بسم الله الرحمن الرحیم

۲۱۴

دو ماهنامهٔ کشاورزی
صنعتی، اقتصادی
چغندرقند و نیشکر
سال سی‌وششم،
شماره ۲۱۴،
آذر و دی ۱۳۹۱

تهران، میدان دکتر فاطمی
خیابان شهید کمنام، شماره ۱۴
تلفن: ۸۸۹۶۵۷۱۵ – ۸۸۹۶۹۹۰۳
فاکس: ۸۸۹۶۹۰۵۵

صاحب امتیاز:
انجمن صنایع قندوشکر ایران

ناشر:
انجمن صنایع قندوشکر ایران

مدیر مسؤول:
علیرضا اشرف

سردبیر:
سیدمحمود کم‌گویان

هیأت تحریریه:
بهمن دانایی
محمدباقر باقرزاده
اسدالله موقری‌پور، غلامعباس بهمنی
حسن حمدی، عزت‌الله رضایی عراقی
رضا شیخ‌الاسلامی، سیدیعقوب صادقیان
ایرج علیمرادی، کاوه مختاری
و
محمدصادق جنان‌صفت

تصحیح:
زهره بابایی

امور فنی:
سعید رستمی

مسؤول وب‌سایت:
محمدرضا عبدوس

لیتوگرافی و چاپ:
ایران‌مصور

info@ISFS.ir
www.ISFS.ir

دراین شماره می‌خوانید:

سرمقاله / ۳ راز کامیابی بخش خصوصی ۲
عملکرد مواد خشک و شکر به‌عنوان شاخص عملکرد بیوگاز چغندرقند ۳
معرفی رابطه درجه چهارم یاراحمدی برای خط اشباع حلالیت ساکاروز در آب ۱۱
دستیابی اوکراین به رکوردهایی در بهره‌برداری ۲۰۱۱ ۱۷
استفاده از ضایعات تخمیری تولید بیوگاز برای چغندرقند ... ۲۰
صد سال شکر سوئیسی در آربرگ ۲۳
طرحی جدید و قابل اطمینان برای احیاء رزین‌های تبادل یونی رنگبری ۲۹

❖ کلیه کارشناسان و صاحب‌نظران می‌توانند مقالات خود را در مجله صنایع قند به‌چاپ برسانند.
❖ حق ویرایش، حذف و اصلاح مطالب برای مجله محفوظ است.
❖ مقالات ارسالی به‌هیچ‌وجه مسترد نخواهد شد.
❖ مطالب مطرح شده در مقالات بیانگر نظرات نویسنده و مترجمان است.

یادداشت

۳ راز کامیابی بخش خصوصی

محمدصادق جنان‌صفت

نهاد دولت در همه جامعه‌ها و با هر میزان از نهادینه شـدن دموکراسی و پذیرش اصل تقسیم قدرت، تمایل دارد حداکثر انواع قدرت موجود در جامعه را در اختیار بگیرد تا با استفاده از تمرکز بالا، اهداف و برنامه‌هایش را جامه‌عمل بپوشاند.

بـا توجه به اینکه منابـع و اندازه قدرت موجود در جامعه‌ها عموما در دوره‌های کوتاه‌مدت رشـد قابل‌اعتنایی ندارند، افزایش سـهم قدرت نهـاد دولت در کوتاه‌مدت به معنای کاهش سـهم نهادهای مدنی (احزاب، شهروندان و بنگاه‌ها) است. دولت مستقر در ایران نیز در حال حاضر از این قاعده مسـتثنی نیست و همه نیروی تبلیغاتی، فنی، اقتصادی و سیاسـی خود را برای افزایش سهم خود از قدرت موجود به کار گرفته است.

دولت مستقر در ماه‌های اخیر چند حرکت مشخص در مسیر یادشده را نشان داده است. یک اقدام محسوس دولت در این راه، ناکام کردن بخش خصوصی در نهادینه کردن «شورای گفت‌وگوی بخش خصوصی و دولت» است. دولت برخلاف نص صریح قانون برنامه پنجم توسعه که ۸ وزیر را موظف کرده است در نشست‌های این شورا حاضر شوند، از این کار امتناع می‌کند. علاوه‌بر این، دولت دهم هنوز حاضر نشده است قانون بهبود مستمر فضای کسب‌وکار را که مهر تایید شورای نگهبان را نیز دارد اجرا کند و به تعهدات مندرج در این قانون تن دهد. همچنین در چند ماه سپری‌شده با صدور ده‌ها بخشنامه ارزی و تجاری، آرامش برنامه‌ریزی از فعالان اقتصادی کشـور سلب شده‌است. فشار شدید برای قیمت‌گذاری ارز حاصل از صادرات بخش خصوصی و سـدگذاری برای فعالیت صادرکنندگان با هدف وادار کردن بخش خصوصی به فروش ارز براساس قیمت دستوری از دیگر تنگناهایی است که برای بخش خصوصی ایجاد شـده است. ازسوی دیگر، با امساک و اجتناب از دادن آمار تحولات شاخص‌های کلان اقتصادی، نهادهای خصوصی در بی‌خبری نگه داشته شده‌اند. در کنار اینها، زمزمه‌هایی مبنی‌بر اینکه حـزب ثروتمندان در برابر دولت ایسـتادگی می‌کنند نیز شـنیده می‌شـود که خطرات اجتماعی آن بر هیچ‌کس پوشیده نیست. در این وضعیت بخش خصوصی چه باید کند؟ چند راهکار در ذیل پیشنهاد می‌شود:

۱. بخش خصوصی ایران اکنون در موقعیت بسـیار مناسبی بـرای اثبات توانایی‌های ذاتی خود در برابر نهاد دولت قرار دارد. کاهش قدرت ارزآوری دولت از راه فروش نفت خام و اتکای این نهاد به درآمـد ارزی حاصل از صادرات بخش خصوصی از طرف دیگر یک واقعیت تمام عیار از ادعای یاد شده است. نهاد دولت با کاهش درآمد نفت چاره‌ای جز اتکای بیشتر به نهادهای خصوصی (خانواده و بنگاه‌ها) ندارد تا از طریق مالیات‌گیری، اداره کشور را ممکن سازد. بخش خصوصی ایران باید این موضوع را درک کرده و در شـناخت موقعیت تازه‌اش تلاش کنـد و این را به باورهای خویش بیفزاید. روزگاری که نهاد دولت به جلب نهادهای خصوصی نیازی نداشت دست کم الان سپری شده است.

۲. نقطه ضعف و پاشـنه آشیل نهادهای مدنی ایران به ویژه بنگاه‌ها در همه دهه‌های اخیر عدم توجه به تبدیل قدرت اسـت. نهادهـای خصوصـی ایران در تبدیل قـدرت اقتصادی به قدرت اجتماعی و قدرت فرهنگی و سیاسی، ضعف مفرط دارند. به این معنی که اندازه قدرت خود را در برابر اندازه قدرت نهاد دولت ناچیز پنداشته و هرگز در مسیر تبدیل قدرت قرار نگرفته‌اند. این ضعف بخش خصوصی می‌تواند با توجه دقیق و دلسـوزانه به دو نیروی «رسـانه» و «کارشناسی» برطرف شـود. بخش خصوصی ایران باید در یک اقدام مبتنی بر حفظ و گسترش منافع جمعی و ملی رسانه‌های خود را داشته باشد یا از رسانه‌های هم مسیر به صورت جدی حمایت کند. تا زمانی که هزینه‌های رسـانه‌های دیداری و شنیداری توسط نهادهای غیرخصوصی تامین می‌شود، آنها چیزی را به شـهروندان منتقل می‌کنند که نهاد دولت می‌خواهد. خالی بودن دسـت بخش خصوصی از برنامه‌ریزی مسـتقل و مبتنی بر شناخت دقیق از توانایی‌ها و خواست‌های خود در ده‌ها شبکه رادیو و تلویزیونی باید روزی برطرف شود. همچنین، نهاد خصوصی در ایران در همکاری و اسـتفاده از نیروی کارشناسـی در حوزه‌های گوناگـون از جملـه اقتصاد برای مهیا کردن برنامه‌های توسـعه، تاسـیس نهادهای مؤثر مثل سازمان آمارگیری و مطالعات کلان گام‌های کوچکی برداشته است که باید تعمیق شود.

۳. قدرت خصوصی برای اینکه در آینده موقعیت مناسبی در توازن قوا با نهاد دولت داشـته باشـد علاوه بر اینکه باید نیروی رسانه‌ای خود را داشته باشد، توجه داشته باشد که انسجام درونی خویش را در شـرایط بسیار مناسـب‌تری قرار دهد. واقعیت این اسـت که در حال حاضر بخش خصوصی ایران با وجود تأسـیس صدها انجمن، کانون، سندیکا، اتحادیه و... در صنعت، بازرگانی و اصناف، اما به‌لحاظ داشـتن ذهنیت دارای افتراق و چند دستگی قابل‌تأملی اسـت. به این معنی که تولید با تجارت تعارض دارد، صادرات با واردات تعارض دارد، بانکداری با صنعت مشـکل دارد و... تا زمانی که بخش خصوصی ایران به این مرحله از بلوغ نرسد کـه به‌مثابه یک کل واحد بایـد در برابر نهاد دولت قرار گرفته و از منافـع خـود البته در چارچوب منافع ملی دفاع کند، به دولت فرصت می‌دهد که شـکاف میان آن‌ها را گسترده‌تر از پیش کند. شرط کامیابی نهایی بخش خصوصی این است که وحدت ذهنی داشته باشد.

عملکرد مواد خشک و شکر به‌عنوان شاخص عملکرد بیوگاز چغندرقند

نویسندگان: کریستین هافمن، فیلیپ استارک، برنوارد مارلاندر
ترجمه : دکتر رضا شیخ‌الاسلامی
Sugar Industry 2012/8

کلید واژه: عملکرد بیوگاز، برگ‌زدن، چغندر علوفه‌ای، کود نیتراته، مواد خشک آلی، واریته، عملکرد مواد یا جرم خشک، عملکرد شکر، چغندرقند

چغندرقند در تأسیسات بیوگاز به‌خوبی قابل تخمیر است. اگرچه روشن نیست با چه فاکتورهایی عملکرد بیوگاز در یک آزمایش بچ (Batch) را می‌توان تخمین زد. هدف این تحقیقات نشان دادن همبستگی بین جرم جامد و عملکرد بیوگاز و تعیین شاخص برای تخمین عملکرد بیوگاز بوده است. در این راستا چغندرهایی با بذور مختلف، کوددهی و مناطق کشت مختلف در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ مورد آزمایش قرار گرفتند و همبستگی بین مواد خشک‌آلی و عملکرد بیوگاز آنها تعیین شد. عملکرد بیوگاز در کیلوگرم مواد خشک آلی بین ارقام مختلف تفاوتی ندارد. میزان خاکستر خام ۲ درصد کمتر از ارقامی است که تاکنون اعلام شده‌اند. این درحالی است که میزان مواد خشک‌آلی بالاتر بود. علاوه بر این یک رابطه نزدیک بین عملکرد بیوگاز و عملکرد مواد خشک چغندرقند و همچنین عملکرد شکر تعیین شد. بنابراین ارقام با عملکرد شکر بالا بهترین نوع چغندر برای تولید بیوگاز است. در آزمایش‌های بی‌شماری در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ یک همبستگی خطی بین مواد خشک چغندر و عملکرد شکر (r^2=۰/۹۹) تعیین شد. از آنجایی‌که ترکیب موادخشک چغندرهای قندی و علوفه‌ای از دامنه یک تا ۲۳ تن در هکتار شکر به‌ندرت با یکدیگر تفاوت دارند. عملکرد مواد خشک و عملکرد بیوگاز احتمالاً برای سایر واریته‌های مختلف چغندر را می‌توان طبق این فرمول تخمین زد.

۱. مقدمه

از زمان ظهور EEG (Erneuerbare-Energien Gesetz) (منابع انرژی تجدیدپذیر) در سال ۲۰۰۹ علاوه بر موادخام دیگر تا حد زیادی چغندرقند به‌عنوان مواداولیه برای تولید بیوگاز موردتوجه قرار گرفته است. از آنجایی‌که از چغندرقند درگذشته به‌ندرت در واحدهای بیوگاز استفاده می‌شده است، می‌توان اطلاعات و آمار قابل‌اطمینان در رابطه با خواص تخمیری آن به‌دست آورد. بنابراین در رابطه با چگونگی روند زمانی تبدیل و عملکرد بیوگاز ویژه به‌سختی قابل تخمین است و از طرف دیگر هیچ‌گونه ارقامی در مورد عملکرد بیوگاز در واحد سطح وجود ندارد. تخمین راندمان گاز در واحدهای بیوگاز فقط بر مبنای ارقام تجربی تاکنون انجام شده است. سطح زیر کشت هم برای تأمین مواداولیه بر مبنای ارقام تجربی در طرح‌های موردنظر بوده است. علاوه بر این برای این‌که واریته مناسب را بتوان انتخاب کرد و تمهیدات کشت مثل کوددهی نیتراته را به‌خوبی اعمال کرد، لازم است اطلاعات مورد قبولی در اختیار باشد. درحالی‌که هیچ‌گونه ارقامی وجود نداشته باشد، عملکرد بیوگاز مواد اولیه مختلف به‌طور تئوری باید تخمین زده شود. زمینه این فکر در این نهفته است که عملکرد بیوگاز و متان یک ماده اولیه به‌وسیله ترکیبات تغذیه‌ای خام مثل مقدار پروتئین، چربی و کربوهیدرات و همچنین درجه هضم این گروه مواد تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد. مجموعاً این موادخام مبین مواد خشک‌آلی است که طی فرایندی به‌وسیله میکروارگانیسم‌ها می‌توانند تبدیل شوند. بنابراین باید مقدار خاکستر خام غیرقابل تبدیل را از جرم ماده خشک کم کرد. در منابع ارقامی تا ۱۰ درصد خاکستر خام برای چغندرقند اعلام شده است.

برای این‌که واریته مناسب را بتوان انتخاب کرد و تمهیدات کشت مثل کوددهی نیتراته را به‌خوبی اعمال کرد، لازم است اطلاعات مورد قبولی در اختیار باشد. درحالی‌که هیچ‌گونه ارقامی وجود نداشته باشد، عملکرد بیوگاز مواد اولیه مختلف به‌طور تئوری باید تخمین زده شود

در مقابل برای ذرت سیلوشده فقط ۶-۴ درصد ارائه شده است و برای مخلوط چوب و ذرت (CCM) حتی فقط ۲ درصد. البته این سؤال هم مطرح است که آیا خاکسترخام چغندرقند واقعاً دو برابر ذرت است؟ درحالی‌که برای ذرت نتایج آزمایش‌های بی‌شماری در اختیار می‌باشد، برای چغندرقند فقط چند نتیجه جدید وجود داد. بنابراین ضرورت دارد که ترکیبات چغندرقند با هدف تخمیر مورد بررسی قرار گیرد.

در رابطه با انتخاب نوع بذر چغندرقند برای تولید شکر، عملکرد شکر سفید (خالص) موردتوجه قرار می‌گیرد. این یک عددی است قابل محاسبه از عملکرد چغندر، عیار و کیفیت کاربری که بر مبنای ضایعات استاندارد قندی ملاس تعیین می‌گردد. برای مصرف چغندرقند در فرایند تخمیر تاکنون اطلاعاتی در دست نیست که بذور چه خصوصیاتی باید داشته باشند تا عملکرد بیوگاز بالا باشد. البته غالباً سخن از چغندر انرژی در محافل شنیده می‌شود ولی بیان نمی‌شود که طبق کدام شاخصه این چغندرها با چغندرهای معمولی برای تولید شکر تفاوت دارند.

در فرایند تخمیر ضوابط کیفیت برای تولید شکر که به‌وسیله ضایعات قندی ملاس تعیین می‌گردد، رل چندانی بازی نمی‌کنند. نتایج تحقیقات (Hoffmann و Starke) در سال ۲۰۱۱ عملکرد بیوگاز ویژه در کیلوگرم جرم خشک آلی با بذور مختلف و تیمار کودی نیتراته مختلف هیچ‌گونه تفاوتی نشان نمی‌دهند. این بدان‌معنی است که مقدار و همچنین عملکرد جرم خشک‌آلی می‌تواند شاخص مهمی برای واریته باشد. البته هیچ‌گونه اطلاعاتی در رابطه با میزان و ترکیب جرم خشک آلی چغندرقند، به‌ویژه در رابطه با اختلاف بین واریته وجود ندارد.

اگر چغندرقند در آینده برای تولید بیوگاز بیش از گذشته موردتوجه قرار گیرد. لازم است که شاخصه‌هایی بیان شود که با آن‌ها به‌سادگی بتوان ساده‌تر، دقیق‌تر و مطمئن‌تر بدون این‌که نیاز به آزمایش‌های بچ (Batch) برای تولید گاز باشد، عملکرد بیوگاز را تخمین زد. تاکنون برای واریته‌های چغندر شکر قابل‌استحصال و یا عملکرد شکر سفید را تعیین می‌کنند. برای چغندرهای بیوگاز باید تحقیق شود، کدام پارامتر همبستگی نزدیکی با عملکرد بیوگاز نشان می‌دهد و آیا این پارامتر با مشخصه‌های روزانه و روال عادی همبستگی دارد؟

هدف آزمایش‌ها تحقیق درباره واریته‌های مختلف با عملکرد و کیفیت متفاوت است. همچنین کدام تیمار واریته‌های چغندر برای استحصال بیوگاز بیشتر مناسب است. بنابراین معیاری باید تعیین شود که با آن به‌سادگی و با اطمینان عملکرد بیوگاز تخمین زده شود. این می‌تواند برای انتخاب واریته و همچنین برآورد اقتصادی بودن فرایند بیوگاز به‌کار آید.

۲. مواد و روش

۲-۱. آزمایش‌های مزرعه

در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ آزمایش‌های مزرعه در Regensburg و Göttingen روی زمین‌های رسی و رقم زراعی ۷۵ تا ۸۵ به‌صورت بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. فاکتور آزمایشی واریته و کود ازته می‌باشد. در آزمایش I، دو واریته بذر چغندرقند یکی قندی و دیگری عملکردی بود. سومین بذر علوفه‌ای و مقاوم به ریزومانیا بود. آزمایش II، شامل چهار نوع بذر با تیپ‌های مختلف (قندی و عملکردی) بود. کود ازته در آزمایش I در مقادیر مختلف (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ kgN/ha) مصرف شد. در آزمایش II این مقادیر (۰، ۱۵۰، ۳۰۰ Kg/ha) استفاده شد.

آزمایش‌ها در تناوب بعد از گندم زمستانه انجام گرفت. هر واحد آزمایشی شامل شش ردیف و مجموعاً ۲۱/۶ مترمربع. در مرحله ۴ تا ۶ برگی‌تنک و وجین دستی براساس تراکم بوته، ۹۶۰۰۰ بوته در هکتار انجام شد. کود ازته بعد از کشت باتوجه به حداقل کود ازته در ماه مارس با کود KAS (آهک و نیترات آمونیوم) انجام شد. به‌منظور جلوگیری از صدمه در اثر نمک از مقادیر کود ازته ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به بالا کوددهی در چند مرحله انجام گرفت. کوددهی مرحله دوم در مرحله ۴ تا۶ برگی انجام شد. برای اینکه مزرعه عاری از امراض و علف‌های هرز باشد، کلیه تمهیدات مبارزه طبق عرف منطقه انجام گرفت.

۲-۲. برداشت و آنالیز

برای حذف اثر حاشیه در هر قطعه از وسط (۳ ردیف از شش ردیف) برداشت دستی انجام شد. ریشه و برگ از زیر قسمت سبزینه برگ‌ها جدا گردید، به‌طوری‌که برگ شامل سرچغندر و برگ‌ها بود. عملکرد جرم تازه در چغندرهای کاملاً رشد یافته تعیین شد.

با تعیین مقدار جرم خشک (خشک کردن مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد) می‌توان عملکرد جرم خشک ریشه و برگ‌ها را محاسبه کرد. برای این کاربرگ‌ها ریز و یکدست شدند. ریشه‌ها با استفاده از اره تبدیل به خمیر شدند که برای آنالیز کیفیت و آزمایش‌های تخمیر مورد استفاده قرار گرفت. عیار با استفاده از سولفات آلومینیوم، روش پلاریمتری تعیین شد. ترکیب ریشه و

برگ به‌وسیله آنالیز علوفه شیمی تر با نمونه‌های یکدست شده مشخص شد.

در این آنالیز مقدار جرم خشک، مقدار موادغذایی خام (خاکسترخام، چربی‌خام، پروتئین‌خام و الیاف‌خام) تعیین شد. پس از سوزاندن جرم خشک در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد باقیمانده مواد معدنی (خاکسترخام) است.

مقدار جرم خشک‌آلی را به‌وسیله کم کردن مقدار خاکسترخام از مقدار جرم‌خشک محاسبه می‌کنند. مقدار پروتئین خام به روش کجلدال تعیین شد. الیاف خام مواد نامحلولی را که بعد از تأثیر اسید و قلیایی رقیق باقی می‌ماند، دربرمی‌گیرد. با استفاده از دی‌متیل‌اتر چربی‌خام، استخراج می‌شود. مقدار مواد بدون ازت نیز از طریق کم‌کردن چربی‌خام، پروتئین‌خام و الیاف‌خام از موادآلی محاسبه می‌گردد، البته شامل شکر هم می‌شود. توان تولید گاز از ریشه و برگ در آزمایش‌های تخمیری طبق استاندارد آلمان در مدت ۲۱ روز در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. مخزن تخمیر ظرفیتی برابر ۱۰۰۰ میلی‌لیتر و از جنس شیشه بود. ۵۰ گرم نمونه تازه و همچنین مواد تزریقی از آب‌پرس تأسیسات کشاورزی به مخزن اضافه شد. از هر نمونه ۳ تجزیه انجام شد. عملکرد گاز روزانه تعیین گردید.

۳-۲. تبدیل عملکرد شکر به مواد و یا جرم خشک

برای تعیین فرمول تبدیل عملکرد شکر به جرم خشک ریشه از نتایج به‌دست آمده از ۸ سری آزمایش توسط Institut Für Zückerrüben for schung IFZ از سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ با فاکتورهای مختلف استفاده شد. همه آزمایش‌ها از آزمایش‌های مزرعه کامل با ۴ تکرار همان‌طوری‌که در بالا شرح آن رفت تشکیل یافته بود. فرمول به‌صورت رگرسیون خطی y=bx+a در نظر گرفته شد. به‌منظور اعتبار فرمول رگرسیون از نتایج آزمایش‌های واریته بیوجرم با ۱۴ واریته در ۸ منطقه در سال ۲۰۰۸ و همچنین ۱۶ واریته در ۵ منطقه در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ استفاده شد. از نظر ژنتیکی بذور استفاده شده نه‌تنها از واریته‌های تجارتی معمول در آلمان بلکه از واریته‌های سایر مؤسسات اصلاح بذر بود. در این ارقام کیفیت بهره‌برداری مهم نبود و فقط معیار انتخاب جرم بیو بالای آن‌ها بود. علاوه بر این از یک نوع بذر علوفه‌ای نیز استفاده شد.

۴-۲. ارزیابی آماری

ارزیابی آماری با برنامه SAS9/2 انجام گرفت. بعد از آزمون تقسیمات نرمال آنالیز واریانس (GLM) طبق مقایسه میانگین (REGW) انجام گرفت. حد احتمال:

$a \leq 0.05$ *

$a \leq 0.01$ **

$a \leq 0.001$ ***

معنی‌دار نیست n.s.

رابطه رگرسیون $y = bx + a$ با برنامه Sigma Plot برآورد و با احتمال ۹۵ درصد نتایج را پیش‌گویی کرد.

۳. نتایج

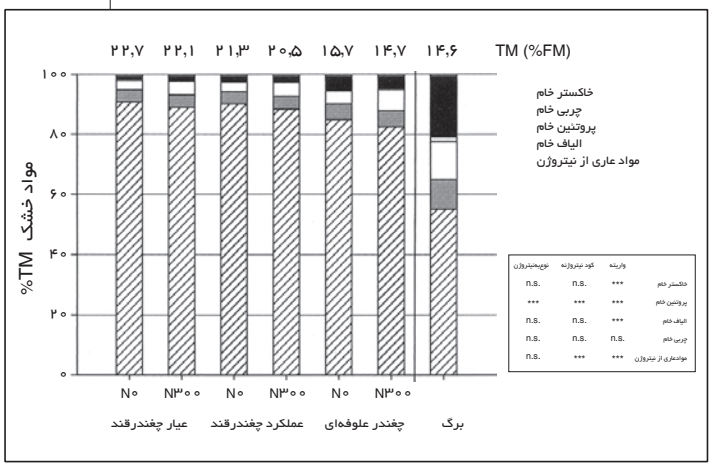
۱-۳. ترکیبات و راندمان بیوگاز

جرم خشک چغندرقند ۹۰ درصد از مواد بدون ازت عصاره (NfE) و مقادیر کمی الیاف خام، پروتئین‌خام و خاکسترخام تشکیل یافته است. سهم چربی‌خام حدود ۰/۳ درصد و کمتر است.(شکل ۱)

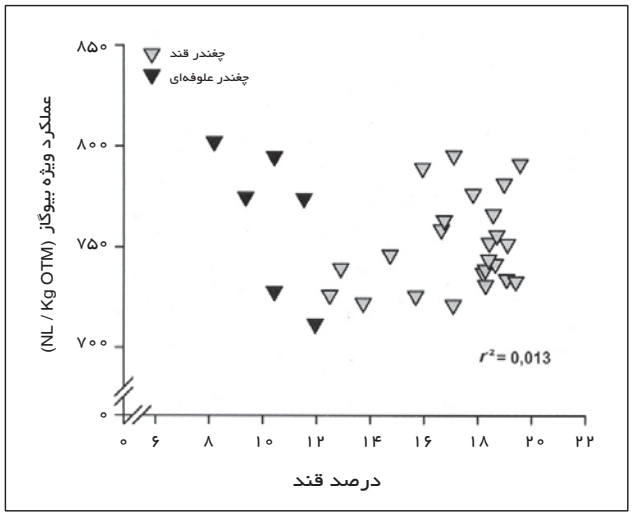
در اینجا اختلاف معنی‌داری بین دو نوع چغندرقند وجود نداشت. در مقایسه چغندر علوفه‌ای دارای چربی‌خام و NfE کم می‌باشد و در مقابل غلظت الیاف‌خام، خاکسترخام و پروتئین‌خام به‌طور معنی‌داری بالا است. افزایش کود ازته منجر به افزایش پروتئین‌خام و کاهش سهم NfE می‌شود. ترک‌های چغندر در مقایسه با ریشه دارای خاکسترخام، پروتئین‌خام و الیاف‌خام بالاتری می‌باشد.

عملکرد بیوگاز ویژه چغندرقند و چغندر علوفه‌ای بین ۷۲۰ تا ۸۰۰ NL (لیتر اسمی) در کیلوگرم جرم خشک آلی (OTM) در نوسان بود(شکل ۲). مقدار شکر تأثیری ندارد. حتی در بررسی تک‌تک ریشه‌ها هم درصد قند بین ۱۳-۲۰ درصد در نوسان بود و هیچ رابطه‌ای بین درصد

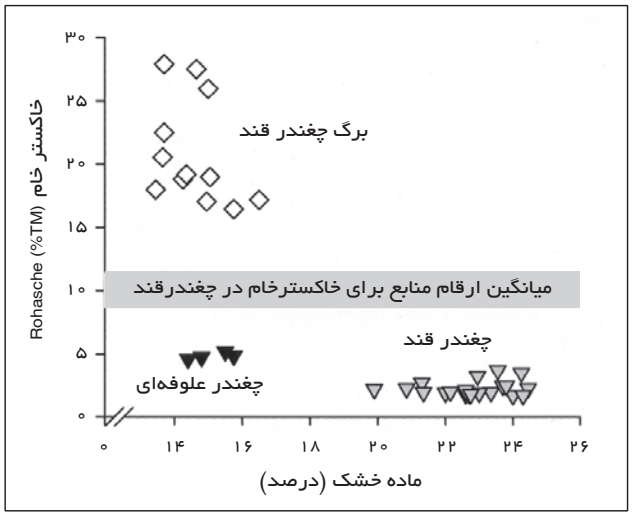
با استفاده از دی‌متیل‌اتر چربی‌خام، استخراج می‌شود. مقدار مواد بدون ازت نیز از طریق کم‌کردن چربی‌خام، پروتئین‌خام و الیاف‌خام از موادآلی محاسبه می‌گردد، البته شامل شکر هم می‌شود



شکل ۱: ترکیبات مواد خشک دو نوع چغندرقند و یک نوع چغندر علوفه‌ای در مقادیر مختلف کود نیتروژنه و همچنین برگ چغندرقند - ریشه = میانگین دو محل کشت، برگ میانگین چهار منطقه کشت، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ ارزیابی آماری مربوط به چغندرقند و علوفه‌ای است



شکل ۲: عملکرد ویژه بیوگاز چغندرقند و چغندر علوفه‌ای در رابطه با درصد قند، ۴ واریته چغندرقند یاد و مقدار کود نیتروژن، مجموعاً ۶ منطقه کشت، یک نوع چغندر علوفه‌ای با دو مقدار کود نیتروژنه در دو منطقه سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰



شکل ۳: مقدار خاکستر خام چغندرقند، چغندر علوفه‌ای و برگ چغندرقند در مقادیر مختلف ماده خشک، ۴ نوع چغندرقند، ۱ نوع چغندر علوفه‌ای، مجموعاً در ۶ منطقه کشت، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰

قند و عملکرد بیوگاز ویژه وجود ندارد. در صورتی‌که مقدار خاکسترخام را از جرم خشک کم نمایید، مقدار جرم خشک‌آلی به‌دست می‌آید. در چغندرقند مستقل از جرم خشک مقدار خاکسترخام حدود ۲ درصد تعیین شد.(شکل ۳)

در این‌جا هیچ‌گونه اختلافی بین واریته‌های مختلف و مقادیر مختلف کود ازته دیده نشده است. چغندر علوفه‌ای دارای خاکسترخام حدود ۵ درصد بود در حالی‌که برگ‌های چغندرقند به‌مراتب بیشتر و بین ۲۸-۱۶ درصد که دارای دامنه نسبتاً گسترده‌ای است نشان داد.

مهمترین پارامترها برای تخمیر چغندرقند، برگ چغندر و چغندر علوفه‌ای در (جدول ۱) جمع‌آوری شده است. چغندر علوفه‌ای و برگ چغندرقند نسبت به ریشه چغندرقند به‌مراتب مقدار کمتری جرم خشک دارند. علاوه بر این جرم خشک‌آلی بسیار کمتر است. در عملکرد ویژه بیوگاز نسبت به جرم خشک‌آلی اختلاف معنی‌دار بین چغندرقند و چغندر علوفه‌ای که حدود ۷۵۰NL/kg OTM می‌باشد، وجود ندارد.

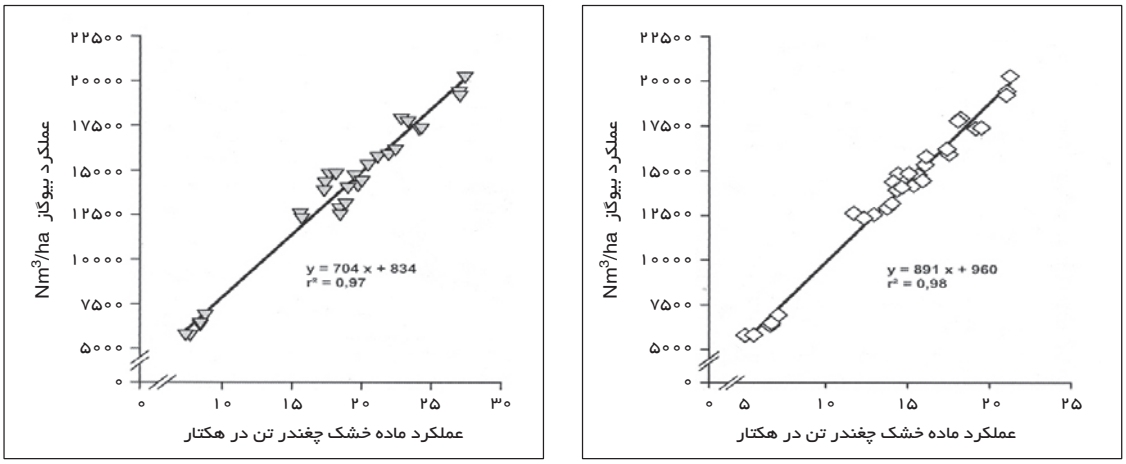
این درحالی است که این رقم برای برگ چغندرقند ۶۹۹NL/kg OTM می‌باشد. بیشترین اختلاف بین مواد در عملکرد بیوگاز ویژه نسبت به جرم تازه دیده می‌شود. چغندرقند با ۱۷۰NL/kg FM دارای عملکرد بیوگاز بیشتری نسبت به چغندر علوفه‌ای (۱۱۰NL/kg FM) و برگ چغندرقند (۸۰NL/kg FM) است. چغندر علوفه‌ای در مقابل نسبت به چغندرقند و برگ چغندر دارای مقادیر کمتری متان می‌باشد.

شکل ۴: اثر کود نیتروژنه روی عملکرد ماده خشک چغندرقند (RF, ZR-E, ZR-Z) میانگین در منطقه کشت

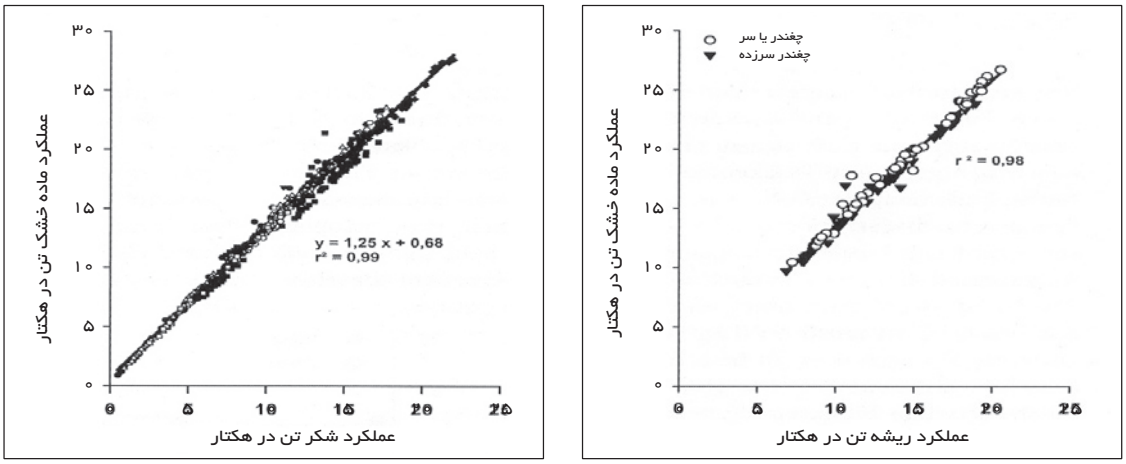
جدول ۱: مقدار ماده خشک، ماده خشک آلی، عملکرد ویژه بیوگاز، مقدار گاز متان چغندرقند، چغندرعلوفه‌ای و برگ چغندرقند، میانگین ۴ واریته با ۲ مقدار نیتروژن در مجموع ۶ منطقه کشت، یک نوع چغندر علوفه‌ای با دو مقدار کود نیتروژن در دو منطقه، برگ چغندرقند، دو واریته چغندرقند، دو مقدار کود نیتروژن در ۴ منطقه کشت ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰

	TM ٪FM	oTM ٪TM	oTM ٪FM	عملکرد بیوگاز NL Kg^{-1} oTM	عملکردبیوگاز NL Kg^{-1} TM	عملکردبیوگاز NL Kg^{-1} FM	مقدار گاز متان ٪
چغندر قند	۲۲,۵	۹۷,۸	۲۲,۰	۷۵۵	۷۳۸	۱۶۶	۵۳,۴
چغندر علوفه‌ای	۱۵,۲	۹۵,۰	۱۴,۴	۷۵۲	۷۱۴	۱۰۹	۴۶,۷
برگ چغندر	۱۴,۶	۷۹,۲	۱۱,۶	۶۹۹	۵۵۴	۸۱	۵۵,۹

TM = ماده خشک، FM = جرم تازه، ماده خشک آلی، NL = نرم لیتر در فشار ۱/۰۱۳۲۵ بار و دمای صفر درجه سانتی‌گراد (DIN-1343)



شکل ۵: همبستگی بین عملکرد بیوگاز و عملکرد ماده خشک چغندر (چپ) و عملکرد شکر (راست) چغندر قند و چغندر علوفه‌ای، ۶ منطقه، ۴ نوع بذر چغندرقند و یک نوع چغندر علوفه‌ای، ۲ مقدار کود نیتروژنه، ۲ تاریخ برداشت، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰



شکل ۶: همبستگی بین عملکرد ماده خشک و عملکرد شکر در ۸ سری آزمایش، ۵۷۶ = n، ۲۰۱۰ - ۲۰۰۰ (چپ) و چغندرهای برگ‌زده و سرزده، ۹ واریته، ۴ محل کشت ۲ تاریخ برداشت، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ (راست)

۲-۳. عملکرد جرم خشک

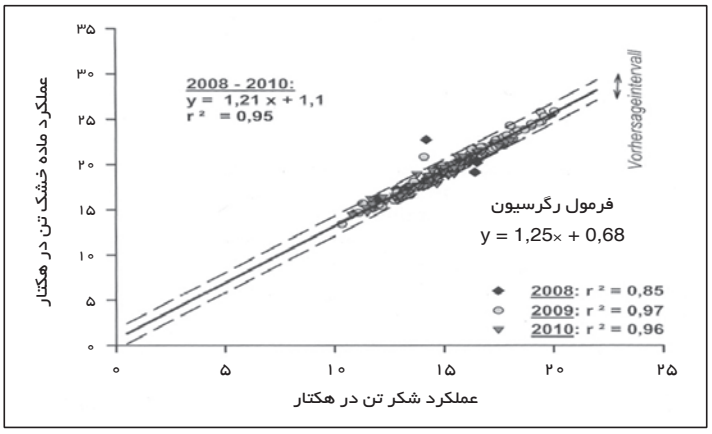
عملکرد جرم خشک چغندر به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر کود ازته قرار ندارد (شکل ۴). در مقابل با افزایش مقادیر کود ازته عملکرد جرم‌خشک، برگ افزایش می‌یابد. در این رابطه عملکرد جرم خشک کل هم تا اندازه‌ای تحت‌تأثیر کود قرار می‌گیرد ولی تأثیر آن معنی‌دار نیست. اختلاف معنی‌دار بین ارقام مختلف می‌تواند بدین جهت باشد که چغندر علوفه‌ای نسبت به دو نوع بذر دیگر در مقادیر مختلف کود ازته عملکرد کمتری نشان می‌دهد. اثر متقابل بین نوع بذر و کود ازته دیده نشد.

اختلاف معنی‌دار بین ارقام مختلف می‌تواند بدین جهت باشد که چغندر علوفه‌ای نسبت به دو نوع بذر دیگر در مقادیر مختلف کود ازته عملکرد کمتری نشان می‌دهد. اثر متقابل بین نوع بذر و کود ازته دیده نشد

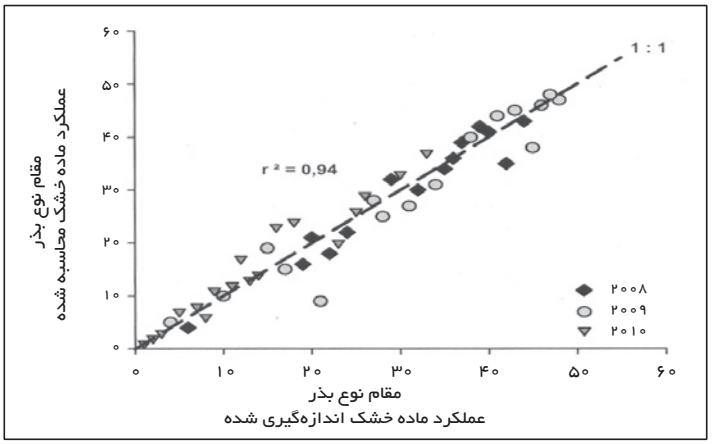
جدول ۲: ضرایب همبستگی بین عملکرد ماده خشک چغندر و عملکرد شکر چغندرهایی که در سری آزمایش‌ها بودند، رگرسیون خطی، a + عملکرد شکر bx = (عملکرد ریشه) TM

موضوع	سال	فاکتورهای تغییر	n	a	b	r^2
عملکرد	۲۰۰۰-۲۰۰۱	۲۷ شرایط، ۵ تاریخ برداشت	۱۳۱	۰,۵	۱,۳۰	۰,۹۹
استرس خشکی	۲۰۰۲-۲۰۰۳	۱۰ شرایط (با و بدون بارندگی، ۴ واریته، ۴ تاریخ برداشت)	۱۵۸	۰,۴	۱,۳۰	۰,۹۹
توسعه آفات	۲۰۰۲-۲۰۰۳	۴ شرایط، ۲ واریته، ۳ تاریخ برداشت	۲۴	۰,۹	۱,۲۵	۰,۹۸
مارک	۲۰۰۶-۲۰۰۷	۶ شرایط، ۶ واریته، ۲ تاریخ برداشت	۷۲	۰,۱	۱,۳۰	۰,۹۹
زمان کشت	۲۰۰۶-۲۰۰۷	۴ شرایط، ۳ واریته	۲۴	۰,۵	۱,۲۶	۰,۹۹
بیوگاز کود نیتروژنه	۲۰۰۰-۲۰۱۰	۶ شرایط، ۳ واریته (یک واریته علوفه‌ای)، ۴ کود نیتروژنه،۲ تاریخ برداشت	۱۱۸	۰,۹	۱,۱۸	۰,۹۸
بیوگاز واریته	۲۰۰۰-۲۰۱۰	۴ شرایط، ۴ واریته، ۳ کود نیتروژنه	۴۸	۰,۰	۱,۲۷	۰,۹۹
برگ زدن	۲۰۰۰-۲۰۱۰	۴ شرایط، ۹ واریته، ۲ تاریخ برداشت	۵۴	۱,۳	۱,۲۳	۰,۹۸
همه ارقام	۲۰۰۰-۲۰۱۰		۶۲۹	۰,۶۸	۱,۲۵	۰,۹۹

تعداد نتایج = n، ضریب ثابت = a، شیب = b، ضریب همبستگی r^2



شکل ۷: همبستگی بین عملکرد ماده خشک و عملکرد شکر در بذور مختلف، ۰/۶۸ + عملکردشکر ۱/۲۵ = عملکرد ماده خشک TM، آزمایش‌های بیوماس مختلف با بذور مختلف در مجموع ۱۸ شرایط ۲۰۱۰ - ۲۰۰۸



شکل ۸: مقام نوع بذر وقتی‌که عملکرد ماده خشک چغندر اندازه‌گیری و یا طبق فرمول محاسبه شود، آزمایش‌های بیوماس سال‌های ۲۰۱۰ - ۲۰۰۸

۳-۳. روابط مربوط به عملکرد بیوگاز

عملکرد جرم خشک چغندر به ۲۷ تن TM در هکتار رسید (شکل ۵، چپ). از این‌رو عملکرد بیوگاز منجر به ۲۰۰۰۰ Nm^3/ha شده است. رابطه نزدیکی بین عملکرد بیوگاز و عملکرد جرم خشک چغندر دیده می‌شود. علاوه بر این رابطه نزدیکی هم بین عملکرد بیوگاز و عملکرد شکر وجود دارد. (شکل ۵ راست)

۴-۳. تبدیل عملکرد قندی ZE به عملکرد جرم خشک TM

برای این‌که رابطه‌ای معتبر بین عملکرد جرم خشک چغندر و عملکرد قندی چغندرقند به‌دست آید، ارقام ۸ سری آزمایش‌های انجام شده در IfZ مورد بررسی قرار گرفت. (شکل ۶، چپ). از این ارقام چنین برمی‌آید که رابطه خطی بین عملکرد جرم و عملکرد قندی در مقادیر عملکرد قندی ۱ تا ۲۳ تن در هکتار وجود دارد. در چغندرهای برگ‌زده هم یک چنین رابطه نزدیکی بین عملکرد جرم خشک و عملکرد قندی دیده می‌شود. البته با چغندرهای سرزده تفاوت دارد.(شکل ۶، راست) رابطه بین عملکرد جرم خشک چغندر و عملکرد قندی نه‌تنها در مجموع همه نتایج به‌دست آمده بلکه بین تک‌تک نتایج ضریب رگرسیون مشابهی داشتند(جدول ۲). از جمع‌بندی تمام نتایج معادله رگرسیون زیر حاصل شده است:

$$TM = 1.25 . ZE + 0.68 \; ; \; r^2 = 0.99$$

بر مبنای نتایج آزمایش‌های بیوماس ارقام در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ اعتبار رابطه رگرسیون مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های بیوماس ارقام در محدوده رابطه رگرسیون برآورد شده قرار دارند. فقط ۳ نتیجه در خارج از محدوده قرار داشت که ۲ رقم آن مربوط به سال ۲۰۰۸ بود. در این سال رابطه بین عملکرد بیوماس و عملکرد قندی نزدیکی کمتری داشتند و ضریب رگرسیون دیگری به‌دست آمد. از بررسی رابطه بین رقم و عملکرد جرم خشک در حالتی که به‌جای اندازه‌گیری، محاسبه شود (شکل ۸)، چنین برمی‌آید که ضریب همبستگی r^2 برابر ۰/۹۴ می‌شود و این دلالت بر این دارد که اگر عملکرد جرم خشک به‌جای اندازه‌گیری به‌وسیله فرمول محاسبه شود، ردیف ارقام (بذور) چندان تغییری نمی‌کند.

۴. بحث

برای ارزیابی چغندرقند برای تخمیر تاکنون هیچ معیاری بیان نشده است. علت آن نبودن اطلاعات و آمار در رابطه با مشخصه‌های فرایند تخمیر و با آن فاکتورهایی که روی عملکرد بیوگاز چغندرقند اثر می‌گذارند. هدف آزمایش‌ها در مرحله اول توسعه معیاری ساده است که به‌وسیله آن بتوان عملکرد بیوگاز چغندرقند را تخمین زد.

۹۵ درصد جرم خشک چغندرقند از مواد آلی که به‌راحتی قابل تبدیل می‌باشند، تشکیل یافته است (بخشی از الیاف، پروتئین خام، شکر = NfE). بدین علت است که تخمیر چغندرقند به‌سرعت در چند روز انجام می‌شود. ۹۰درصد بیوگاز در چهار روز تولید می‌شود. برعکس تبدیل سایر مواد که در آن‌ها سهم الیاف خام بالاتر است، به‌مراتب طولانی‌تر می‌باشد. طبق نظریه Kaiser 2007 در سیلوهای ذرت ۹۰ درصد تولید بیوگاز بعد از ۲۵-۲۰ روز انجام می‌شود. در رابطه با برگ چغندرقند هم به‌علت بالا بودن الیاف‌خام، ۹۰ درصد بیوگاز بعد از ۱۰ روز تولید می‌شود.

در جمع‌بندی در رابطه با بذور قندی و عملکردی بین دو رقم هیچ‌گونه اختلافی از نظر اقتصادی دیده نمی‌شود. افزایش کود ازته باعث افزایش مقدار پروتئین‌خام ولی روی

برای ارزیابی چغندرقند برای تخمیر تاکنون هیچ معیاری بیان نشده است. علت آن نبودن اطلاعات و آمار در رابطه با مشخصه‌های فرایند تخمیر و با آن فاکتورهایی که روی عملکرد بیوگاز چغندرقند اثر می‌گذارند

ترکیبات چغندر اثر چندانی ندارد. نتایج نشان می‌دهند که چغندرقند ترکیب ثابتی از مواد تغذیه‌خام در جرم خشک دارند و کمتر تحت‌تأثیر سایر فاکتورها قرار دارند. اختلاف بین ارقام در رابطه با عیار بین ۱۹-۱۶ درصد که برای تولید شکر از اهمیت زیادی برخوردار است، برای فرایند تخمیر بیوگاز چندان مهم نیست. علت آن این است که شکر در ترکیب مقدار جرم خشک اثر دارد ولی در ترکیب جرم خشک مؤثر نیست. بنابراین نوسانات بین ۲۰-۸ درصد شکر هیچ‌گونه رابطه‌ای با عملکرد بیوگاز ویژه در کیلوگرم OTM ندارد، اگرچه واریته‌ها در مقدار جرم خشک با یکدیگر تفاوت دارند. اختلاف به‌دست آمده در رابطه با عملکرد بیوگاز احتمالاً کم‌وبیش در اثر روش آزمایش Batch بوده و نوع مواد روی این اختلاف تأثیری نداشته‌اند. بنابراین عملکرد بیوگاز ویژه نسبت به جرم خشک آلی تقریباً برای چغندرقند و چغندر علوفه‌ای مشابه بودند. چون ترکیب جرم خشک آلی چغندرقند به‌ندرت تغییر می‌کند، لذا بستگی به آن خواهد داشت که جرم خشک آلی تا چه اندازه افزایش یابد. طبق نتایج مقدار خاکسترخام که برای محاسبه جرم خشک‌آلی از جرم خشک کم می‌شود، برای چغندرقند بین ۱۰-۵ درصد است. البته روشن نیست کدام آزمایش‌ها اساس این جداول را تشکیل می‌دهند. اگر عملاً در این‌آزمایش‌ها نویسندگان ارقامی برای خاکسترخام حدود ۲ درصد پیدا کرده باشند، سهم مواد آلی در جرم خشک چغندرقند برابر ۹۸ درصد باید باشد. مقدار خاکسترخام در چغندر علوفه‌ای تقریباً دو برابر خاکسترخام در چغندرقند است.

مقدار خاکسترخام کمتر تحت‌تأثیر نوع بذر و یا کود ازته قرار دارد و بستگی به مقدار جرم خشک نیز ندارد. بنابراین ضروری به‌نظر نمی‌رسد که برای نمونه‌های چغندرقند مقدار خاکسترخام را به‌طریق تجربی تعیین گردد، بلکه مقدار ۲ درصد را به‌طور کلی قبول کرد. ارقام فرضی برای چغندرقند باید ضمناً تصحیح شوند. درحالی‌که مقدار خاکسترخام نوسان نداشته باشد و با آن جرم خشک آلی هم تغییر نمی‌کند و در نتیجه مقدار جرم خشک است که روی راندمان ویژه بیوگاز اثر می‌گذارد و نسبت به واحد سطح عملکرد جرم خشک است که روی عملکرد بیوگاز تأثیرگذار است. صرف‌نظر از مقدار کود ازته عملکرد جرم خشک چغندرقند به حدود ۲۰ تن در هکتار می‌رسد. در حالی‌که چغندر علوفه‌ای عملکرد جرم‌خشک کمتر و معنی‌داری نشان می‌دهد. این اختلاف بین چغندرقند و چغندر علوفه‌ای به کود ازته بستگی ندارد. عملکرد برگ در چغندر علوفه‌ای به‌مراتب کمتر از چغندرقند بود. این فقط به علت عملکرد جرم تازه کمتر برگ‌ها نمی‌تواند باشد. هوفمن نشان داد که نه‌تنها مقدار جرم خشک در ریشه چغندر علوفه‌ای بلکه در برگ‌ها هم نسبت به چغندرقند کمتر است. این بحث وجود دارد که اگر به‌جای بالاترین عملکرد شکرسفید، بخواهند بالاترین عملکرد جرم خشک را داشته باشند، با افزایش کود ازته می‌توانند به این هدف برسند یا خیر. در تولید شکر افزایش کود ازته روی عیار اثر منفی دارد و در مقابل مقدار نیتروژن مضر را افزایش می‌دهد. حال اگر کیفیت مصرف چغندر مدنظر نباشد، آیا می‌توان نیتروژن مطلوب را در افزایش کود ازته پیدا کرد؟ در آزمایش‌ها وقتی‌که عملکرد جرم خشک موردنظر باشد، هیچ‌گونه تغییری در واکنش کود ازته دیده نمی‌شود. مقدار جرم خشک ریشه با افزایش کود ازته کاهش می‌یابد. بنابراین اثر کود ازته روی عملکرد جرم خشک به‌مراتب کمتر از عملکرد ریشه است. بنابراین برای عملکرد جرم خشک چغندرقند دامنه مطلوب پهنی همانند عملکرد شکر سفید وجود دارد. فقط عملکرد جرم خشک برگ واکنش مثبتی نسبت به افزایش عرضه ازت نشان می‌دهند، به‌طوری‌که عملکرد جرم خشک کل با افزایش میزان کود ازته تا حد مطلوب قدری افزایش می‌یابد. البته جای تعجب ندارد که ازت مطلوب برای عملکرد جرم خشک چغندرقند همانند عملکرد شکرسفید است. علت آن رابطه نزدیکی است که بین مقادیر آن‌ها وجود دارد. این بدان‌معنی است که مقدار کود ازته برای چغندرقند بستگی به مورد مصرف ندارد و متناسب با شرایط کمتر باید باشد.

عملکرد بیوگاز خیلی نزدیک با عملکرد جرم خشک و همچنین عملکرد شکر سفید همبستگی دارد. چون بذور مختلف روی عملکرد بیوگاز تفاوتی ندارند، بالاترین عملکرد با بذوری به‌دست می‌آید که بالاترین عملکرد جرم خشک و عملکرد شکر سفید را دارند. این به آن معنی است که بذری که بالاترین عملکرد شکر را دارد، بهترین چغندر برای تولید بیوگاز هستند. برای چغندرقند قاعدتاً اطلاعات و آماری در رابطه با عملکرد جرم‌خشک وجود ندارد، علت آن هزینه زیادی است که آزمایش‌های روزمره برای آن لازم دارند. ا ین هم برای اصلاح بذر و هم برای آزمایش‌های تأثیرات محیطی، تمهیدات کشت، زمان برداشت و سایر فاکتورها معتبر است. نتایج سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۰ نشان می‌دهند که همبستگی خطی بین عملکرد جرم خشک چغندر و عملکرد شکر سفید وجود دارد. هریک از آزمایش‌ها با فاکتورهای مؤثر زیادی همبستگی نزدیکی بین دو مقادیر مذکور با r^2 = ۰/۹۸ نیز نشان می‌دهند. این همبستگی در محدوده ۱ تا ۲۳ تن شکر سفید در هکتار معتبر است. حتی در چغندرهای جوان با عملکرد شکر چند تنی (برداشت، جولای، آگوست) نیز دارای چنین همبستگی بین عملکرد جرم خشک و عملکرد

چون بذور مختلف روی عملکرد بیوگاز تفاوتی ندارند، بالاترین عملکرد با بذوری به‌دست می‌آید که بالاترین عملکرد جرم خشک و عملکرد شکر سفید را دارند. این به آن معنی است که بذری که بالاترین عملکرد شکر را دارد

شکر سفید دیده می‌شود. علت آن نبود دوره فیزیولوژیکی ویژه رشد و رسیدن چغندرقند است. در چغندرقند مقدار قند از جولای سهم ثابتی در جرم خشک دارد. از این جهت رگرسیون در محدوده گسترده‌ای خطی و می‌تواند از اعتبار کلی برخوردار باشد. لذا این امکان وجود دارد که عملکرد جرم خشک چغندرقند را از عملکرد شکر سفید محاسبه کرد. شیب خط رگرسیون از ۱ بزرگ‌تر است و علت آن این است که در انواع بذور مقدار مارک یا افزایش درصد قند افزایش می‌یابد، به‌عبارت دیگر انواع بذور قندی دارای مارک بسیار بالایی هستند و علت این است که بذور قندی با درصد قند بالا در مقایسه با بذور عملکردی بالا دارای حلقه کامبیوم بیشتر و سلول‌های پارانشیم کوچک‌تر می‌باشند. از این جهت است که مقدار جرم خشک نسبت به درصد قند شدیدتر افزایش می‌یابد و این مطلب برای تولید بیوگاز اثر بسیار مثبتی دارد و علت آن این است که جرم خشک، شکر (NfE) و مارک (الیاف‌خام) به‌خوی قابل تخمیر می‌باشند. ظاهراً ترکیب جرم خشک ریشه چغندرقند (چغندر علوفه‌ای) نوسانات خیلی کمی دارد. مستقل از فاکتورهای مؤثر مختلف ترکیب ریشه در راستای رگرسیون خطی با دقت خیلی بالا حدود ۱ در نوسان است. بنابراین در آینده نمی‌توان انتظار داشت که ارقامی باشند که ضمن اینکه عملکرد شکر سفید کمی دارند، عملکرد جرم خشک بالایی داشته باشند. در هر صورت انتظار می‌رود که پیشرفت‌های اصلاحی بالاتر باشد. اگر در سلکسیون دیگر لازم نباشد کیفیت ریشه برای تولید شکر مدنظر قرار گیرد. در کارهای اصلاحی روی بیوماس احتمالاً تیپ‌های جدیدی تولید نخواهد شد، زیرا جرم خشک چغندرقند فقط از شکر و اجزاء دیواره سلول تشکیل می‌شود. این امر این مزیت را دارد که صرف‌نظر از مورد مصرف همچنان روی بذور با عملکرد شکر سفید اصلاح انجام گیرد.

برای تولید بیوگاز برگ چغندرها باید جدا شوند ولی نیاز نیست که سر آن‌ها زده شود. در این‌جا کیفیت بهره‌برداری و افزایش مقدار مواد غیرقندی رل مهمی بازی نمی‌کنند. صرف‌نظر از نوع بذر، به‌وسیله برگ‌زنی و استفاده از سرچغندر عملکرد جرم‌خشک ریشه حدود ۸ درصد می‌تواند افزایش یابد. اگرچه بافت سر چغندر در رابطه با تولید شکر با بافت ریشه تفاوت دارد (ریشه و هیپوکوتیل)، مقادیر کم قند در سر منجر به کاهش جرم خشک می‌شود. از این جهت و به علت سهم کم بافت سر در جرم خشک می‌توان برای ریشه‌های برگ‌زده هم همان همبستگی بین عملکرد جرم خشک و عملکرد شکر سفید مثل ریشه‌های سرزده را استفاده کرد، به‌عبارت دیگر عملکرد جرم خشک را با فرمول ارائه شده می‌توان محاسبه کرد. رابطه رگرسیون معرفی‌شده بر مبنای نتایج مستقل از آزمایش‌های بیوماس ارقام در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ که در آن‌ها نتایج مربوط به چغندرقند و همچنین مواد اصلاحی که از تلاقی بین چغندرقند و چغندر علوفه‌ای به‌دست آمده بود، مورد ارزیابی قرار گرفت. در حالتی که رابطه رگرسیون اعتبار عمومی داشته باشد، آمار مستقل دیگری می‌بایست در دامنه پیشگویی قرار گیرند. این مطلب می‌تواند به‌وسیله نتایج آزمایش‌های بیوماس ارقام مورد تأیید قرار گیرد. بنابراین عملکرد جرم خشک ریشه چغندرقند احتمالاً می‌تواند حتی برای تلاقی چغندرقند با سایر تیپ‌های چغندر شاخصه ترکیبی که تاکنون ناشناخته بود از عملکرد شکر سفید محاسبه گردد. وقتی‌که عملکرد جرم خشک طبق فرمول رگرسیون از عملکرد شکر محاسبه شود، مسلماً ممکن است بین ارقام محاسبه شده و اندازه‌گیری شده نوساناتی حدود ۱± درصد داشته باشند. ۱درصد نوسان خیلی ناچیز است و در معرفی ارقام و ارزیابی تجارتی اختلاف معنی‌داری می‌تواند باشد. مقایسه مواد مختلف برای تأسیسات بیوگاز اصولاً آزمایش‌های ارقام ارزش مطلقی نیست، بلکه مقام بین ارقام ملاک‌عمل است. وقتی‌که عملکرد جرم‌خشک اندازه‌گیری نشود، بلکه به‌وسیله فرمول رگرسیون محاسبه شود، مقام و درجه ارقام تغییر قابل‌ملاحظه‌ای نمی‌کند. بنابراین بدون اینکه در مقام ارقام تغییر قابل‌ملاحظه‌ای بروز کند، برای تعیین عملکرد بیوگاز ارقام، عملکرد جرم خشک در آزمایش‌های روتین ارقام را می‌توان از عملکرد شکر محاسبه کرد. از طرف دیگر چون همبستگی به عملکرد بیوگاز خیلی نزدیک است، می‌توان برپایه عملکرد شکر سفید، عملکرد بیوگاز را برآورد کرد.

۵. جمع‌بندی

چون اختلافی بین عملکرد بیوگاز ویژه نسبت به KgOTM وجود ندارد و چغندرهای قند در رابطه با خاکسترخام تفاوتی با یکدیگر ندارند، تنها عملکرد جرم خشک است که معیاری برای عملکرد بیوگاز چغندرقند می‌باشد. عملکرد جرم خشک ریشه را می‌توان طبق فرمول از عملکرد شکر سفید محاسبه کرد.

۰/۶۸+ عملکرد شکر سفید × ۱/۲۵= عملکردجرم‌خشک‌ریشه

این فرمول دامنه گسترده‌ای دارد و چون ترکیبات جرم‌خشک ریشه چغندرقند و چغندر علوفه‌ای به‌ندرت نوسان دارند، درحال حاضر این تنها فرمولی است که اعتبار کلی دارد. البته با توسعه ارقام ژنتیکی جدیدی در اصلاح نباتات و احتمالاً تغییرات در مقادیر شکر و جرم خشک، آیا این فرمول در آینده هم معتبر خواهد بود؟ هدف تحقیقات آینده است.

چون اختلافی بین عملکرد بیوگاز ویژه نسبت به KgOTM وجود ندارد و چغندرهای قند در رابطه با خاکسترخام تفاوتی با یکدیگر ندارند، تنها عملکرد جرم خشک است که معیاری برای عملکرد بیوگاز چغندرقند می‌باشد

معرفی رابطه درجه چهارم یاراحمدی برای خط اشباع حلالیت ساکاروز در آب

مهدی یاراحمدی، دانشجوی دکترای تخصصی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

کلید واژه: ساکاروز، بلور، اشباع، فوق اشباع، رابطه وایز و نیکلسون، ایکومسا

چکیده

معادلــه خط اشــباع حلالیت ســاکاروز در آب یکی از رابطه‌هــای ریاضی بنیادی در صنعت قند اســت. به کمک ایــن رابطه متخصصان و کاربران صنعــت قند می‌توانند با تعیین نقطه دقیق اشباع، عملیات تبلور را شروع و اقدام به عملیات ایجاد شوک به‌منظور تولید هسته‌های بلور ساکاروز در آب نمایند.

معادله خط اشــباع تعریف شــده مورد استفاده فعلی برای حلالیت ســاکاروز در آب، رابطه وایز نیکلسون است، که در ســال ۱۹۵۶ معرفی شــده است. رابطه معرفی شده به‌وســیله نگارنده ایــن مقاله طبق جــدول داده‌های خط اشــباع حلالیت ساکاروز در آب استاندارد ایکومسا در سال ۲۰۱۲ تعریف شــده است. این رابطه در برخی از دماهای معیــن و پرکاربردتر دارای دقت بالاتری نســبت به معادله وایز نیکولسون است.

مقدمه

صنایــع غذایی در میــان صنایع هر کشــوری اهمیت راهبردی دارند. در میان این صنایع، صنایعی که تأمین‌کننده اصلی انرژی روزانه شهروندان هر کشور است، اهمیت کلیدی دارد. صنعت قند که گاهی صنعت شکر نامیده می‌شود، یکی از مهم‌ترین صنایع غذایی در هر کشوری محسوب می‌شود. به‌رغم اینکه بسیاری از افراد تلاش می‌کنند، تا با رژیم‌های گوناگون غذایی از مصرف قندوشکر پرهیز کنند، اما به‌دلیل تأمیــن کم قیمت انرژی در صنعت قند هنوز هم شــکر و محصولات وابســته به آن یکی از ارزشمندترین محصولات تولیدی کارخانه‌های صنعتی محسوب می‌شود.

در این صنعــت کهن که دارای قدمتی بیش از ۳۰۰۰ سال است، عملیات تبلور جایگاه ویژه‌ای دارد. تبلور به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و ارزشــمندترین فرایندهای جداســازی به‌علــت تولید محصول نهایی با خلوص بســیار بالا همواره مورد توجه بوده است. کشف فرایند تبلور هر چند به‌صورت اتفاقی انجام گرفت، اما این کشــف به واســطه تولید شکر دارای نقش ارزنده‌ای در توسعه علم کیمیا و بعدها شیمی و مهندسی شیمی گشت.

مهم‌ترین عامل برای آغاز فرایند تبلور در هر محصولی رســیدن به وضعیت فوق اشباع در حلالیت است. وضعیت فوق اشباع به‌دلیل جایگاه خود مرز آغازین تشکیل دانه‌های اولیه و رشــد دانه‌های بلور به شــمار می‌رود. به این ترتیب مرزی که جداکننده وضعیت اشــباع از وضعیت فوق اشباع و زیر اشباع باشد، دارای اهمیت فراوان علمی و عملیاتی در فرایند تولید شکر (و اصولاً هر فرایند دیگر) است.

تحقیقات صورت گرفته در مورد وضعیت خط اشــباع حلالیت ســاکاروز در آب براســاس اکتشافات گوناگون در نقاط متفاوت جهان صورت گرفته اســت. نخســتین رابطه یافت شــده رابطه وایز- نیکلسون است، که در سال ۱۹۵۶ کشــف شــد. این رابطه از ســال ۱۹۷۸ به بعد در بیشــتر کارخانه تولید شــکر به‌کار گرفته شــد. در کشور لهستان برای محاســبه خط اشباع ساکاروز استخراجی از چغندر از رابطه مستقلی استفاده می‌شــود. همچنین ورهار هلندی نیــز رابطه دیگری براســاس درصد وزنی ســاکاروز در آب ارائه داده اســت، که ساده‌تر است، اما دقت کمتری نسبت به معادله‌های دیگر دارد.

رابطه یافت شــده توسط نگارنده برای تعیین وضعیت اشــباع به جدول داده‌های استاندارد ایکومسا وابسته است. زیــرا این اســتاندارد قدیمــی و معتبر به‌دلیل اســتفاده از تجهیــزات مدرن و پیشــرفته دقــت لازم را بــرای یافتن رابطه‌های خط اشــباع دارا اســت. در نتیجه تلاش نگارنده

رابطه یافت شده توسط نگارنده برای تعیین وضعیت اشباع به جدول داده‌های استاندارد ایکومسا وابسته است. زیرا این استاندارد قدیمی و معتبر به‌دلیل استفاده از تجهیزات مدرن و پیشرفته دقت لازم را برای یافتن رابطه‌های خط اشباع دارا است

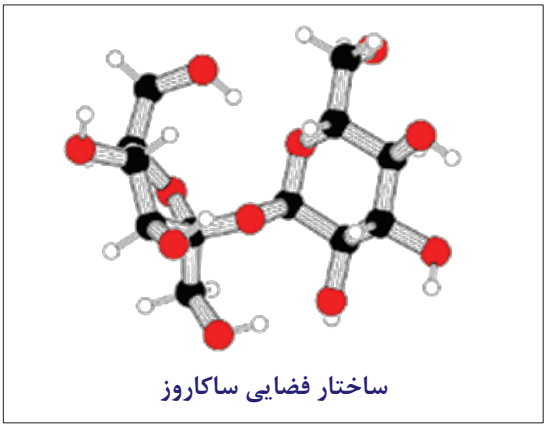
در ایـن جهت بوده اسـت، تا با افزایش دقت خط اشـباع منحنی ریاضی دقیق‌تری را نسبت به رابطه وایز – نیکلسون معرفی نماید.

به این ترتیب پرسشـی که در این مقاله مورد بررسـی قرار می‌گیرد، این است، که:

* باتوجه به جدول داده‌های ایکومسا برای نقاط اشباع حلالیت ساکاروز در آب، آیا می‌توان رابطه دقیق‌تری را برای خط اشباع حلالیت ساکاروز در آب ارائه داد؟

ساکاروز

سـاکاروز دی‌سـاکاریدی اسـت، بـا نـام علمـی (۱-دی‌گلـوکـو پیـرانوزیـل بتادی‌فروکتوفورانـوزیـد) (D-glucopyranose β–D-fructofuranoside) می‌باشد. وزن ملکولـی ایـن مـاده ۳۴۲,۳۰ gr/Mol می‌باشـد. چگالـی آن در حالـت جامـد ۱,۵۸۷ g/Cm3 می‌باشـد. برخی از منابع این عدد را مربوط به شکر استرالیایی می‌دانند؛ ایشـان این عدد را به‌صورت دقیق‌تر برای سـاکاروز خالص ۱,۵۹۶g/Cm3 گـزارش کرده‌اند. این عدد وابسـته به دما اسـت. دانسـیته محلول ۲۶ گرم درصد آن در آب در ۲۰ درجه‌سانتی‌گراد حدود ۱/۱۰۸۱۷۵ است. بلور ساکاروز در ۱۸۶°C در حالت جامد تجزیه می‌شود. شکل بلور ساکاروز از ساختار مونوکلینیک پیروی می‌کرد.



ساختار فضایی ساکاروز

ساختار فضایی ساکاروز

همان‌گونه که از نام علمی ساکاروز پیداست، این ماده از یـک مولکـول گلوکوز و یک مولکول فروکتوز تشـکیل شده است. این ماده نوعی قند غیراحیاکننده بوده و دارای کربن‌های نامتقارن اسـت، از این‌رو قادر اسـت، صفحه نور پولاریزه را به سمت راست منحرف کند و چرخش مخصوص ساکاروز ۶۶,۵۲۹° + است. هنگامی که ساکاروز با اسید آبی رقیق یا بر اثر آنزیم اینورتاز هیدرولیز می‌شود، مقدار مساوی از D- (+) - گلوکـز و D- (-) - فروکتوز تولید می‌کند. این هیدرولیـز باعث تغییر در علامت چرخش نوری محلول از وضعیـت مثبت به وضعیت منفی می‌شـود. به‌همین‌خاطر به ایـن واکنش وارونگـی(Invertion) می‌گویند. مخلوط مسـاوی D- (+) - گلوکـز و D- (-) - فروکتوز درمجموع دارای چرخـش نوری چپ گـرد بوده و به همین خاطر به آنهـا قند اینورت می‌گویند. در حالی‌که (+) - سـاکاروز و D- (+) - گلوکـز به‌ترتیـب دارای چرخـش نـوری ویژه ۶۶,۵۲۹° + و ۵۲,۷° + اسـت، D- (-) - فروکتـوز دارای چرخش ویژه منفی و بزرگ برابر ۹۳,۴° - اسـت، به همین خاطر چرخش نهایی ویژه مخلوط منفی است.

گلوکز یک آلدوز با فرمول مولکولی $C_6H_{12}O_6$ اسـت، که بـا تجزیه عنصری و تعیین وزن مولکولی آن مشـخص شـده اسـت. این قند واحد اصلی ساختاری نشاسته، سلولز و گلیکوژن اسـت و به‌دلیل نقش خـاص آن در فرایندهای بیولوژیک و فراوانی آن (فراوان ترین) نسبت به قندهای دیگر درطبیعت، مهم‌ترین مونوساکارید موجود در طبیعت است.

چنانچه ۲۶ گرم سـاکاروز را در آب مقطر حل کرده و آن را به حجم ۱۰۰ سـانتی‌مترمکعب برسانیم، پولاریمتر عـدد ۱۰۰ را نشـان می‌دهد. سـاکاروز بـه خوبی در آب حل می‌شـود و با افزایش دما حلالیت آن به‌صورت خطی افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت و یا کاهش آب در محلول ساکاروز ویسکوزیته آن افزایش می‌یابد. نقطه ذوب ساکاروز ۱۸۶ درجه سانتی‌گراد و چگالی آن ۱,۵۸ است.

در حال حاضر سـاکاروز از سه منبع نیشکر، چغندر و ذرت تهیه می‌شود. به دست آوردن ساکاروز از ذرت یکی از روش‌های نوین است، که هنوز شکل عملیاتی جدی نیافته اسـت. تشخیص منشأ سـاکاروز را می‌توان از طریق طیف مغناطیسی رزونانس هسته کربن ۱۳ تعیین کرد. براساس آزمایـش (C–NMR) اختلاف نسـبت کربن ۱۳ به کربن ۱۲ (C_{13} / C_{12}) برای شـربت نیشـکر ۱۱,۳ و برای شربت چغندر ۲۵,۶ است. تشکیل بلور شکر دارای پیچیدگی‌های خاص اسـت. به‌گونه‌ای که هنوز تمامی عوامل مؤثر بر این پدیده شـناخته نشده اسـت. برخی از محققان معتقدند، که فرایند تشـکیل بلور ساکاروز در آب دارای ویژگی‌های رفتاری آشوبناک است.

روابط کشـف شـده برای تعریف خط اشـباع ساکاروز در آب

میزان حلالیت سـاکاروز در آب به عامل دما بسـتگی دارد. روابط تجربی موجود در این مورد برحسب درصد وزنی ساکاروز تعریف می‌شود و از روابط زیر به دست می‌آید. رابطه وایز و نیکولسون به‌صورت زیر تعریف شده است:

ساکاروز به خوبی در آب حل می‌شود و با افزایش دما حلالیت آن به‌صورت خطی افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت و یا کاهش آب در محلول ساکاروز ویسکوزیته آن افزایش می‌یابد. نقطه ذوب ساکاروز ۱۸۶ درجه سانتی‌گراد و چگالی آن ۱,۵۸ است

I. برای شرایط دمای $-13^{\circ}C \leq X < +100^{\circ}C$

$$W_S = 64.447 + 0.08222\,T + 1.6169 \times 10^{-3}.\,T^2 - 1.558 \times 10^{-6}.\,T^3 - 4.63 \times 10^{-8}.T^4$$

II. برای شرایط دمای $+100^{\circ}C \leq X \leq +145^{\circ}C$

$$W_S = 71.0615 + 5.3625 \times 10^{-2}.\,T + 6.5530 \times 10^{-4}.\,T^2$$

در لهستان برای محاسبه حلالیت شکر چغندری در آب از رابطه زیر استفاده می‌کنند:

$$W_S = 68.415 + .09559.\,T + .0004905.\,T^2$$

برای حالت‌های نزدیک به اشباع رابطه زیر توسط ورهار ارائه شده است:

$$W_S = E = .355\,(158 - T)$$

$$S = 28.162 / (158 - T)$$

$$S = 10000 / (100 + E) = 10000 / (100 + (.355\,(158 - T))$$

E: water % Sucrose S: Sucrose % water T: Temp of the Solution , T°C

رابطه وایز - نیکولسون که در سال ۱۹۵۶ کشف گردیده است، تا سال ۲۰۱۲ به‌عنوان معادله اصلی برای توصیف خط اشباع کاربرد دارد. (چرا؟) اما این معادلات دارای پیچیدگی‌های بسیاری است. از جمله وجود درجه چهارم در رابطه فوق باعث افزایش جواب‌های معادله و همچنین گرایش این جواب‌ها به سوی اعداد گوناگونی می‌شود، که هر چند پذیرفته نیستند، اما وجود دارد و برای توصیف فلسفه ریاضی محاسبات دشواری‌های جدی را پدید می‌آورند. از سوی دیگر درجه چهارم رابطه وایز - نیکولسون برای حلالیت ساکاروز در آب دشواری‌های زیادی در توسعه معادلات جهت کاربردهای بیشتر را خواهد داشت.

جدول داده‌های ایکومسا

در پاسخ به این دشواری‌ها نگارنده معادلات سه گانه را برای خط اشباع ارائه می‌دهد، که این معادلات سه گانه دارای کاربرد یکسان با دقت و پیچیدگی متفاوت خواهد بود.

کاربرد این معادلات به‌ویژه در زمانی که به‌دلیل نشست خلا در عملیات تبلور سیستم دارای نوسان‌های گوناگونی در خط اشباع است، بیشتر روشن می‌شود. نگارنده معتقد است، که معادلات سه‌گانه وی با درجه‌های استاندارد ۴، دقیق ۳ و تقریبی ۲ راه را برای توسعه عملیات محاسباتی توصیف وضعیت آتی در سیستم نیمه آشوبناک تبلور ساکاروز باز خواهد کرد.

ابتدا باید توجه داشت، که طبق جدول ارائه شده از سوی استاندارد ایکومسا در سال ۲۰۱۲ میزان حلالیت به‌صورت دقیق و تجربی در برد دمایی ۱۰۰°C + تا ۱۳°C - به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

دما (t, °C)	درصد وزنی حل‌شونده در آب	نسبت مولی حل‌شونده در آب ($\times 10^{-2}$)	دما (t, °C)	درصد وزنی حل‌شونده در آب	نسبت مولی حل‌شونده در آب ($\times 10^{-2}$)
-۱۳	۶۳/۶۵	۸۴۳۹	۲۹	۶۸/۱۲	۱۰۱۰۹
-۱۲	۶۳/۶۹	۸۴۵۳	۳۰	۶۸/۲۹	۱۰۱۸۰
-۱۱	۶۳/۷۴	۸۴۶۸	۳۱	۶۸/۴۶	۱۰۲۵۳
-۱۰	۶۳/۷۹	۸۴۸۴	۳۲	۶۸/۶۳	۱۰۳۲۷
-۹	۶۳/۸۴	۸۵۰۲	۳۳	۶۸/۸۱	۱۰۴۰۳
-۸	۶۳/۸۹	۸۵۲۰	۳۴	۶۸/۹۹	۱۰۴۸۱
-۷	۶۳/۹۵	۸۵۴۰	۳۵	۶۹/۱۷	۱۰۵۶۱
-۶	۶۴/۰۱	۸۵۶۰	۳۶	۶۹/۳۵	۱۰۶۴۲

این معادلات دارای پیچیدگی‌های بسیاری است. از جمله وجود درجه چهارم در رابطه فوق باعث افزایش جواب‌های معادله و همچنین گرایش این جواب‌ها به سوی اعداد گوناگونی می‌شود، که هر چند پذیرفته نیستند، اما وجود دارد و برای توصیف فلسفه ریاضی محاسبات دشواری‌های جدی را پدید می‌آورند

دما (t, °C)	درصد وزنی حل‌شونده در آب	نسبت مولی حل‌شونده در آب (10^{-2})	دما (t, °C)	درصد وزنی حل‌شونده در آب	نسبت مولی حل‌شونده در آب (10^{-2})
-۵	۶۴/۰۸	۸۵۸۲	۳۷	۶۹/۵۴	۱۰۷۲۶
-۴	۶۴/۱۴	۸۶۰۵	۳۸	۶۹/۷۲	۱۰۸۱۱
-۳	۶۴/۲۱	۸۶۳۰	۳۹	۶۹/۹۱	۱۰۸۹۷
-۲	۶۴/۲۹	۸۶۵۵	۴۰	۷۰/۱۰	۱۰۹۸۶
-۱	۶۴/۳۷	۸۶۸۲	۴۱	۷۰/۳۰	۱۱۰۷۷
۰	۶۴/۴۵	۸۷۱۰	۴۲	۷۰/۴۹	۱۱۱۶۹
۱	۶۴/۵۳	۸۷۳۹	۴۳	۷۰/۶۹	۱۱۲۶۴
۲	۶۴/۶۲	۸۷۶۹	۴۴	۷۰/۸۹	۱۱۳۶۰
۳	۶۴/۷۱	۸۸۰۱	۴۵	۷۱/۰۹	۱۱۴۵۹
۴	۶۴/۸۰	۸۸۳۴	۴۶	۷۱/۲۹	۱۱۵۵۹
۵	۶۴/۹۰	۸۸۶۸	۴۷	۷۱/۵۰	۱۱۶۶۲
۶	۶۵/۰۰	۸۹۰۳	۴۸	۷۱/۷۰	۱۱۷۶۶
۷	۶۵/۱۰	۸۹۴۰	۴۹	۷۱/۹۱	۱۱۸۷۳
۸	۶۵/۲۱	۸۹۷۸	۵۰	۷۲/۱۲	۱۱۹۸۱
۹	۶۵/۳۲	۹۰۱۸	۵۱	۷۲/۳۳	۱۲۰۹۲
۱۰	۶۵/۴۳	۹۰۵۹	۵۲	۷۲/۵۴	۱۲۲۰۵
۱۱	۶۵/۵۴	۹۱۰۱	۵۳	۷۲/۷۵	۱۲۳۲۰
۱۲	۶۵/۶۶	۹۱۴۴	۵۴	۷۲/۹۶	۱۲۴۳۷
۱۳	۶۵/۷۸	۹۱۸۹	۵۵	۷۳/۱۸	۱۲۵۵۶
۱۴	۶۵/۹۱	۹۲۳۶	۵۶	۷۳/۳۹	۱۲۶۷۷
۱۵	۶۶/۰۴	۹۲۸۳	۵۷	۷۳/۶۱	۱۲۸۰۱
۱۶	۶۶/۱۷	۹۳۳۳	۵۸	۷۳/۸۳	۱۲۹۰۷
۱۷	۶۶/۳۰	۹۳۸۳	۵۹	۷۴/۰۵	۱۳۰۵۵
۱۸	۶۶/۴۴	۹۴۳۵	۶۰	۷۴/۲۶	۱۳۱۸۵
۱۹	۶۶/۵۸	۹۴۸۹	۶۳	۷۴/۹۳	۱۳۵۹۰
۲۰	۶۶/۷۲	۹۵۴۴	۶۴	۷۵/۱۵	۱۳۷۲۹
۲۳	۶۷/۱۶	۹۷۱۶	۶۵	۷۵/۳۷	۱۳۸۷۱
۲۴	۶۷/۳۱	۹۷۷۹	۶۶	۷۵/۵۹	۱۴۰۱۴
۲۵	۶۷/۴۷	۹۸۴۲	۶۷	۷۵/۸۱	۱۴۱۶۱
۲۶	۶۷/۶۳	۹۹۰۰	۶۸	۷۶/۰۳	۱۴۳۰۹
۲۷	۶۷/۷۹	۹۹۷۳	۶۹	۷۶/۲۶	۱۴۴۶۰
۲۸	۶۷/۹۵	۱۰۰۴۰	۷۰	۷۶/۴۸	۱۴۶۱۳

جدول ارائه شده از سوی استاندارد ایکومسا در سال ۲۰۱۲ میزان حلالیت به‌صورت دقیق و تجربی در برد دمایی $+100^{\circ}C$ تا $-13^{\circ}C$ تعریف می‌شود

دما (t, °C)	درصد وزنی حل‌شونده در آب	نسبت مولی حل‌شونده در آب (10^{-2})	دما (t, °C)	درصد وزنی حل‌شونده در آب	نسبت مولی حل‌شونده در آب (10^{-2})
۷۱	۷۶/۷۰	۱۴۷۶۸	۹۳	۸۱/۳۶	۱۸۶۸۳
۷۲	۷۶/۹۲	۱۴۹۲۵	۹۴	۸۱/۵۵	۱۸۸۷۳
۷۳	۷۷/۱۴	۱۵۰۸۵	۹۵	۸۱/۷۴	۱۹۰۷۱
۷۴	۷۷/۳۷	۱۵۲۴۷	۹۶	۸۱/۹۳	۱۹۲۶۷
۷۵	۷۷/۵۹	۱۵۴۱۱	۹۷	۸۲/۱۱	۱۹۴۶۲
۷۶	۷۷/۸۱	۱۵۵۷۷	۹۸	۸۲/۳۰	۱۹۶۵۷
۷۷	۷۸/۰۳	۱۵۷۴۶	۹۹	۸۲/۴۷	۱۹۸۵۲
۷۸	۷۸/۲۴	۱۵۹۱۶	۱۰۰	۸۲/۶۵	۲۰۰۴۶
۷۹	۷۸/۴۶	۱۶۰۸۹	۱۰۱	۸۳/۲۰	۲۰۶۳۰
۸۰	۷۸/۶۸	۱۶۲۶۳	۱۰۲	۸۳/۳۰	۲۰۸۵۰
۸۱	۷۸/۸۹	۱۶۴۴۰	۱۰۳	۸۳/۵۰	۲۱۰۸۰
۸۲	۷۹/۱۱	۱۶۶۱۸	۱۰۴	۸۳/۷۰	۲۱۳۱۰
۸۳	۷۹/۳۲	۱۶۷۹۸	۱۰۵	۸۳/۹۰	۲۱۵۵۰
۸۴	۷۹/۵۳	۱۶۹۸۰	۱۰۶	۸۴/۱۰	۲۱۷۹۰
۸۵	۷۹/۷۴	۱۷۱۶۴	۱۰۷	۸۴/۳۰	۲۲۰۴۰
۸۶	۷۹/۹۵	۱۷۳۴۹	۱۰۸	۸۴/۵۰	۲۲۲۹۰
۸۷	۸۰/۱۶	۱۷۵۳۶	۱۰۹	۸۴/۷۰	۲۲۵۵۰
۸۸	۸۰/۳۷	۱۷۷۲۴	۱۱۰	۸۴/۹۰	۲۲۸۲۰
۸۹	۸۰/۵۷	۱۷۹۱۴	۱۱۱	۸۵/۱۰	۲۴۵۹۰
۹۰	۸۰/۷۷	۱۸۱۰۴	۱۱۲	۸۵/۳۰	۲۴۹۱۰
۹۱	۸۰/۹۷	۱۸۲۹۶	۱۱۳	۸۵/۵۰	۲۵۲۴۰
۹۲	۸۱/۱۷	۱۸۴۸۹	۱۱۴	۸۵/۷۰	۲۵۵۸۰

رابطه درجه چهارم یاراحمدی برای خط اشباع

رابطه درجه چهارم یاراحمدی در برد دمایی $-13^{\circ}C \leq X < +100^{\circ}C$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$W_S = 64.4471085 + 0.08229275\ T + 1.611981 \times 10^{-3}.\ T^2 - 1.473 \times 10^{-6}.\ T^3 - 4.673 \times 10^{-8}.T^4$$

این رابطه با خط اشباع معرفی شده از سوی جدول استاندارد ایکومسا دارای درصدهای انطباق زیر است. میزان انطباق رابطه با داده‌های جدول:

$$r^2 = 99.999958\ \%$$

میزان خطای در نظر گرفته شده رابطه یاراحمدی با داده‌های جدول ایکومسا:

$$MSe = 1.5571 \times 10^{-5}$$

اگر فرض بگیریم، که داده‌های استاندارد ایکومسا اعداد گرد شده به‌دست آمده از رابطه وایز نیکلسون باشد، باز هم اعداد به‌دست آمده از رابطه یاراحمدی به‌صورت تناوبی در برخی از دماها دارای دقت بالاتری نسبت به رابطه پیشین است

جدول مقایسه رابطه وایز نیکولسون و رابطه یاراحمدی در بازه‌های ۱۰ درجه‌ای

دماهای مرجع ایکومسا (°C)	داده مرجع ایکومسا	رابطه وایز - نیکلسون	میزان خطای وایز - نیکلسون نسبت به داده‌های ایکومسا	رابطه یاراحمدی	میزان خطای یاراحمدی نسبت به داده‌های ایکومسا
۱۰	۶۵,۴۳	۶۵,۴۲۸۸۶۹	- / ۰۰۱۱	۶۵,۴۲۹۲۸۵۷	- / ۰۰۰۸
۲۰	۶۶,۷۲	۶۶,۷۱۸۲۸۸	- / ۰۰۱۸	۶۶,۷۱۸۴۶۲۷	- / ۰۰۱۶
۳۰	۶۸,۲۹	۶۸,۲۸۹۲۴۱	- / ۰۰۰۸	۶۸,۲۸۸۹۷۵۷	- / ۰۰۱۱
۴۰	۷۰,۱	۷۰,۱۰۴۶	+ / ۰۰۴۶	۷۰,۱۰۳۹۵۷۷	+ / ۰۰۳۹
۵۰	۷۲,۱۲	۷۲,۱۱۶۱۲۵	- / ۰۰۳۹	۷۲,۱۱۵۳۰۵۸	- / ۰۰۴۷
۶۰	۷۴,۲۶	۷۴,۲۶۴۴۶۴	+ / ۰۰۴۴	۷۴,۲۶۳۷۲۴۷	+ / ۰۰۳۷
۷۰	۷۶,۴۸	۷۶,۴۷۹۱۵۳	- / ۰۰۰۹	۷۶,۴۷۸۶۸۴۷	- / ۰۰۱۴
۸۰	۷۸,۶۸	۷۸,۶۷۸۶۱۶	- / ۰۰۱۴	۷۸,۶۷۸۴۵۱۷	- / ۰۰۱۶
۹۰	۸۰,۷۷	۸۰,۷۷۰۱۶۵	+ / ۰۰۰۱	۸۰,۷۷۰۰۷۳۷	۰

بررسی دقت رابطه یاراحمدی در برابر رابطه وایز - نیکلسون

حتی اگر فرض بگیریم، که داده‌های استاندارد ایکومسا اعداد گرد شده به‌دست آمده از رابطه وایز نیکلسون باشد، باز هم اعداد به‌دست آمده از رابطه یاراحمدی به‌صورت تناوبی در برخی از دماها دارای دقت بالاتری نسبت به رابطه پیشین است. این رابطه به‌صورت ویژه می‌تواند کمک مهمی به عملیات تبلور شکر سفید باشد. جدول زیر به‌صورت تناوبی و با فاصله دمایی ۱۰°C نشان می‌دهد، که دو رابطه جدید و قدیمی حتی تا دو رقم اعشار نیز با یکدیگر اختلاف ندارند.

جدول فوق نشان می‌دهد، که در ۹ نقطه متفاوت دمایی (به‌استثنای ۱۰۰°C که کاربرد عملی در عملیات تبلور ساکاروز در آب ندارد) در پنج نقطه رابطه ایرانی و در چهار نقطه رابطه وایز – نیکلسون دارای دقت بالاتری است. همچنین مجموع خطاهای ۹ نقطه رابطه سال ۲۰۱۲ نسبت به رابطه یافت شده در سال ۱۹۵۶ نیز دارای مقدار عددی کمتری است.

نتیجه‌گیری

رابطه جدید پیشنهادی به‌دلیل دقت بالاتر در دماهای عملیاتی ویژه می‌تواند نقش مهمی در توسعه صنعت قند بازی کند.

هرچند فاصله دقت دو معادله اندک است، اما به‌دلیل استفاده گسترده و روند رو به رشد بهره‌وری از وسایل ابزار دقیقی در کارخانه‌های صنعتی که گاهی تا چهار رقم اعشار را محاسبه می‌کنند، ارزش این معادله را بیشتر نشان می‌دهد.

همچنین باید به یاد داشته باشیم به‌دلیل اهمیت شایان ذکر این رابطه، ایران را در زمره کشورهای پیشرو در توسعه فناوری صنعت قند جهان قرار می‌دهد.

هرچند فاصله دقت دو معادله اندک است، اما به‌دلیل استفاده گسترده و روند رو به رشد بهره‌وری از وسایل ابزار دقیقی در کارخانه‌های صنعتی که گاهی تا چهار رقم اعشار را محاسبه می‌کنند، ارزش این معادله را بیشتر نشان می‌دهد

دستیابی اوکراین به رکوردهایی در بهره‌برداری ۲۰۱۱

نقل از: Sugar Industry 2012/05
ترجمه : مهندس اسدالله موقری‌پور

مانند دیگر کارخانه‌های قند اروپا، اوکراین نیز در تولید شکر در بهره‌برداری ۲۰۱۱ به رکوردهای جدیدی دست یافت. شکر تولیدی بالغ بر ۲,۳۳۰,۰۰۰ تن بود که تقریباً ۸۰۰,۰۰۰ تن بیشتر از بهره‌برداری ۲۰۱۰ و ۱,۰۶۰,۰۰۰ تن بیشتر از بهره‌برداری ۲۰۰۹ می‌باشد. این رقم بعد از تولید سال ۲۰۰۶ که ۲,۶۰۰,۰۰۰ تن بوده بالاترین رقم تولید در ۱۰ سال گذشته است. در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ که اوکراین واردکننده شکر برای تأمین مصرف داخلی بوده است مجدداً صادرکننده شکر خواهد بود. مجله Ukrainian Sugar در شماره اخیر خود نتایج بهره‌برداری ۲۰۱۱ را به شرح (جدول ۱) گزارش کرده است.

بهره‌برداری ۲۰۱۱

سطح زیرکشت چغندر که در بهار ۲۰۱۱ انجام گرفت ۵۴۴,۰۰۰ هکتار بود و سطح برداشت چغندر (سطح کشت سبز) ۵۱۶,۰۰۰ هکتار و ۲۴,۰۰۰ هکتار بیشتر از سال قبل بود در سال‌های اولیه ۲۰۰۰به بعد سطح زیرکشت بین ۶۰۰۰۰۰ تا ۷۰۰۰۰۰ هکتار بوده است ولی شکر تولیدی فقط تکافوی مصرف داخلی را می‌کرده، ولی امسال امکان صادرات شکر به میزان تقریبی ۴۷۰,۰۰۰ تن وجود دارد.

جدول ۱ نمایانگر ارقام کلیدی بهره‌برداری کارخانه‌های قند اوکراین می‌باشد. نکته قابل‌توجه این است که راندمان در هکتار زمین‌هایی که زیر کشت شرکت‌های زراعی بوده بالاتر از راندمان در هکتار زمین‌های کشاورزان خصوصی و کشاورزان زمین‌های دولتی است. شرایط خوب آب‌وهوایی کمک کرد که راندمان در هکتار چغندر از ۲۷/۸ تن در هکتار سال ۲۰۱۰ به ۳۶/۳ تن در هکتار در سال ۲۰۱۱ برسد. این بالاترین رکوردی است که تاکنون در این منطقه حاصلخیز اروپا به‌دست آمده است (متوسط راندمان در هکتار چغندر در اوکراین حدود ۲۰ تن در دوران کمونیستی بوده است).

در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ که اوکراین واردکننده شکر برای تأمین مصرف داخلی بوده است مجدداً صادرکننده شکر خواهد بود

جدول ۱: تولید چغندر اوکراین در سال ۲۰۱۱

		(درصد)
سطح کاشت (برحسب ۱۰۰۰ هکتار)	۵۴۴ هکتار	
سطح برداشت (برحسب ۱۰۰۰ هکتار)	۵۱۶	
توسط شرکت‌های قند (برحسب ۱۰۰۰ هکتار)	۲۹۵	۵۷/۲
در اراضی متعلق به شرکت‌ها (برحسب ۱۰۰۰ هکتار)	۲۳۵	
در اراضی خصوصی توسط شرکت‌های‌قند(برحسب ۱۰۰۰ هکتار)	۶۰	
توسط شرکت‌های زراعی (برحسب ۱۰۰۰ هکتار)	۱۲۶/۵	۲۴/۵
توسط کشاورزان خصوصی (برحسب ۱۰۰۰ هکتار)	۴۱	۷/۹
در اراضی متعلق به دولت (برحسب ۱۰۰۰ هکتار)	۵۳/۵	۱۰/۴
چغندر برداشت شده (ناخالص) (برحسب میلیون تن)	۱۸/۷ تن	
توسط شرکت‌های قند	۱۱/۰ تن	۵۸/۵
توسط شرکت‌های زراعی	۴/۷ تن	۲۵/۱
توسط کشاورزان خصوصی	۱/۴ تن	۷/۵
توسط کشاورزان دولتی	۱/۶ تن	۸/۶
قیمت‌رسمی‌چغندر (هرتن) ۱ یورو معادل ۱۰/۵ هرونیا	۵۰۴ *	

* هرونیا معادل ۴۷ یورو

جدول ۲: اعدادکلیدی صنعت قند اوکراین در بهره‌برداری ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱

	۲۰۱۰	۲۰۱۱
سطح کشت چغندر برحسب ۱۰۰۰ هکتار	۴۹۲	۵۱۶
راندمان برداشت چغندر (تن در هکتار)	۲۷/۸	۳۶/۳
چغندر برداشت‌شده ناخالص (برحسب ۱۰۰۰ تن)	۱۳/۳۷۰	۱۷/۷۹۰
چغندر مصرف‌شده خالص (برحسب میلیون تن)	-	۱۷/۴
شکر تولید (برحسب میلیون تن)	۱/۵۴۶	۲/۳۳۱
درصد قند چغندر	۱۵/۳۰	۱۶/۶۳
راندمان نسبت به چغندر مصرفی (درصد)	۱۱/۸۳	۱۳/۴۶
ضریب استحصال (درصد)	۷۵/۵۵	۷۸/۹۸
ضایعات بهره‌برداری (درصد)	۳/۴۴	۳/۱۷
برداشت شکر (تن در هکتار)	۳/۳	۴/۸
متوسط مصرف چغندر هر کارخانه (تن در شبانه‌روز)	۳۰۳۵	۳/۸۹
متوسط طول دوره بهره‌برداری (روز)	۶۳/۷	۷۵/۱
تعداد کارخانه‌های مشغول بهره‌برداری	۷۳	۷۷
کل ظرفیت کارکرد روزانه (برحسب ۱۰۰۰ تن)	۲۲۴/۶	۲۴۰/۲

از اوایل قرن بیست‌ویکم، مرتباً راندمان در هکتار افزایش یافته (از ۱۸/۳ تن در هکتار در ۲۰۰۱ به ۳۵/۵ تن در هکتار در سال ۲۰۰۸ رسیده و به‌علت شرایط آب‌وهوایی بد در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ به‌ترتیب ۳۱/۴ و ۲۷/۸ تن در هکتار بوده است. البته در سال ۲۰۱۰ اوکراین با خشکسالی وحشتناکی روبه‌روست.

ولی مجدداً در سال ۲۰۱۱ روند بهبود وضعیت کشاورزی و دستیابی به راندمان بالاتر ادامه یافته، طبق گزارشات در بعضی مناطق که از تکنولوژی‌های پیشرفته و بذرهای جدید استفاده کرده‌اند راندمان بالاتر از ۵۰ تن در هکتار رسیده. عیارقندی چغندر نیز در سال ۲۰۱۱ به ۱۶/۳ رسیده است در حالی‌که در بهره‌برداری ۲۰۱۰ حدود ۱۵/۳ درصد بوده و چغندر تولیدی در سال ۲۰۱۱، ۱۸/۷ میلیون تن و در مقایسه با چغندر تولیدی سال ۲۰۱۰ که ۱۳/۷ میلیون تن بوده تقریباً ۳۷ درصد افزایش داشته است. راندمان بهره‌برداری ۱۳/۴۶ درصد و ضایعات ۳/۱۷ درصد بوده است.

هزینه‌های تولید و بهای چغندرقند

به‌موجب گزارش انجمن شکر اوکراین هزینه تولید چغندر با محاسبه هزینه برداشت مبلغ ۱۱۸۰۰ هرونیا (Hervina) در هکتار است. (۱۱۲۱ یورو در هکتار)، باتوجه به متوسط برداشت ۳۶/۳ تن چغندر در هکتار بنا بر این هزینه یک تن چغندر مبلغ ۳۲۵ هرونیا (۳۰/۸۷ یورو) است. با درنظر گرفتن قیمت رسمی که برای هر تن چغندر مبلغ ۵۰۴ هرونیا (۴۸ یورو) است. چغندرکاران بهره خوبی از کاشت چغندر (۱۷۹ هرونیا به‌ازاء هر تن چغندر) عایدشان می‌شود.

قیمت چغندر برای سال ۱۳-۲۰۱۲ توسط دولت ۳۹۸/۵ هرونیا به‌ازاء تن و قیمت شکر نیز ۴۹۲۵/۱۵ هرونیا به‌ازاء هر تن تعیین شده است (بدون درنظر گرفتن مالیات که در مقایسه با قیمت اعلام شده سال ۱۲-۲۰۱۱ کاهش قابل‌ملاحظه‌ای دارد.

فقدان یکپارچگی در صنعت قند

صنعت قند اوکراین هنوز راه طولانی در پیش دارد تا از نظر ظرفیت و طول دوره بهره‌برداری با کارخانه‌های قند اروپای غربی قابل مقایسه باشد.

جدول ۳ مقدار شکر تولیدی هر شرکت را به‌طور جداگانه به‌موجب گزارش مؤسسه شکر اوکراین نشان می‌دهد. بزرگ‌ترین شرکت تولید شکر Astarta Kiev فقط ۱۶ درصد سهم تولید را نسبت به سال قبل که ۱۳ درصد بود، دارا می‌باشد.

جدول ۳: شکر تولیدی و درصد سهم شرکت‌های تولیدکننده شکر اوکراین

نام شرکت	شکر تولیدی (۱۰۰۰ تن)	سهم به‌ازاء (درصد)
Astar ta - Kiev	۳۷۰/۹۰۰	۱۵/۹
Agroprodinvest	۱۸۹/۳۰۰	۸/۱
Kernel Trade	۱۶۱/۷۰۰	۶/۹
Ukrland farming	۱۸۶/۷۰۰	۸/۰
Mriya - Tsentr	۱۵۷/۶۰۰	۶/۸
Radekhivskyy tsukor	۱۱۱/۹۰۰	۴/۸
Panda	۹۰/۹۰۰	۳/۹
Svitanok	۸۱/۶۰۰	۳/۵
Gals Ltd.	۴۳/۷۰۰	۱/۹
Podilskitsakrowarni	۷۴/۶۰۰	۳/۲
Teofipolskyy tsukor	۷۶/۹۰۰	۳/۳
کارخانه‌های مستقل	۷۸۵/۱۵۰	۳۳/۷

۱۱ شرکت بزرگ اوکراین جمعاً ۶۶/۳ درصد سهم تولید را دارا می‌باشند. ۳۳/۷ درصد بقیه تولید یعنی ۷۸۵/۱۵۰ تن توسط کارخانه‌های مستقل تولید شده است.

قبل از سال ۱۹۹۰ در اوکراین تعداد ۱۹۲ کارخانه قند درحال بهره‌برداری وجود داشت که تمام این کارخانه‌ها به بخش خصوصی واگذار شده و خیلی از آن‌ها نیز تعطیل شده‌اند. تعداد آن‌ها در سال ۲۰۱۰ به ۷۳ واحد و در سال ۲۰۱۱ به ۷۷ واحد رسیده است. متوسط ظرفیت و کارکرد کارخانه‌ها در سال ۲۰۰۹، ۳۳۴۴ تن و در سال ۲۰۱۰، ۳۰۳۵ تن، در سال ۲۰۱۱، ۳۱۸۹ تن در روز بوده است. طول دوره‌های بهره‌برداری کارخانه‌ها به‌طور وسیعی متفاوت است در نیمی از کارخانه‌ها (۳۶ کارخانه) طول بهره‌برداری بین ۶۰ تا ۹۰ روز و در ۱۱ کارخانه طول بهره‌برداری بین ۴۶ تا ۶۰ روز و در بقیه کارخانه‌ها طول دوره بهره‌برداری کمتر از ۴۶ روز بوده است.

متوسط شکر تولیدی روزانه در کارخانه‌های قند اوکراین در سال ۲۰۱۱ به ۳۰,۰۰۰ تن در روز رسید که ۹,۰۰۰ تن نسبت به سال ۲۰۱۰ افزایش داشت و هنوز نسبت به خیلی از کشورهای اروپایی پایین‌تر است

استارتاکیو

بزرگ‌ترین شرکت تولید شکر در اوکراین شرکت استارتاکیو (Astarta) است که در بورس ورشو حضور دارد. بنا به گزارش سالیانه این شرکت رل شکر در سرمایه‌گذاری کالاهای کشاورزی از ۲۰۱۰ کاهش یافته است. به‌طوری‌که شکر و فراورده‌های جانبی آن که ۷۳ درصد درآمدهای شرکت را شامل می‌شده است در سال ۲۰۱۱ به ۶۴ درصد

کاهش یافته و در عوض غلات و دانه‌های روغنی و گاوداری جای شـکر را گرفته اسـت. اراضی تحت کشت ۱۷ درصد توسـعه داده شـده و به ۲۴۵,۰۰۰ هکتار رسیده است، در منطقه Kharkiv جهت رسـیدن بـه خودکفایی فعالیت و گسترش زمین‌های زیرکشت ۶ برابر شده است.

شرکت آستارتا سود خالص خود را از سرمایه‌گذاری‌های معادل ۳/۴ میلیارد هرونیا (۳۲۱ میلیون یورو) ۹۷۶ میلیون هرونیا (۹۲ میلیون یورو) برای سال ۲۰۱۱ اعلام کرده است. تولید چغندر در زمین‌های متعلق به خود بانک ۵۸ درصد در سـال ۲۰۱۱ نسبت به سال ۲۰۱۰ افزایش داشته و به ۲/۱ میلیون تن رسـیده است ۸ کارخانه متعلق به شرکت در چهار منطقه اوکراین درحال بهره‌برداری هستند. ظرفیت مصرف چغندر آن‌ها روزانه ۳۳,۰۰۰ تن است که ۲۱ درصد افزایش یافته و گاوداری شرکت نیز ۱۷ درصد افزایش یافته و به ۲۸,۰۰۰ رأس گاو رسیده است. شکر تولیدی نیز ۸۸ درصد نسـبت به سـال ۲۰۱۰ رشد داشته و به ۳۷۰,۹۰۰ تن رسـیده (در مقابل ۱۹۸,۰۰۰ تن سال ۲۰۱۰) راندمان متوسـط مجموعه کارخانه‌ها ۱۴/۵ درصد بوده (در مقابل ۱۳/۵ درصد سال ۲۰۱۰). در کارخانه قند Yaresky مقدار ۳۱,۰۰۰ تن شکرخام تصفیه شده و ۳۰,۰۰۰ تن شکر سفید حاصل شده است.

Agro Prodinvest, Ukrland Farnimg

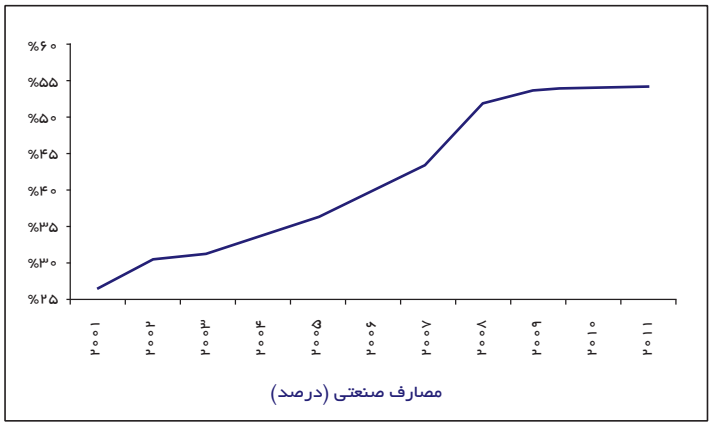
آگـرو پـرود اینوسـت (Agro Prod Invest) دومین تولیدکننده شـکر در اوکراین مقدار ۱۸۹,۳۰۰ تن شـکر معادل ۷/۶ درصد سهم تولید را داشته است (جدول ۳).

ایـن گروه توجه خود را به رشـد و توسـعه فعالیت‌ها در شـهر نیکوزیـا واقع در قبرس جلب کـرده و همچنین تفاهم‌نامه‌ای با شـرکت بزرگ ماشین‌سازی (sinomach) چیـن جهت همـکاری امضـا کرده اسـت کـه منجر به سـرمایه‌گذاری ۴ میلیـارد دلاری به‌منظور تولید شـکر و گوشت و ماشین‌آلات کشاورزی خواهد شد.

مقامات رسـمی چین در آوریـل ۲۰۱۲ اعلام کرده‌اند سـاخت و تحویل یک کارخانه قند مدرن نیز بین شـرکت Sinomach`s CAMC Engineering و Ukrland Farming شامل تفاهم‌نامه فوق خواهد بود و بانک Export Import چین تعهدات مالی شرکت چینی را به‌عهده گرفته است.

تراز شکر اوکراین

در بهره‌بـرداری ۲۰۱۱ در اوکرایـن ۲,۳۳ میلیون تن شـکر تولیدشده که ۴۷۰,۰۰۰ تن بیشتر از سهمیه تعیین شده توسط دولت می‌باشد. سهمیه پیش‌بینی شده، ۱,۸۶۰ میلیون تن بوده که ۱,۷۸۸ میلیون تن برای مصرف خانوارها و ۸۲,۰۰۰ تن نیز برای دیگر مصارف درنظر گرفته شـده، باتوجه بـه موجودی اولیه ۳۲۳,۰۰۰ تن جمعاً ۵۰۰,۰۰۰ تن شـکر قابل صادر شـدن است. قیمت شـکر در فوریه ۲۰۱۲ کاهـش یافته و هر تن بـه ۵۹۱۰ تا ۶۰۰۰ هرونیا (۵۷۰-۵۶۱ یورو) رسـیده که نسـبت به سال قبل ۱۰۰۰ هرونیا (۹۵ یورو) کاهش داشـته است و نشان‌دهنده تورم پایین کشور است.



شکل ۱: توسعه مصرف شکر در صنایع در اوکراین - سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱

مصرف شکر

مصرف شکر در اوکراین تقریباً مشابه کشورهای صنعتی اروپای غربی می‌باشد. درحالی‌که در سال ۲۰۰۱ فقط ۲۵ درصد شکر به مصرف صنایع غذایی می‌رسد که در طول ۱۰ سال گذشته این رقم به ۶۰ درصد رسیده، که نشان‌دهنده روند افزایش مصرف شـکر در صنایع غذایی در کشورهای کمونیستی پیشین است.

چشم‌انداز

۱,۸۳۳ میلیون تن سـهمیه شـکر بـرای صنایع قند اوکراین در سـال ۱۳-۲۰۱۲ توسط دولت اختصاص داده شـده، صنایع قند در نظر دارنـد ۵۱۵۰۰۰ هکتار، اندکی کمتر از سـال ۲۰۱۱ را زیرکشت چغندر ببرند درحالی‌که شـرکت‌های بزرگ قند درنظر دارند با اندکی رشـد سطح زیرکشـت را از ۲۹۵۰۰۰ هکتـار در ۲۰۱۱ به ۳۲۰۰۰۰ هکتار در ۲۰۱۲ برسـانند و سهمیه شرکت‌های کوچک و مسـتقل اندکی کاهش یافته و به ۱۹۵۰۰۰ هکتار کاهش یافته اسـت و باتوجه بـه راندمان ۳۵ تن چغندر در هکتار ۱۸ میلیون تن چغندر برداشت و با راندمان متوسط ۱۲/۷ درصد از ۱۶/۲ میلیون تن چغندر مصرف شده تقریباً ۲,۰۵۷ میلیون تن شکر تولید خواهد شد که در نتیجه اوکراین از نظر تولید شکر خودکفا خواهد بود.

مصرف شکر در اوکراین تقریباً مشابه کشورهای صنعتی اروپای غربی می‌باشد. درحالی‌که در سال ۲۰۰۱ فقط ۲۵ درصد شکر به مصرف صنایع غذایی می‌رسد که در طول ۱۰ سال گذشته این رقم به ۶۰ درصد رسیده، که نشان‌دهنده روند افزایش مصرف شکر در صنایع غذایی در کشورهای کمونیستی پیشین است

استفاده از ضایعات تخمیری تولید بیوگاز برای چغندرقند

چگونگی کاربرد (تکنیک) و اثر این نوع کود

Ø نویسنده : مارکوس بیرینگ، کارخانه کلائن، کمپانی قند شمال
Ø ترجمه : دکتر محمد الهی
Ø نقل از: Zückerrübe 2012/4

پخش ضایعات تخمیری تولید بیوگاز به کمک پخش‌کننده شلنگی با بازوهای به‌طول ۳۶ متر

افزایش تعداد واحدهای تولید بیوگاز، در مناطق معمول کشت چغندرقند سبب گردیده است که استفاده از این ضایعات تخمیری در مزارع چغندرقند افزایش یابد و این سؤال پیش آید که چه‌طور و چگونه می‌توان از، ضایعات حاصل از تخمیر بیومس به‌صورت مفید برای کشت چغندرقند استفاده کرد. بدون شک در اثر افزایش قیمت کودهای معدنی و همچنین توجه به محیط‌زیست سبب می‌گردد که استفاده از ضایعات تولید بیوگاز، به‌دلیل قیمت مناسب‌تر و ضایعات کمتر مورد توجه قرار گیرد.

عموماً از این ضایعات تخمیری برای چغندرقند در هنگام پاییز، روی کلش محصول قبلی، بین دو کشت و یا در اوایل بهار قبل از کاشت استفاده می‌کنند. استفاده از این کود برای چغندرقند به‌عنوان کود تازه در بهار دارای اثر مثبتی است، چراکه گیاه در هنگام فاز اولیه رشد خود (جوانه زنی) می‌تواند مواد مغذی کافی از زمین دریافت کند. استفاده از این کود در پاییز، بین دو کشت دارای این مزیت است که حرکت روی زمین کشاورزی به‌راحتی می‌تواند انجام شود و پخش کود می‌تواند همراه با شخم زدن زمین باشد. از طرف دیگر اضافه کردن این کود در هنگام شخم سبب می‌شود که توسط کشت بعدی به‌خوبی بازیافت شود. یک اثر منفی این حالت، این است‌که تراکم این کود در این زمان کاری افزایش پیدا می‌کند و خطر افزایش مقدار مواد ازته در پاییز بیشتر از هنگامی است که این کود در بهار استفاده می‌شود. همچنین مقدار کل ازت موجود در خاک در هنگام پاییز نباید از ۸۰ کیلوگرم افزایش پیدا کند، لذا پخش این کود محدود خواهد شد. راه چاره این است که این کود در هنگام بهار قبل از کشت چغندر در زمین پخش گردد. اما باید توجه داشت که این روش تنها در زمین‌هایی که خاک آنها قابلیت تحمل وزن بالای ماشین پخش‌کننده کود را در بهار دارا هستند، امکان پذیر است. علاوه بر این این کود باید، طی فاصله زمانی چهار ساعت در زمین پخش گردد. این بدان معنی است که زمین کشت چغندرقند در بهار، بعد از پخش کود، قابل کارکردن است. از رساندن صدمات ساختاری به زمین کشت چغندر باید اجتناب گردد، چرا که این عمل به ناچار سبب کاهش رشد چغندر می‌شود. باتوجه به روش‌های پخش کود در زمین، موارد زیر برای پخش این نوع کود امکان‌پذیر است:

بدون شک در اثر افزایش قیمت کودهای معدنی و همچنین توجه به محیطزیست سبب می‌گردد که استفاده از ضایعات تولید بیوگاز، به‌دلیل قیمت مناسب‌تر و ضایعات کمتر مورد توجه قرار گیرد

استفاده از سر پخش‌کننده یا پخش‌کننده صفحه‌ای

با اســتفاده از این روش، کود در محدوده وســیعی از زمین پخش می‌شود. این روش به‌شدت تحت‌تأثیر جریان و ســرعت باد بوده و استفاده از آن همراه با ضایعات بالای مواد ازته اســت. اگر از این روش اســتفاده شود، باید توجه داشت که دما تا حد ممکن پایین باشد، اشعه خورشید وجود نداشته باشد و باد اثر منفی بر پخش کود نداشته باشد. در غیر این‌صورت در اثر اســتفاده از این روش، مقدار ضایعات ازت بسیار بالا است.

پخش کود به کمک شیلنگ‌های متصل به دستگاه

میزان ضایعات ازت در هنگام اســتفاده از پخش‌کننده شــیلنگی در مقایسه به صفحه یا ســر پخش‌کننده بسیار کمتــر اســت. همچنین با این روش پخــش کود در زمین بهتر صورت می‌گیرد. یک مزیت بالای این روش این است که طول بازوهای دســتگاه پخش‌کننده تا ۳۶ متر می‌تواند باشد. اما باید توجه داشت که دستگاه پخش‌کننده با طول زیاد، تنها در هنگام اســتفاده از مخزنی با حجم بالا معنی دارد، چرا که در غیر این صورت، مســیر حرکت دســتگاه بســیار کوتاه خواهد شــد. با مخزنی به گنجایش ۲۰ متر مکعب و پخش‌کننده‌ای به طول ۲۷ متر، برای پخش کود به میزان ۲۰ متر مکعب در هر هکتار، میزان حرکت ماشین حدود ۳۷۰ متر است. از معایب این روش هزینه بالای آن و وزن زیاد تجهیزات اســت که باعث کاهش استفاده از آن در کشاورزی می‌گردد.

پخش کود به‌صورت مستقیم

پخش مســتقیم کود، دارای کمتریــن میزان ضایعات است. در این حالت کود به‌صورت مستقیم در مسیر حاصل از یک دیسک یا کشتکار که روی زمین حاصل می‌گردد، پخش می‌شود، که ضایعات ازت وجود نخواهد داشت. با این روش، عمدتا از دســتگاه خود پرتاب استفاده می‌شود، چرا که در غیر این صورت مجبور بوده از ماشین جانبی استفاده شود که ســبب افزایش هزینه حمل‌ونقل به میزان قابل توجهی خواهد گردیــد. به‌دلیل اینکه ایجاد زمان وقفه کاری برای ماشین‌های متعدد، بسیار گران است. با پخش‌کننده‌ای به طول ۶ متر و داشتن مخزنی به حجم ۲۰ متر مکعب، برای پخش کود به میزان ۲۰ متر مکعب در هر هکتار، ۱۶۶۶متر رانندگی امکان‌پذیر است.

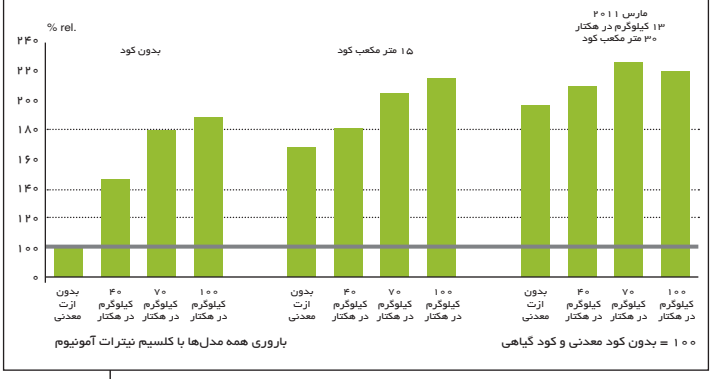
اضافــه کردن کود بــا روش Strip-till (روش جدیدی است که حداقل عملیات را دارد و تنها در ارتباط با بخشی از خاک است که شامل ردیف دانه است.م.).

این روش در کشاورزی جدید بوده و درحال حاضر اصولاً برای ذرت اســتفاده می‌شــود. در این حالت تنها خاک در محل‌هایی که بعداً باید دانه کاشته شود، شخم‌زده می‌شود و همزمان این کود به‌عنوان کود زیرین، اضافه می‌شــود. با ایــن روش هم هیچ‌گونه ضایعات ازت به شــکل گاز وجود ندارد. اصل مهم در اســتفاده از این روش وجود سیستمی است که کاملاً موازی حرکت کند.

جدول ۱: مثالی از مواد تشکیل‌دهنده و ارزش ضایعات تولید بیوگاز

	درصد ماده خشک به هر تن سوبسترا	ازت کل N_t	P_2O_5	K_2O
کیلوگرم به هر تن سوبسترا	۵/۵۰	۴/۴۰	۱/۷۰	۴/۸۰
یورو به ازاء هر کیلوگرم	۱/۰۰	۰/۸۹	۰/۷۳	
یورو به ازاء هر تن سوبسترا	۴/۴۰	۱/۶۷	۳/۵۰	

نمودار ۱: کود ازته و ضایعات تخمیری
(اثر مقدار متفاوت‌های ازت داده شده به خاک روی میزان شکر سفید استحصال شده)



هزینه

برای قضاوت اینکه آیا اســتفاده از این نوع کود دارای ارزش است، مهم است که خصوصیات و ترکیبات آن دقیقاً شناخته شــود. مقدار ترکیبات کود با توجه به سوبسترای خارج شــده از تولید بیوگاز، بسیار متغیر است و می‌توانند بــه کمک آنالیز دقیقی، کاملا مشــخص گردند. برای مثال در (جدول ۱)، متوســط آنالیزهای انجام شده نمایش داده شده است.

باتوجه به مواد مغذی ازت- فسفر و پتاسیم، ارزش این نوع کود ۹/۵۷ یورو به‌ازاء هر تن بیومس اســت. درصورت تهیــه این کــود از فاصله بیــش از ۱۵کیلومتری، می‌تواند پخش این نوع کود با توجه به روش به‌کار برده شده، دیگر اقتصادی نباشد.

استفاده برای چغندرقند

اتاق کشــاورزی نیدرزاکســن (LWK-NS) و انجمن ارتقاء چغندرقند در شمال آلمان (ARGE-Nord) از سال ۲۰۱۰ آزمایش‌هایی را در جهت اســتفاده از این نوع کود برای چغندرقند انجام داده‌اند. در ســال ۲۰۱۰ دو آزمایش

مقدار ترکیبات کود با توجه به سوبسترای خارج شده از تولید بیوگاز، بسیار متغیر است و می‌توانند به کمک آنالیز دقیقی، کاملا مشخص گردند. برای مثال در (جدول ۱)، متوسط آنالیزهای انجام شده نمایش داده شده است

پخش ضایعات تخمیری تولید بیوگاز به روش مستقیم

در جهت افزایش ازت در دهکده هامرس در اولسن و ماختسوم در هایلدس هایم انجام گرفت. قبل از کشت چغندرقند مقدار ۲۰ مترمکعب در هر هکتار از این کود روی زمین‌ها به روش مرسوم پخش شد. علاوه بر این با در نظر گرفتن ۴ متغیر، مقدار صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم، ازت به‌صورت کود معدنی، به هر هکتار زمین‌ها داده شد. نتایج نشان دادند که بدون‌شک اضافه کردن ۲۰ متر مکعب از این ضایعات تخمیری به هر هکتار در سال ۲۰۱۰ سبب گردید که بیشترین میزان عملکرد شکر (میزان استحصال شکر در کارخانه) وجود داشته باشد.

در سال ۲۰۱۱ این آزمایش‌ها در مکان‌های دهکده هامرس در اولسن، گروسن‌رُد در نوردهایم و ورلته در امسلند ادامه پیدا کرد. در این تحقیق سه مقدار متفاوت از این کود با چهار مقدار متفاوت از افزودن ازت به‌صورت مکمل انجام گرفت. (در نمودار ۱، نتایج حاصل از این آزمایش نمایش داده شده است.)

زمین‌های هامرس دارای خاک هومیک –لومی- شنی ضعیفی با امتیاز ۳۳ است. حداقل مقدار ازت در بهار سال ۲۰۱۱ برای این زمین مقدار بسیار کم ۱۳ کیلوگرم در هر هکتار بود. این ضایعات تخمیری (کود) در بهار قبل از کشت به زمین داده شد. شکل ۱، اثر اضافه شدن ازت را در مقدار عملکرد شکر در مقایسه با مقدار خیلی کم ازت، به‌طور وضوح نشان می‌دهد. با افزودن ۱۵ مترمکعب از این کود به هر هکتار، حتی بدون اضافه کردن هیچ‌گونه کود ازته دیگری، افزایش مقدار برداشت در هکتار مشخص است، که با افزودن ۳۰ مترمکعب از این کود به هر هکتار، این مقدار برداشت باز هم افزایش می‌یابد. در اثر افزودن کود ازته معدنی همراه با مقدار ۳۰ مترمکعب کود تخمیری به خاک، مقدار برداشت تنها خیلی کم افزایش خواهد یافت، در حالی‌که مقدار عدد ازت به‌صورت مشخصی افزایش پیدا کرده بود، به‌طوری‌که تأمین مقدار ۷۰ درصد ازت، از این کود تخمیری در سال که قبلاً محاسبه شده بود، به‌وسیله آزمایش‌ها تأیید شد.

کود فسفر و پتاسیم

مقدار کود فسفر و پتاسیمی که باید همراه این کود در سال داده شود، ۱۰۰ درصد توسط این کود تأمین می‌گردد. به‌ازاء برداشت هر ۱۰ تن چغندر از خاک، مقدار ۲۵ کیلوگرم K_2O و ۱۰ کیلوگرم P_2O_5 از خاک برداشت می‌شود. همچنین مقدار ۴۲ کیلوگرم K_2O و ۸ کیلوگرم P_2O_5 به‌ازاء هر ۱۰ تن چغندر در هنگام تشکیل برگ، از خاک برداشت می‌شود. در اثر افزودن ۳۰ متر مکعب در هر هکتار به زمین در هنگام بهار، مقدار ۱۴۴ کیلوگرم K_2O و ۵۱ کیلوگرم P_2O_5 به زمین افزوده می‌شود که این مقدار به‌خوبی می‌توانند جایگزین کودهای معدنی لازم گردند. برای مثال پیشنهاد می‌شود که مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود DAP (18N / 46P / 60K) قبل از کاشت و مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هر هکتار کود 40-er Kornkali هنگامی که چغندر ۶ تا ۸ برگ دارد داده شود. این عمل با توجه به آزمایشات انجام شده تاکنون، سبب افزایش در میزان برداشت محصول شده است.

نتیجه‌گیری

استفاده از ضایعات حاصل از راکتورهای تولید گاز به‌عنوان کود برای مزارع چغندرقند توصیه می‌گردد. بدون شک باتوجه به زمان طولانی رشد چغندر، مقدار ازت اضافه شده توسط این نوع کود به خاک، توسط چغندرقند مصرف می‌شود. تأمین مقدار ۷۰ درصد ازت لازم، از این کود تخمیری در سال تأیید شده است. آزمایش‌های دیگری نیز در سال ۲۰۱۲ توسط اتاق کشاورزی نیدرزاکسن (LWK-NS) و انجمن ارتقاء چغندرقند در شمال آلمان (ARGE-Nord) انجام شده است.

مقدار کود فسفر و پتاسیمی که باید همراه این کود در سال داده شود، ۱۰۰ درصد توسط این کود تأمین می‌گردد. به‌ازاء برداشت هر ۱۰ تن چغندر از خاک، مقدار ۲۵ کیلوگرم P_2O و ۱۰ کیلوگرم P_2O_5 از خاک برداشت می‌شود

صد سال شکر سوئیسی
در آربرگ

ترجمه : دکتر رضا شیخ‌الاسلامی
نقل از : Sugar Industry 2012/10

کارخانه آربرگ امروز یکی از مدرن‌ترین کارخانه‌های اروپاست

چگونه و در چه حجمی سوئیس قبل از تولید شکر چغندرقند در قرن‌های ۱۶، ۱۷ و ۱۸ شکر مصرفی‌اش را تأمین می‌کرده است، معلوم نیست. احتمالاً واردات شکر از طریق تصفیه‌خانه‌های واقع در هلند، آلمان (KÖLN و HiLdesheim) و فرانسه انجام می‌شده است.

۱. شکر از سوئیس، اولین حرکت

چگونه و در چه حجمی سوئیس قبل از تولید شکر چغندرقند در قرن‌های ۱۶، ۱۷ و ۱۸ شکر مصرفی‌اش را تأمین می‌کرده است، معلوم نیست. احتمالاً واردات شکر از طریق تصفیه‌خانه‌های واقع در هلند، آلمان (KÖLN و HiLdesheim) و فرانسه انجام می‌شده است.

ژنو به‌عنوان دروازه واردات شکر در سوئیس رُل مهمی داشته است. اولین حرکت که در سوئیس شکر تولید شود، در سال ۱۸۱۱ در Basel کلید خورد. در Nyon (۱۸۱۳) Neuenburg (۱۸۱۵) Genfcarouge (۱۸۲۰) هم آزمایشی کارهایی انجام گرفت، همه این کارخانه‌ها بعد از مدت‌کوتاهی، به‌علت کمبود چغندر محلی، ورشکست شدند.

بین سال‌های ۱۸۵۰ - ۱۸۳۶ دولت و مجلس بارها به پروژه تأسیس یک کارخانه قند پرداختند. این طرح هم فقط به‌صورت پروژه باقی ماند و در نهایت بایگانی شد.

در شمال‌شرقی Frauen Feld در دهکده Herden تعدادی از بانکدارهای بازلی و زوریخی در سال ۱۸۵۷ خواستند کارخانه قندی تأسیس کنند. با وجود اعلام سود زیادی که پروژه خواهد داشت این پروژه هم به‌علت عدم تأمین سرمایه عملی نشد. در سال ۱۸۷۹ کمیته مردمی در Muri به‌علت مشکلات مالی هم نتوانست نسبت به تأسیس کارخانه قند اقدام نماید. در Payerne هم اقداماتی برای تأسیس کارخانه قند شروع شد. بین سال‌های ۱۸۸۴ - ۱۸۸۰ یک گروه فرانسوی با مسؤولین Payerne تماس‌هایی در رابطه با تأسیس کارخانه قند انجام دادند. اما به‌علت عدم تأمین منابع مالی این کار نیز به نتیجه نرسید. در سال ۱۸۸۷ سعی شد که با همکاری فرانسوی‌ها

در اســتان Luzern و Aargau کارخانه قندی تأســیس گردد، این طرح هم عملی نشد. بهائی که برای چغندرقند تعیین شده بود، مورد قبول کشاورزان قرار نگرفت. تأسیس کارخانــه قند همچنان در ســوئیس آرزوی بزرگی بود. در چهارم دسامبر ۱۸۹۱ در Basel شرکت سهامی Helveta به ثبت رســید. پشتوانه این شــرکت، شرکت Langen و Pfeifer از کلن آلمان بود. این حرکت به واقعیت پیوست. بعد از مدت کوتاهی ساختمان لازم در Monthey ساخته شــد و کارخانه با تولید شکرخام شروع به‌کار کرد. در یک تصفیه‌خانه فوری شــکرخام تصفیه می‌شــد. در ادامه کار نیاز به شــکر سوئیسی برای اولین‌بار به‌شدت افزایش یافت به‌طوری‌که بعد از مدتی کارخانه قادر به پذیرش ســفارش نبود. کشــاورزان چغندرکار هــم به‌علت بهای کم‌چغندر از کشت چغندر خودداری می‌کردند و به اندازه کافی چغندر در اختیار کارخانه نگذاشتند و چیزی نگذشت که کارخانه دیگر قادر به ادامه کار نبود. در سال ۱۸۹۵ مدیریت کارخانه به کشــاورزان اطلاع داد کــه کارخانه دیگر چغندر تحویل نمی‌گیرد و قراردادهای چغندر را باطل اعلام کرد.

برعکس تمام فعالیت‌هایی که در راه تأســیس کارخانه انجام شده بود و در نهایت همه با عدم‌موفقیت روبه‌رو شدند، با وجود همه مشــکلات شــرکتی موفق شد آسیاب شکر در Rupperwil را راه‌انــدازی کند. راه‌اندازی این آســیاب در Rupperwil بنا به خواسته Müller قناد معروف اهل برن و کارخانــه تهیــه نان Jakoo و Gottlieb و پســران انجام گرفت. در ســال ۱۸۸۵ یاکوب دستور ساخت آسیابی را داد که از قند کله پودر قند برای مصرف در یک نوع پیراشــکی تهیه کند. در ســال ۱۹۱۵ این کارگاه آتش گرفت ولی در همان ســال مجدداً بازسازی و راه‌اندازی شد. آسیاب شکر Rupperwil با مالکیت شرکت سهامی خصوصی هم‌اکنون نیز مشغول به‌کار است.

۲. کارخانه قند چغندری آربرگ Aarberg

کارخانه قند آربرگ از همان شروع کار در اقتصاد شکر سوئیس رُل مهمی را بازی کرده است. البته این کارخانه هم از مشــکلات بی‌بهره نبوده است. در سال ۱۸۹۶ کمیته‌ای در آربرگ برای تأسیس کارخانه قند شکل گرفت. ظرفیت کارخانه باید ۳۰،۰۰۰ تن چغندر در یک دوره بهره‌برداری باشــد که بر مبنای عملکرد آن زمان ۹۰۰ هکتار زیرکشت می‌رفت. ســرمایه لازم ۱/۵ میلیون فرانک پیش‌بینی شد. یــک مؤسســه آلمانی تعهد کــرد در صورتی‌که ۵۰ درصد ســهام توسط سوئیس تأمین شود، بقیه ۵۰ درصد سرمایه را او تأمین خواهد کرد. ســرمایه‌گذاری از طرف ســوئیس مقدور نشــد و گروه آلمانی هم از سرمایه‌گذاری خودداری

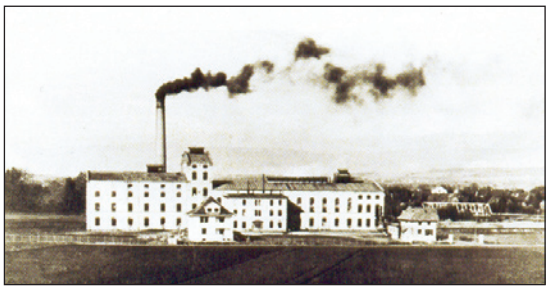
کارخانه قند آربرگ از همان شروع کار در اقتصاد شکر سوئیس رُل مهمی را بازی کرده است. البته این کارخانه هم از مشکلات بی‌بهره نبوده است. در سال ۱۸۹۶ کمیته‌ای در آربرگ برای تأسیس کارخانه قند شکل گرفت

شکل ۱: کارت پستال با تصویر اولین کارخانه قند در آربرگ

کرد. عدم‌موفقیت این کار، نبود علاقه از طرف کشاورزان و کاهش قیمت شــکر بوده است. کمیته آربرگ بعد از این با شرکت BMA (سازنده ماشین‌آلات صنایع قند) در رابطه با ساخت کارخانه تماس گرفتند. در یک بیان‌نامه در ژوئن ۱۸۹۸ کمیته خوشــبینی خــود را اعلام کرد. Seeland و مناطق اطراف آن برای کشــت چغندرقند مناسب و سطح زیرکشــت برای تأمین مواد اولیــه در آینده همه به اندازه کافــی وجود دارد. ظرفیت کارخانه ۲۵۰ تن در شــبانه‌روز درنظر گرفته شد. افزایش ظرفیت و تأسیس یک تصفیه‌خانه نیز پیش‌بینی شد. با توسعه کشت چغندر تأسیس دومین کارخانه شــکرخام نیز مدنظر بود. در سال ۱۸۹۹ کارخانه قند آربرگ شروع به بهره‌برداری کرد. (شکل ۱)

در مــدت ۵۱ روز بهره‌بــرداری ۱۲،۶۰۰ تــن چغندر مصرف شــد. از نظر اقتصادی در اوایــل کار وضع کارخانه خراب بود. کارخانه فاقد نقدینگی بود و مقامات دولتی هم از دادن تسهیلات خودداری می‌کردند. علاوه بر این مشکل گذشته مجدداً بروز کرد. در اکثر مناطق چغندر کمی کشت و تحویل شد. مدیریت وقت کارخانه دست به اقدام عجیبی زد و شروع کرد به اجاره زمین و کشت چغندرقند. این کار هــم کمک چندانی نکــرد و کارخانه در ۲۹ مه ۱۹۰۹ باید اعلام ورشکستگی کند. در ۹ آگوست ۱۹۰۹ بانک کانتون در برن کارخانه را به حراج گذاشت و مانع از بین رفتن این واحد تولیدی شد. (شکل ۲)

معهذا تاریخ کارخانه قند آربرگ همچنان با بدشانسی همــراه بود. در ۲۸ ژانویه ۱۹۱۲ حدود ســاعت ۱۶ بنا به



شکل ۲ : کارخانه قند آن زمان در سال ۱۹۱۱ از نمای جنوب غربی

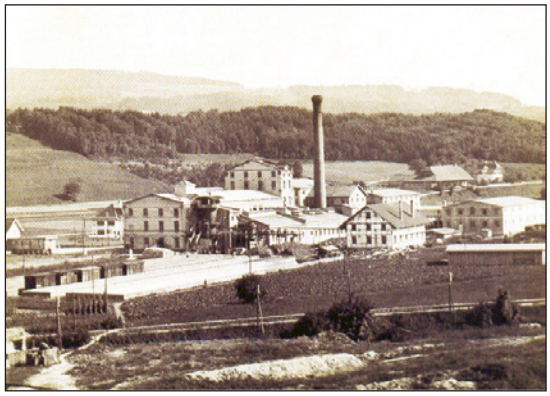
شکل ۳ : در ۲۸ ژانویه ۱۹۱۲ کارخانه قدیمی کاملاً سوخت

شکل ۴ : کارخانه قند قدیمی در آربرگ سال ۱۹۱۲ بعد از آتش‌سوزی

دلایلی که هرگز معلوم نشد، آتش گرفت. ساختمان اصلی، تفالـه خشـک‌کنی، کوره بخار و دو سـالن انبـار در آتش سـوختند (شکل ۳ و ۴). بازسازی مجدد اصلاً مقدور نبود، گذشته تاریک کارخانه روی شانه مدیران سنگینی می‌کرد. **با وجود گذشته سخت و تلخ بازسازی مجدد بالاخره توسط بانک کانتون تصویب شد.** در ۱۶ نوامبر ۱۹۱۲ کارخانه قند و تصفیه‌خانه آربرگ با ۱۷۰۰ سهم با ارزش اسمی هر سهم ۵۰۰ فرانک سـوئیس به‌صورت شـرکت سهامی با سرمایه ۸۵۰,۰۰۰ فرانک تأسـیس شـد. طبق ماده ۲ اساسـنامه هدف شـرکت خرید، تملک، بازسازی و راه‌اندازی کارخانه و تصفیه‌خانه در آربرگ و ادامه کار کارخانه، فروش شکر و همچنین سایر محصولات جانبی بوده است.

بانک کانتون بازسازی کارخانه را طوری آماده کرده بود که مدیریت کارخانـه جدید در همان روز تحویل و تحول قرارداد خرید ماشـین‌آلات را امضا کرد. از این طریق قدم اول در راه شروع جدید برای تولید شکر در آربرگ برداشته شد. (شکل ۵)

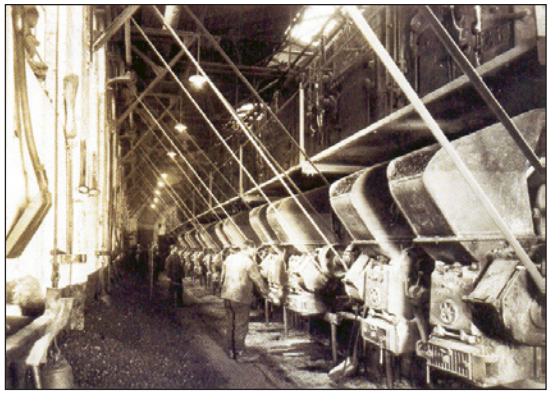
در اول فوریـه ۱۹۱۳ قـرارداد خرید بین بانک کانتون و شرکت جدید امضا و به ثبت رسید. اگرچه مونتاژ بعضی ماشین‌آلات هنوز تمام نشده بود ولی کارخانه در ۱۳ اکتبر ۱۹۱۳ بهره‌برداری‌اش را شـروع کـرد. در بهره‌برداری اول



شکل ۵ : کارخانه قند جدید در سال ۱۹۱۶

همان‌طوری‌که پیش‌بینی شـده بود، مقـدار ۳۰,۰۰۰ تن چغندر مصرف شد.

با شـروع جنگ جهانی اول زمان مشـکلات فرا رسید. مواد اولیه برای تولید شـکر بسیار کم شد. در سال ۱۹۱۶ در سـوئیس انحصار شـکر برای زمان جنگ برقرار شد. در مقابل فروش ۱۰۰ کیلوگرم شـکر کارخانه موظف بود ۱۵ فرانک به سازمان انحصار پرداخت کند. این مشکل بزرگی بود، زیرا شـکر خامی که به‌صورت کارمزدی تبدیل می‌شد و اگر هم شـکرخام در اختیار بود، سـه‌چهارم مبلغ فروش هزینه خرید شـکرخام می‌شد. در خلال جنگ جهانی اول کارخانه قند آربرگ از رشد قیمت سود برد و توانست وضع اقتصادی خود را بهبود دهد. بلافاصله بعد از جنگ و قرارداد صلـح کارخانه باید با رقبای بین‌المللی که در آن مخصوصاً کشورهای تولیدی قاره، شـکر را با قیمت‌های سوبسیدی تحویل می‌دادند، رقابت کند. از سـال ۱۹۲۱ دولت کمک کرد و در سـال‌های بعد هم تعرفه ورود شکر را قدم به‌قدم افزایش داد. به‌منظور تأمین شـکر مصرفی بحث تأسـیس کارخانه قند دیگری در Broyetal و یا در Tessin شـروع شـد. البته باتوجه به اینکه سـطح زیرکشت هنوز کم بود، راه‌حلی در رابطه با توسـعه کارخانه موجود پیشـنهاد شد. (شکل ۹-۶).



شکل ۶ : کوره بخار قدیمی در سال ۱۹۲۳

بانک کانتون بازسازی کارخانه را طوری آماده کرده بود که مدیریت کارخانه جدید در همان روز تحویل و تحول قرارداد خرید ماشین‌آلات را امضا کرد. از این طریق قدم اول در راه شروع جدید برای تولید شکر در آربرگ برداشته شد

دولـت به کارخانه آربرگ پیشـنهاد کـرد که به‌جای مصرف چغندر ۶۰,۰۰۰ - ۵۰,۰۰۰ تن ظرفیت کارخانه را به ۱۰۰,۰۰۰ تن برساند. کارخانه در مقابل خواستار تأمین منابع مالی توسط دولت شد. مراحل مختلف افزایش ظرفیت در سال ۱۹۳۵ با قراردادی بین کارخانه و دولت عملاً شروع شد. در سـال ۱۹۲۱ هیأت‌مدیره وقت درخواست سازمان انحصار را که شـکر کریستال تولید شود، چون تقاضا برای آن بـالا بود، رد کرد. در آن زمان تمایلی نبود «برای مدت زمان کوتاهی خوشـی» ماشین‌آلات جدیدی نصب گردد. این یک تصمیم اشتباه بود، زیرا در پروتکل مدیریت از ۲۲ ژانویه ۱۹۲۳ ذکر شده بود که «داشتن تأسیسات شکر سفید کمک بزرگی است و از نظر اقتصادی هم سودآور است.»

از پروتـکل ۱۹۲۴ چنین برمی‌آید که کله قند به‌ندرت

شکل ۷ : سانتریفوژ Pile در سال ۱۹۲۴

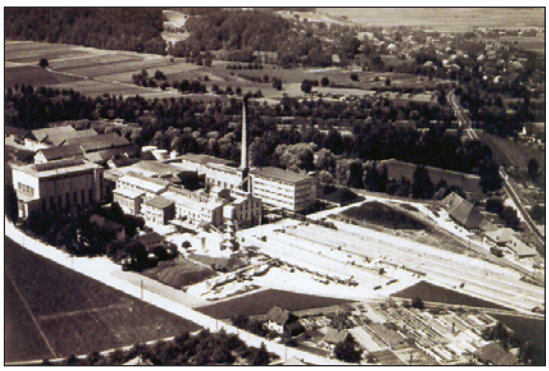
شکل ۸ : بخش بسته‌بندی کله قند در سال ۱۹۲۴

شکل ۹ : بخش قند حبه و بسته‌بندی قند حبه

فروش می‌رفت. کارخانه قند ظاهراً توجهی به بازار نداشت. در سـال ۱۹۲۵ بـازار کارخانـه را وادار کـرد کـه بخش کریستالیزاسـیون را تأسیس نماید. بعد از دو سال ۱۹۲۷ کارخانه قند طرحی برای تحویل چغندر برای چغندرکاران روسـتاهای اطراف کارخانه ارائه داد. نتیجه این کار بحران اقتصادی و ضرر و زیان کارخانه بود که در سال ۱۹۳۷ ناچار شد مانند سایر کارخانه‌ها اعلام کند که مزد کارکنان را ۷ درصد کاهش می‌دهد.

جنگ دوم جهانی (۱۹۴۵-۱۹۳۹) در مرحله اول فروش شـکر برای کارخانـه را ممنوع و بعداً آن را سـهمیه‌بندی کرد. در سـال ۱۹۴۰ انحصار شکر دیگری اعلام شد. تعداد زیادی کارگران کارخانه (حدود ۱۱۵ نفر) باید اخراج شوند. برای مقابله با حملات هوایی روی پشت‌بام انبار یک تیربار ضدهوایی نصب شـد. سوخت مدت زیادی نایاب شد. سال ۱۹۴۵ کارخانه برای تأمین انرژی قرارداد دو ترموکمپرسیون را امضا کرد. این دو واحد یک‌سوم انرژی مصرفی کارخانه را می‌توانست تأمین کند. هدف این کار این بود که کارخانه با انرژی الکتریکی اداره شود و از وابستگی به ورود ذغال‌سنگ خارجی کاسته شود. این دو واحد این امکان را به کارخانه می‌داد که تا ۴۰ درصد از سوخت‌های فسیلی صرفه‌جویی شـود. بعد از جنگ دوم جهانی وضعیت بهبود یافت، سال ۱۹۴۸ سـهمیه‌بندی شـکر از بین رفت ولی قیمت شـکر مجدداً کاهش یافت.

در سـال ۱۹۶۵ کارخانـه قند آربرگ بـرای اولین‌بار به‌طور کامل نوسـازی شد (شـکل ۱۰). خیلی از کارهای دستی سخت حذف شد. ظرفیت کارخانه به ۳,۰۰۰ تن در روز رسید. از سال ۱۹۷۵ دولت قدم به قدم قیمت چغندر را افزایـش داد. (۱۹۷۵ اولیـن مرتبه از ۱۱/۲۰ به ۱۳/۲۰ فرانـک، ۱۹۷۶ بـه ۱۴ فرانک، ۱۹۷۷ بـه ۱۵ فرانک). در اول ماه مه ۱۹۷۷ سـهمیه‌بندی شکر عملاً شروع شد. هر دو مورد باعث توسـعه کشت چغندرقند شدند. بعد از سال ۱۹۷۷ ظرفیـت کارخانه قند آربرگ به‌تدریج افزایش یافت و در حال حاضر به ۱۰,۰۰۰ تن رسیده است.



شکل ۱۰ : کارخانه قند آربرگ بعد از چندین مرحله توسعه در سال ۱۹۷۳

در اول ماه مه ۱۹۷۷ سهمیه‌بندی شکر عملاً شروع شد. هر دو مورد باعث توسعه کشت چغندرقند شدند. بعد از سال ۱۹۷۷ ظرفیت کارخانه قند آربرگ به‌تدریج افزایش یافت و در حال حاضر به ۱۰,۰۰۰ تن رسیده است

۳. راه طولانی تا فراون‌فلد

بحث تأسیس دومین کارخانه قند در سوئیس از سال ۱۹۳۴ در شرق و غرب سوئیس مطرح بود. در سال ۱۹۳۵ سه کمیته کشاورزی در برن مشکلات تأسیس دومین کارخانه قند را مورد بررسی قرار دادند. در بهار ۱۹۳۸ کمیسیون کشت نباتات اتحادیه کشاورزی استانی Zürich و Schaffhause تصمیم گرفتند که در شرق سوئیس آزمایش‌هایی به‌منظور آشنایی کشاورزان با کشت و زرع چغندرقند انجام گیرد. در همان سال کمیته‌ای برای تأسیس یک کارخانه قند در استان زوریخ نیز تشکیل شد. اتحادیه زراعت چغندرقند شرق سوئیس علاقه‌مند بود که در شرق سوئیس دومین کارخانه قند را تأسیس کند ولی چون باید در این رابطه نظر مردم را جویا شود اقدام به رأی‌گیری کردند، ولی در مرحله اول این پروژه رأی نیاورد. با وجود رأی منفی مردم هیئت امنای تأسیس کارخانه دست از کار نکشیدند و پیگر کار شدند. در مه ۱۹۴۹ اتحادیه با یک کمیسیون مطالعاتی قراردادی در رابطه با سؤالات مطرح شده با کشت چغندرقند و ارائه راه‌حل برای مشکلات پیش‌روی زراعت چغندرقند منعقد کرد. در سال ۱۹۵۴ اتحادیه شرق سوئیس برای زراعت چغندرقند و اتحادیه چغندرکاران کارخانه قند آربرگ موافقت کردند که به‌ازاء هر ۱۰۰ کیلوگرم چغندر ۱۰ راپن از بهای چغندر کسر و در یک صندوق به‌منظور تأمین هزینه کارخانه دوم جمع‌آوری گردد.

از پاییز ۱۹۵۴ مبلغی که از این طریق سالیانه جمع‌آوری می‌شد حدود ۲۰۰،۰۰۰ فرانک بود که از نظر سیاسی اثر بسیار خوبی داشت. در این مرحله درخواست تأسیس کارخانه توجه بیشتری را بین مردم برانگیخت و عقیده مردم به سود تأسیس کارخانه دوم تغییر یافت. علاوه بر این کمیسیون مطالعاتی در سپتامبر ۱۹۵۵ گزارشی مثبت ارائه داد. سپس در سال ۱۹۵۷ شورای محلی از تأسیس کارخانه دوم در قسمت شرقی اراضی Basel و Solothurn و Bern استقبال کرد و آن‌را مورد تصویب قرار داد. در سال ۱۹۵۹ این مصوبه به اجرا درآمد و راه برای تأسیس کارخانه دوم باز شد. حتی در همان سال در ۲۱ مه ۱۹۵۹ در سالن کنگره زوریخ جلسه مجمع مؤسسان کارخانه جدید برگزار شد. در رابطه با محل کارخانه کارهای مقدماتی زیادی انجام گرفته بود.

در فوریه ۱۹۶۰ شورای مدیریت تصمیم گرفت که کارخانه در فراون‌فلد تأسیس شود. علاوه بر Thurgauer، نقاط اصلی Birrfeld و Marthalen نیز مورد بررسی قرار گرفته بود. در فراون‌فلد زمینی مناسب در اختیار بود. ۱۹۶۱ کارهای ساختمانی کارخانه جدید شروع شد. در بزرگ‌ترین کارگاه ساختمانی در فراون‌فلد در بعضی مواقع حدود ۱۰۰۰ نفر مشغول به‌کار بودند. کارهای ساختمانی و نصب ماشین‌آلات قدم‌به‌قدم پیش می‌رفت. در ۹ اکتبر ۱۹۶۳ در طلوع آفتاب مصرف چغندر در فراون‌فلد شروع شد. زمان

در بهار ۱۹۳۸ کمیسیون کشت نباتات اتحادیه کشاورزی استانی Zürich و Schaffhause تصمیم گرفتند که در شرق سوئیس آزمایش‌هایی به‌منظور آشنایی کشاورزان با کشت و زرع چغندرقند انجام گیرد. در همان سال کمیته‌ای برای تأسیس یک کارخانه قند در استان زوریخ نیز تشکیل شد

جدول ۱ : کارخانه Aarberg و Frauenfeld

	Aarberg	Frauenfeld
تأسیس	۱۶ نوامبر ۱۹۱۲	۲۱ مه ۱۹۵۷
راه‌اندازی	۱۳ اکتبر ۱۹۱۳	۹ اکتبر ۱۹۶۳
کارکنان	۱۷۰	۱۵۰
در دوره بهره‌برداری	۲۰۰	۱۵۵
بهره‌برداری	مصرف چغندر و شربت غلیظ	مصرف چغندر
ظرفیت تن در شبانه‌روز	۹۶۰۰	۱۰،۰۰۰
محصول تولیدی تن در شبانه‌روز شکر شکر در شربت غلیظ ملاس تفاله تر تفاله خشک	 ۱۰۰۰ ۴۰۰ ۲۰۰ ۱۶۰۰ ۱۰۰	 ۱۵۰۰ – ۳۲۰ ۱۴۰۰ ۱۷۰
سیلوی شکر	فله	فله
ظرفیت سیلو به تن	۶۰،۰۰۰	۹۰،۰۰۰
بسته‌بندی	تمام سال	
محصول	شکر سفید فله و کیسه شکر ژله‌ای ملاس تفاله تر و خشک	شکر سفید فله و کیسه شکر بیو ملاس تفاله تر و خشک
ویژگی‌ها	ماشین‌آلات بسته‌بندی (یک‌کیلوگرم کیسه، قند حبه، جعبه) تفاله خشک کن	تفاله خشک‌کن
تصفیه آب	تأسیسات تصفیه فاضلاب با ظرفیت فاضلاب ۲۶۰،۰۰۰ انسان مراحل تصفیه: جداسازی گل و آب در حوض ترسیب مکانیکی تصفیه مقدماتی فاضلاب در تأسیسات بی‌هوازی بیو تصفیه بعدی در تأسیسات بیولوژیکی هوازی	تأسیسات تصفیه فاضلاب شامل استخر ترسیب مکانیکی و رآکتور بی‌هوازی برای تصفیه آب شستشو فاضلاب تصفیه شده در چند مرحله به شبکه شهری فرستاده می‌شود

راه‌اندازی که توسط شورا تصویب شده بود، ۳۱ دسامبر ۱۹۶۳ بود که از این نظر کارخانه زودتر راه‌اندازی شد. ظرفیت کارخانه در شروع کار ۱۶۰۰ تن چغندر در شبانه‌روز بود. در سال بعد کشت چغندرقند در منطقه فراون‌فلد به‌طور چشمگیری افزایش یافت، به‌طوری‌که صاحبان کارخانه باید ظرفیت کارخانه را افزایش دهند. **این موفقیت مرهون فعالیت‌ها و کارهای زیربنایی مقدماتی بود که با کمترین هزینه انجام شده بود.** در سال ۱۹۹۷ هر دو کارخانه که تا این زمان از نظر حقوقی دو شرکت جداگانه بودند ولی باتوجه به رفرم کشاورزی هر دو (کارخانه قند آربرگ و فراون‌فلد) ادغام و تبدیل به شرکت سهامی عام (ZAF) شدند. هیئت‌مدیره امروزه از استان، ناحیه، کشاورزان چغندرکار و سایر سرمایه‌گذاران تشکیل شده است.

۴. دولت و اقتصاد شکر
از اقتصاد دولتی تا اقتصاد آزاد

تا اواخر قرن نوزدهم دولت زراعت چغندرقند، ضوابط خرید چغندر، بهای چغندرقند و فروش شکر را در سوئیس مدیریت می‌کرد. تازه سال ۱۹۹۹ بخشی از اقتصاد شکر آزاد شد. طی یک قرارداد کارخانه‌های قند موظف شدند که چغندرهای برداشت شده داخلی را تحویل بگیرند، ولی ضوابط تحویل و بهای چغندر را مستقیماً با تولیدکنندگان به توافق برسد. در مقابل صنایع قند سالیانه مبلغی به‌عنوان جبران از دولت دریافت می‌کردند.

به‌وسیله قراردادهای دوطرفه و اصلاح سیاست‌های کشاورزی، برای صنایع قند سوئیس مقررات و ضوابط جدیدی در سال ۲۰۰۹ به‌وجود آمد. در حالی‌که کارخانه‌های قند شکر تولیدی خود را به بهای شکر در بازار مشترک اروپا باید بفروشند در مقابل دولت **سوبسید خود را به کارخانه‌ها قطع و مبلغی بر مبنای سطح زیرکشت چغندر به چغندرکاران پرداخت می‌کند** و از این طریق دولت کسری درآمد کشاورزان را تا اندازه‌ای جبران می‌کند. بهای شکر از وقتی‌که قراردادهای دوطرفه لازم‌الاجرا شده

شکل ۱۱ : بدنه‌های اواپراسیون در کارخانه Aarberg

حدود ۳۰درصد کاهش یافته است. این کاهش باعث پایین کشیدن بهای چغندر نیز شده است؛ **البته بخشی از آن توسط کمک دولت جبران می‌شود.**

امروزه کشت چغندرقند در سوئیس از اهمیت اقتصادی بالایی برخوردار است. بیش از ۶,۰۰۰ کشاورز در سطحی حدود ۲۰,۰۰۰ هکتار به زراعت چغندرقند مشغول می‌باشند. به‌وضوح در زندگی این کشاورزان رُل مهمی بازی می‌کند. از چغندرهای تحویلی دو کارخانه سالیانه ۲۵۰,۰۰۰ تن شکر تولید می‌کنند. (شکل‌های ۱۱ و ۱۲)

از این طریق اقتصادی شکر سوئیس سالیانه از نظر مالی ۲۵۰ میلیون فرانک ارزش تولیدی دارد که معادل ۳,۰۰۰ فرصت شغلی تمام‌وقت می‌باشد. ضریب خودکفایی شکر در سوئیس تقریباً ۱۰۰ درصد است. ۸۵ درصد شکر تولیدی در صنایع غذایی مصرف می‌شوند و بقیه ۱۵ درصد مصرف خانگی دارد. کارخانه‌های ZAF پکیج تولیدی خود را مرتباً بر مبنای نیازهای بازار وفق می‌دهد. در حال حاضر کریستال شکر به‌اندازه‌های مختلف (خیلی ریز، ریز و متوسط) تولید و آن‌ها را در بسته‌بندی‌های مختلف (کیسه، گونی، جعبه مقوایی و کاغذی) عرضه می‌کنند. بیشترین سهم شکر به‌صورت فله به‌دست مشتری می‌رسد. قند ژله‌ای و قند حبه هم تولید می‌شود. محصولات ویژه مثل نبات و یا پودر شکر به متقاضیان داخلی و خارجی تحویل می‌شود. آرزو و تصمیمات سیاسی مهم و گذر از مشکلات این دو کارخانه را آن ساخته است که امروزه هستند، مدرن، با تجهیزات کارا در خدمت خودکفایی و کشاورزی.

شکل ۱۲ : تولید شکر کنونی کارخانه‌های ZAF به میزان ۲۵۰۰۰۰ تن در سال است

طی یک قرارداد کارخانه‌های قند موظف شدند که چغندرهای برداشت شده داخلی را تحویل بگیرند، ولی ضوابط تحویل و بهای چغندر را مستقیماً با تولیدکنندگان به توافق برسد. در مقابل صنایع قند سالیانه مبلغی به‌عنوان جبران از دولت دریافت می‌کردند

طرحی جدید و قابل اطمینان برای احیاء رزین‌های تبادل یونی رنگبری

Ø نویسنده : اِم. آ. تئولیر. اِ. گونین. دِ. پیلات
Ø ترجمه : دکتر رضا شیخ‌الاسلامی
Ø نقل از : Sugar Industry 2012/6

کلید واژه: شکر، رنگبری، ممبران، احیاء

احیاء رزین‌های تبادل یونی که برای رنگبری محلول‌های قندی به‌کار می‌رود، با استفاده از محلول نمک غلیظ انجام می‌گیرد. استفاده از فیلترهای ممبران نانو منجر به کاهش مقدار نمک مصرفی می‌شود و در نهایت باعث بهبود اقتصادی روش می‌گردد. بیش از ۹۰ درصد نمکی را که برای احیاء لازم است می‌توان با استفاده مستقیم پساب که برای جداسازی رنگ به‌وسیله فیلتر ممبران نانو مخصوص و همچنین تغلیظ چند مرحله‌ای محلول نمکی به‌دست آورد. فراکسیون رنگی بدون نمک را به ملاس اضافه می‌کنند و از این طریق مقدار فاضلاب تا حد زیادی کاهش می‌یابد. در حالتی که رنگ محلول شکر ۸۰۰ واحد ایکومسا باشد، طبق این طرح مقدار آب مصرفی به کمتر از ۱۰۰ لیتر در تن شکر و فاضلاب به کمتر از ۴۰ لیتر در تن شکر می‌رسد.

۱. مقدمه

در چند سال اخیر ظرفیت تصفیه شکر به دو راه افزایش یافته است:

- تصفیه شکر نیشکر در کارخانه‌های قند چغندری در زمان غیر بهره‌برداری چغندر
- تأسیس تصفیه‌خانه‌های جدید در کشورهای جنوبی (جنوب اروپا، شمال آفریقا و خاورمیانه). در اینجا مشکل اصلی غالباً آب مصرفی است.

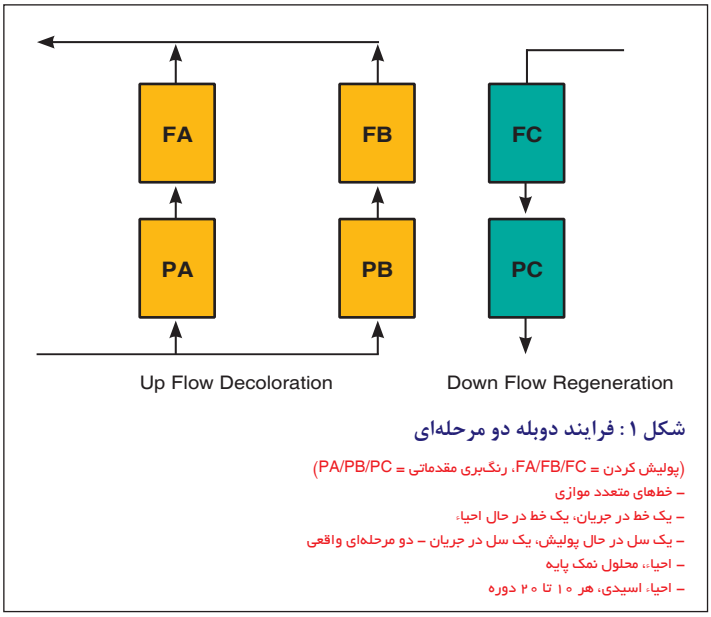
در اغلب موارد واحد رنگبری محلول شکر (لیکور) نصب شده است. در تصفیه شکر نیشکر مشکل رنگ نسبت به کارخانه‌های قند چغندری بیشتر است و سبب انتقال رنگ بیشتری از محلول شکر به کریستال شکر می‌گردد. بنابراین رنگبری در تصفیه‌خانه‌های شکرخام مرحله بحرانی می‌باشد. این روش‌ها غالباً براساس جذب ترکیبات رنگی روی رزین تبادل یونی انجام می‌گیرد.

در اکثر پروژه‌های رنگبری، استفاده‌کننده می‌خواهد که با محیط زیست کمترین برخورد را همراه با مصرف کم آب داشته باشد و حتی هیچ‌گونه پسابی حاصل نشود. این خواسته منجر به توسعه و پیشرفت در کاهش میزان آب مصرفی و پساب طرح‌های رنگبری در تصفیه‌خانه‌های شکر نیشکر شده است.

۲. فرایند رنگبری تبادل یونی

سیستم‌های رنگبری براساس جذب اجزاء رنگین موجود در محلول‌های قندی روی رزین‌های آنیونی قوی استوار است. رزین تبادل یونی باید وقتی‌که ظرفیت جذب رزین از بین می‌رود، احیاء شود. از آنجایی که بعضی اجزاء رنگین میل ترکیبی برای رزین‌های تبادل یونی دارند، آنها نمی‌توانند با روش احیاء معمول با استفاده از Nacl دفع شوند. رزین‌های تبادل یونی ظرفیتشان را با گذشت مدت استفاده از دست می‌دهند. بنابراین همان‌طوری که در (شکل ۱) نشان داده شده است یک سیستم عبور دوتایی (double pass) ارجحیت دارد. وقتی‌که رزین ستون اول از خط خارج می‌شود، به‌وسیله ستون دومی جایگزین می‌شود. رزین جدید با جریان دوم (By-Pass) به‌عنوان پرداخت‌کننده عمل می‌کند. این فرایند روند خوبی در رنگبری دارد و هزینه رزین را کاهش می‌دهد.

در اکثر پروژه‌های رنگبری، استفاده‌کننده می‌خواهد که با محیط زیست کمترین برخورد را همراه با مصرف کم آب داشته باشد و حتی هیچ‌گونه پسابی حاصل نشود. این خواسته منجر به توسعه و پیشرفت در کاهش میزان آب مصرفی و پساب طرح‌های رنگبری در تصفیه‌خانه‌های شکر نیشکر شده است

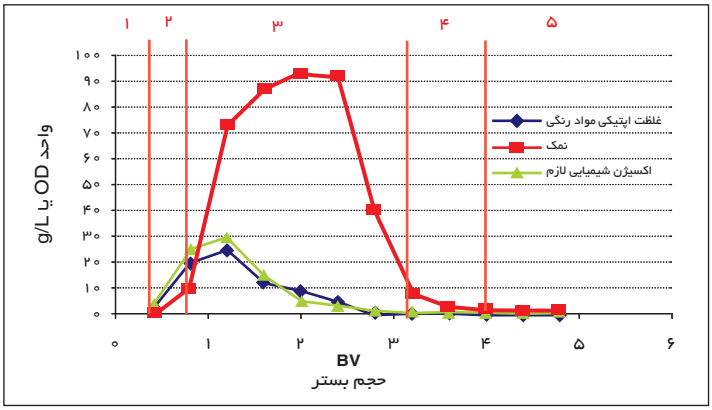


شکل ۱ : فرایند دوبله دو مرحله‌ای

(پولیش کردن = FA/FB/FC، رنگبری مقدماتی = PA/PB/PC)
- خط‌های متعدد موازی
- یک خط در جریان، یک خط در حال احیا
- یک سل در حال پولیش، یک سل در جریان - دو مرحله‌ای واقعی
- احیا، محلول نمک پایه
- احیا، اسیدی، هر ۱۰ تا ۲۰ دوره

جدول ۱ : مراحل احیاء سیستم رنگبری رزین‌های تبادل یونی

مرحله	حجم بستر(BV)	مایع ورودی	مایع خروجی
خاتمه شیرین کردن	۲/۵	آب	آب‌شیرین
شستشو بک‌واش	۱	آب	پساب
احیاء یا اشباع	۲-۱/۵	فاضلاب	فاضلاب‌شور
آبگیری آرام	۲	آب بازیافتی	فاضلاب‌شور
آبگیری سریع	۲	آب	آب‌بازیافتی



شکل ۲ :پروفیل ویژه محلول‌های رنگبری با رزین

۱. آب بازیافتی، ۲. آب رنگی نمکی، ۳. پساب رنگی، ۴. آب نمکی، ۵. آب بازیافتی

جدول ۲ : تراز جرمی در سیستم تبادل یونی رنگبری

	N	بستر حجم	COD g/L	نمک g/L	کلر بازیافت (درصد
آب بازیافت شده رنگی نمکی	۴	۱	۰/۲	۰/۹	۰/۷
آب	۱+۳	۱	۰/۹	۳/۶	۲/۵
نمک زیاد و پساب رنگی	۲	۲/۵	۱۲	۵۵/۱	۹۱/۸
کل مایع	۱-۵	۴/۵	۶/۹	۳۱/۶	۹۵

از آنجایی‌کـه بدنه رزین‌ها از اجزایـی با جرم ملکولی بالا تشـکیل شده‌اند، اکثر آنها اسـید آلی ضعیف هستند. رزین‌های تبادل‌یونی آنیونـی در فرم کلرید برای رنگبری استفاده می‌شـوند. این رزین‌های آنیونی با محلول قلیایی کلروسـدیم (۲۰۰-۱۵۰ گرم Nacl بهازاء هر لیتر رزین) احیاء می‌شوند. مراحل اصلی برای احیاء رزین‌های رنگبری در (جدول یک) نشان داده شده است. قسمتی از آب دوباره استفاده می‌شود. آب تازه استفاده شده در آخرین شستشو قابل بازیافت است و برای شستشوی محلول و اولین آبگیری استفاده می‌شود. براساس اصول احیاء تبادل یونی فقط ۵ تا ۱۰ درصد یون‌های کلرید محلول احیاء در حین احیاء جذب و بیشـتر Nacl با محلول خروجی ستون را ترک می‌کنند. نمـک و مواد رنگین که در محلول خروجی حضور دارند را می‌توان به‌راحتی با صافی نانو ممبران از هم جدا کرد.

نویسـندگان زیادی اجزاء مواد رنگین را شرح داده‌اند. بعضی از ترکیبات رنگین دارای حلقه‌های آروماتیک هستند که در طرح‌های تصفیه فاضلاب بیولوژیکی به‌سختی می‌توان آن‌ها را تجزیه کرد. نسبت COD (اکسیژن شیمیایی لازم) به BOD (اکسیژن بیولوژیکی لازم) بیش از ۶ است. در سال ۱۹۹۸ Verhaeghe و همکاران فرایندی را در تصفیه‌خانه سانت‌لوئیز در مارسی گزارش کرده‌اند. آن‌ها به مشکلات کار با محلول‌های رزین‌های رنگبری پرداخته و شرح می‌دهند که چگونه بعد از انتقال نمک با استفاده از صافی نانو، محلول خروجی را به‌مراتب راحت‌تـر می‌توان در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب اسـتفاده کـرد. هدف نویسـندگان بازیافت نمک به‌اندازه کافی و کاهش مقدار نمک در فاضلاب.

از زمانی‌که اولین مقاله Verhaeghe منتشر شد، صافی نانو برای محلول‌های احیاء تبادل یونی استاندارد عملی پیدا کرده و در بیشتر تصفیه‌خانه‌های شکر جدید از آن استفاده می‌شود. شـکل ۲، منحنی پروفیل ویژه محلول‌های احیاء را نشان می‌دهد. در جدول ۲ تراز جرمی پروفیل محلول‌ها دیـده می‌شـود. این تکنولـوژی به‌خودی خـود آن‌قدرها رضایت‌بخش نیست که استانداردهای بالای محیط‌زیست را کامـلاً پوشـش دهد. هـدف امروز بازیافـت آب‌نمک و افزایش توانایی بیولوژیکـی تجزیه محلول‌های تبادل‌یونی نیسـت بلکه تکمیل بازیافت محلول‌ها و استحصال هرچه بیشتر آب و نمک است. بنابراین کیفیت شکر از یک واحد به واحد دیگر تغییر می‌کند، ولی شـیب منحنی محلول‌ها خیلی شبیه یکدیگرند. رنگ محلول بستگی به رنگ وارده با شکر دارد.

۳. انتخاب صافی نانو ممبران

برای جداسـازی نمک از مـواد رنگین چندین ممبران

لازم است. اگر هدف سیستم صافی نانو (NF) بازیافت نمک و خروج محلول‌های تجزیه شده بیولوژیکی باشد، ممبران آزاد (Large Cut-off) کفایت می‌کند. نتایج به‌دست آمده صنعتی چندین سال نشان می‌دهند که تا حد معینی ترکیبات رنگین در محلول بازیافت آبکی استفاده شده برای احیاء اثر چندانی در روند رنگبری رزینی که باید احیاء شود، ندارد. شرایط احیاء غلظت نمک بالا و pH بالا برای جذب رنگ به‌وسیله رزین مناسب نیست و رزین می‌تواند محلول احیاء رنگی را به‌خوبی تحمل کند. برای جدا کردن نمک از دو نوع صافی نانو ممبران استفاده می‌شود:

- صافی ممبران‌نانو با Cut-off ویژه و دامنه ۳۰۰-۵۰۰ u (واحد جرم اتمی طبق دالتون). و یا:
- صافی اولترا ممبران UF با Cut-off، u ۱۰۰۰-۲۰۰۰.

انواع مختلف ممبران‌ها مورد آزمایش قرار گرفته‌اند (جدول ۳). در حالی‌که برای بازیافت نمک، UF1 و UF2 کفایت کنند، فقط از ممبران NF می‌توان در صورتی که جداسازی بین رنگ و نمک لازم باشد دقیقاً انجام گیرد، استفاده شود.

۴. فرایند رنگبری جدید کارا

فرایند جدید و کارای تبادل یونی که براساس ترکیب ۵ مورد به‌شرح زیر توسعه یافته‌اند:

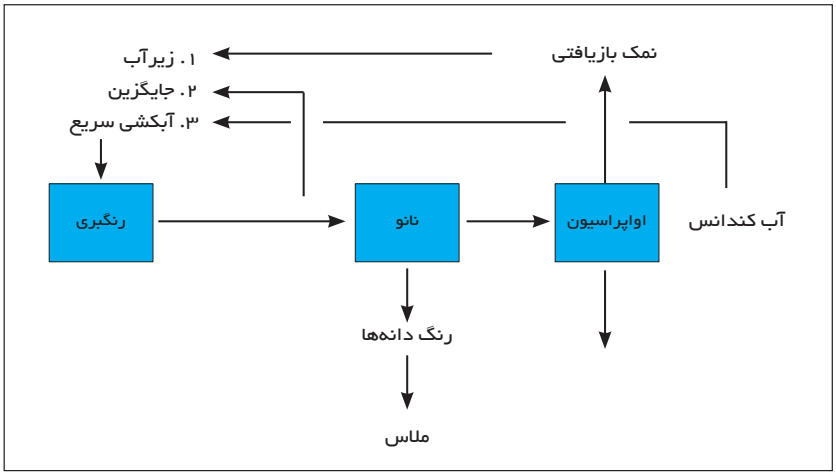
- بازیافت محلول کم‌نمک جایگزین خوبی برای محلول شستشو
- استفاده از ممبران برای جداسازی دقیق مواد رنگین
- کار کردن با تمام محلول‌های رنگین احیاء به‌وسیله صافی نانو
- تغلیظ مایعات صافی نانو قبل از سیرکولاسیون مجدد با استفاده از اواپراسیون طبیعی
- اختلاط مخلوط رنگین خروجی صافی نانو با ملاس

همانند فرایند کلاسیک و معمول، اولین و آخرین قسمت محلول احیاء (شکل ۲، محلول شماره ۱ و ۵) مستقیماً برای شستشو و (Back wash) رزین استفاده می‌شود. محلول بارگیری (شماره ۴) که دارای مقادیر کم‌نمک و چگالی نوری کم (Low Optical density (LOD)

است، بدون هیچ‌گونه کاری برای مرحل اول شستشو، بعد از احیاء با محلول نمک، مورد استفاده قرار می‌گیرد. محلول دارای نمک زیاد و چگالی نوری بالا (شماره ۳) از صافی نانو عبور داده می‌شود. اگر محلول شماره ۳ به‌طور گسترده قطع شده باشد، محلول سیستم صافی نانو دارای نمک کم حدود ۵۰ گرم در لیتر است. این محلول باید قبل از استفاده برای احیاء تا غلظت ۱۰۰ گرم در لیتر تغلیظ شود. برای این کار از اواپراسیون مخصوصی که برای شرایط بالای کلرور

جدول ۳ : آزمایش صافی نانو آوریل ۲۰۱۰ مایعات طرح‌های صنعتی
تغذیه: ماده خشک ۱۰-۹ درصد، pH = ۱۲/۵، حجم فاکتور تغلیظ FCV = ۱۵

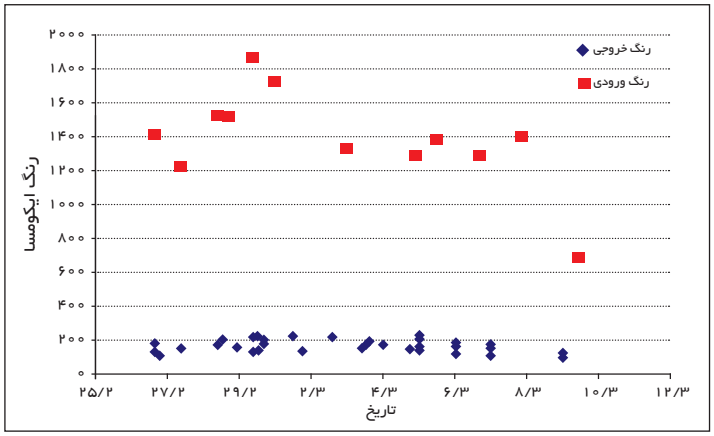
	وصل و قطع	شرایط	تغذیه غلظت اپتیکی	نفوذ غلظت اپتیکی	جذب غلظت اپتیکی	رنگبری	جذب (درصد) ماده خشک
سیستم صافی نانو	۴۰۰	40°C , PH = 9.5	۳۲/۸	۰/۴	۴۱۷	۹۹	۲۳/۰
اولترا صافی یک	۱۰۰۰	40°C , PH = 12.5	۳۷/۵	۵/۴	۲۶۲	۸۳	۱۶/۶
اولترا صافی دو	۲۰۰۰	40°C , PH = 12.5	۳۲/۶	۱۵/۰	۲۶۲	۶۰	۱۶/۶



شکل ۳ : اصول فرایند رنگبری تبادل یونی Eurodia

جدول ۴ : تراز جرمی تبادل یونی (1X) نسبت به طرح رنگبری (NF)
با و بدون اواپراسیون (EVAP) برای تصفیه‌خانه با ظرفیت ۱۰۰۰ تن در ۲۴ ساعت

ورودی	فرایند پایه 1X + NF	فرایند کامل 1X + NF + EVAP
NaCl (جامد) (کیلوگرم / روز)	۱۳۷۵	۳۱۰
NaOH (جامد) (کیلوگرم / روز)	۳۶۳	۲۷۹
HCL (کیلوگرم / روز)	۲۰۰	۲۰۷
بخار (تن / روز)	-	۳۰
آب (مترمکعب / روز)	۱۳۵	۸۵
محصولات جانبی و مایعات خروجی		
NF باقیمانده (مترمکعب / روز)	۷	۵
IEX احیاء	۵۶	۱۰
CIP NF (مترمکعب / روز)	۱۰	۱۸



شکل ۴ : رنگبری گذر مجرد، میانگین آزمایش‌های انجام شده

طراحی شده است و در آن هم‌زمان‌آب کندانس با کیفیت بالا بازیافت می‌شود، استفاده می‌شود(شکل ۳). قبل از اختلاط با محلول احیاء لازم است که محلول بازیافت‌شده از اواپراسیون از نظر حجم و غلظت نمک تنظیم شود.

وقتی‌که نمک به‌منظور کاهش غلظت نمک در محلولی که به قسمت تصفیه فاضلاب فرستاده می‌شود، بازیافت می‌شود، فقط باید از قسمت وسطی محلول شماره ۳ برای صافی نانو استفاده کرد. غلظت نمک بازیافت‌شده با افزودن Nacl تازه تنظیم می‌شود.

- اگر مواد رنگین باید با ملاس مخلوط شود، برای جلوگیری از افزایش غلظت نمک در ملاس باید از diafiltration استفاده کرد.

- در حالتی که مقدار پسابی که به تصفیه‌خانه فاضلاب فرستاده می‌شود در حداقل ممکن باشد، باید بخش بیشتری از محلول شماره ۳ مورد استفاده قرار گیرد. در این‌حالت میانگین غلظت نمک در محلول احیاء بسیار پایین و لازم است قبل از احیاء تغلیظ شود.

۵. تجربیات عملی و صنعتی

فرایندی که در بالا شرح آن رفت در تصفیه‌خانه‌ای در خاورمیانه با حداقل نیاز آبی نصب شده است. استفاده از دیافیلتراسیون سبب شده است که غلظت مواد رنگین خروجی از صافی نانو که با ملاس مخلوط می‌شود، افزایش یابد. همراه با غلظت در بخش صافی نانو، مصرف آب کاهش یافته و به کمتر از ۱۰۰ لیتر در تن شکر می‌رسد. (جدول ۴)

براساس این اطلاعات Eurodia قادر است که فرایند رنگبری را بنا به خواسته مصرف‌کننده طراحی و تطبیق دهد. اخیراً فرایند قدیمی کوانتین را به واحد رنگبری مؤثر (برای تصفیه شکرخام) در کارخانه قند ماینربیو تبدیل کرده‌اند. بنابراین طراحی ستون و سیستم کوانتین به‌صورت Single-pass mode با شدت جریان کم و کارایی بالا با حذف رنگ (>%۷۰) انجام گرفته است. مصرف نمک پایین است با بازیافت بیش از ۷۵ درصد آب نمک صافی نانو. این روش اثر مثبت و معنی‌داری روی تمام انرژی‌های مصرفی و کیفیت شکر (محصول شکر Eu شماره یک، کدری کم) دارد.

۶. جمع‌بندی

با ترکیب صافی نانو و اواپراسیون، رنگبری با استفاده از رزین فرایند بسیار فراگیری است که نیاز به آب مصرفی کم و پساب مناسب می‌باشد. این امکان به‌وجود آمده است که در تصفیه‌خانه‌ای در خاورمیانه از طریق بازیافت بیش از ۹۰ درصد نمک لازم بازیافت می‌شود و آب مصرفی به کمتر از ۱۰۰ لیتر در تن شکر و پساب تولیدی به ۴۰ لیتر در تن شکر رسیده است. تجهیزات کوانتین قدیمی نیز قابل تبدیل است.

شکل ۵: طرح صافی نانو

در حالتی که مقدار پسابی که به تصفیه‌خانه فاضلاب فرستاده می‌شود در حداقل ممکن باشد، باید بخش بیشتری از محلول شماره ۳ مورد استفاده قرار گیرد. در این‌حالت میانگین غلظت نمک در محلول احیاء بسیار پایین و لازم است قبل از احیاء تغلیظ شود