک می باشد. در اثر نگهداری چغندر قند در سیلو این مقدار تا ۲ برابر و حتی بیشتر افزایش می یابد. رافینوز در الکل متیلیک بـه خـوبی محلـول اسـت ولـی سـاکارز محلول نمی باشد، از این خاصیت برای جداسازی رافینوز از ساکارز استفاده می نمایند. رافینوز قادر است صفحهٔ نور پلاریـزه را ۱/۸۵ برابر بیشتر از ساکارز منحرف نماید. رافینوز تمامی مراحل قندسازی را طی کرده و قـسمت کمـی از آن تبـدیل بـه کریستال های سنجاقی شکل شده و بقیه آن وارد ملاس می‌شود. وجود رافینوز در چغندر قند سبب افزایش عدد نـشان داده شده توسط پلاریمتر می شود. این قند در نیشکر وجود ندارد و وجود آن در چغندر سبب افـزایش ویـسکوزیته پخـت ۳ مـی شود. به همین علت گاهی اوقات در هنگام سانتریفوژ کردن به علت افزایش ویسکوزیته جداسازی کریستال هـا از مـلاس بـا مشکل مواجه می‌شود. در نهایت این که وجود رافینوز در کارخانجاتی که سیستم قندگیری از ملاس را دارند مشکل‌زا بوده و

1- Hydroxy methyl forfurall