بسم الله الرحمن الرحیم

۲۲۲
۲۲۳

دو ماهنامهٔ کشاورزی
صنعتی، اقتصادی
چغندرقند و نیشکر
سال سی‌وهشتم،
شماره ۲۲۲ و ۲۲۳،
فروردین، اردیبهشت، خرداد و تیر ۱۳۹۳

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 / چاره چیست؟ ۲
- چالش‌ها، فرصت‌ها و پیشرفت‌های اخیر در اصلاح نیشکر (قسمت اول) ۳
- بررسی خوردگی در قسمت تبخیرکننده‌ها و لوله‌های انتقال شربت آن ... ۱۱
- بررسی روند تولید COMPRESS FOOD BAR ... ۱۹
- راهکارهای کاهش هزینه‌های تولید رفع گلوگاه‌ها و افزایش ظرفیت ... ۲۱
- معرفی ترکیب جدید باگاس و پوسته گردو در فرآیند رنگبری ... ۳۰

- 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.

چاره چیست؟

محمدصادق جنان‌صفت

تولید صنعتی در ایران با انبوهی از مشکلات مواجه است. فقدان بازار بزرگ و شفاف پول و انحصار این بازار توسط بانک‌های موجود تأمین سرمایه در گردش را سخت کرده است و تولید صنعتی با راه تنگ و تاریک در این عرصه مواجه است. از طرف دیگر تأمین مواد اولیه برای تولید نیز با دردسرهای داخلی و خارجی همراه شده و کار را سخت می‌کند. به‌طور مثال تهیه چغندرقند برای تولید شکر همواره با افزایش قیمت از طرف دولت مواجه است و به افزایش قیمت‌تمام‌شده تولید داخلی منجر می‌شود. بازار فروش تولیدات صنعتی نیز در ایران باتوجه به واردات با ارز ارزان به بازار داخلی مشکل شده است. تولیدکنندگان کالاهای خاص مثل قندوشکر که عموماً با امر و نهی‌های غیرکارشناسی دولت مواجه‌اند و دولت روی آنها حساس است سخت‌تر از تولید سایر کالاهاست. دولت از یک‌طرف می‌خواهد طعم شیرین ارزانی را با واردات از طریق پول بیت‌المال (ارز ارزان شده) و تثبیت قیمت شکر داخلی را به مصرف‌کنندگان ایرانی بچشاند و از طرف دیگر می‌خواهد چغندرکاران، راضی نگهدارد. آنچه در این میان نادیده گرفته می‌شود موضوع و فلسفه تولید داخلی شکر است. مسؤولان ارشد دولت‌ها در ایران در سال‌های سخت تنگدستی ارزی رویش را به سمت تولید داخلی کرده و از آنها می‌خواهد که با افزایش تولید راه را بر زورگویی‌های خارجی‌ها ببندند اما وقتی شرایط ارزی روبه راه می‌شود یادش می‌رود که کمک خواسته بود. در شرایط سخت این روزها و این سال‌ها که تولید داخلی با انبوهی از مشکلات پیدا و پنهان مواجه است. چه باید کرد؟

چندکار باید توسط گروه‌های گوناگون شاغل در خانواده بزرگ قندوشکر انجام شود. مهندسان، تکنسین‌ها و بخش‌های فنی باید راه را برای ارزان کردن ساخت و تولید تکنولوژی‌های نو که در این صنعت مورد استفاده است هموار سازند. واقعیت این است که بسته و مسدود شدن نسبی مسیر ورود ارزهای حاصل از صادرات و همچنین ادامه تحریم غرب مانع از ورود فناوری‌های نو می‌شود و باید در این باره کاری کرد. مدیران مالی و اقتصادی صنعت قندوشکر نیز باید بتوانند با استفاده از روش‌های مدرن و نوکاری کنند که قیمت تمام‌شده تولید داخل در مسیر رقابتی قرار گیرد. این کار می‌تواند از تهیه پژوهش‌های اقتصادی و مقایسه قیمت‌تمام شده چغندر ایرانی با تولید مشابه سایر کشورها تا راه‌های فروش کارآمد ادامه داشته باشد. اما حرف اصلی را مدیران ارشد کارخانه‌ها می‌زنند. مدیران محترم و رهبران صنعت قندوشکر داخلی باید توجه اکید داشته باشند که نمی‌توان تا ابد با دولت مجادله کرد و هر روز و هر سال همان بحث‌های قدیمی را تکرار کرد. دولت‌ها نمی‌توانند یا نمی‌خواهند که از یک صنعت خاص حتی اگر استراتژیک باشد حمایت عالی و ابدی انجام دهند. دولت‌ها در کنار حمایت از تولید داخلی باید پاسخگوی مصرف‌کنندگان نیز باشند تا بتوانند اداره اقتصاد کشور را کارآمد سازند.

مسؤولان ارشد دولت‌ها در ایران در سال‌های سخت تنگدستی ارزی رویش را به سمت تولید داخلی کرده و از آنها می‌خواهد که با افزایش تولید راه را بر زورگویی‌های خارجی‌ها ببندند اما وقتی شرایط ارزی روبه راه می‌شود یادش می‌رود که کمک خواسته بود

چالش‌ها، فرصت‌ها و پیشرفت‌های اخیر در اصلاح نیشکر

(قسمت اول)

نویسندگان : کاتیا سی.اسکورتاسی
ترجمه : دکتر حسن حمدی
مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان

مقدمه

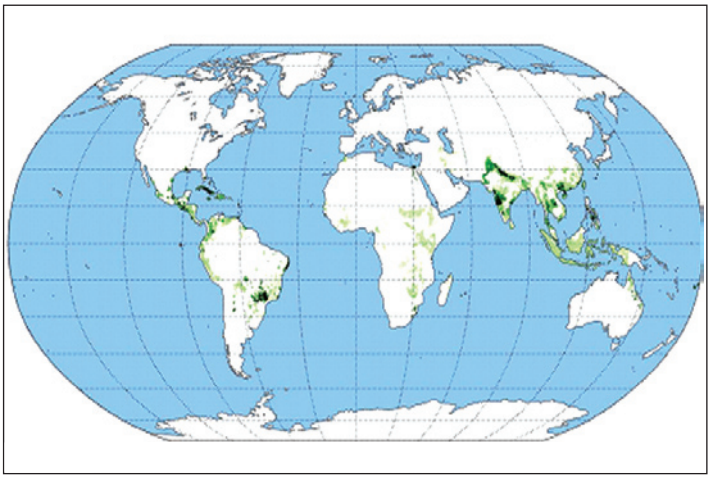
نیشکر (Saccharum Spp.) تاریخی طولانی و مشترک با دوره اســتعمار اروپاییان دارد. کشت آن در دنیای جدید از اوایل مدرنیته در قرن شانزدهم موجب تشکیل نهادهای اجتماعی، سیاست‌های علمی و بین‌المللی، تجارت جهانی، بردگی، صنایع غذایی و حتی انتشار بیماری‌ها (پوسیدگی دندان، دیابت و چاقی) با توسعه قابل‌توجهی در قرن حاضر در سراسر جهان شده است.

در ســال ۲۰۰۹ مقــدار ۱۶۸۲ میلیــون تن نیشــکر از مســاحتی بالغ بــر ۲۳/۸ میلیون هکتــار (یعنی نزدیک به مساحت انگلستان که ۲۴ میلیون هکتار را در بر می‌گیرد) در جهان تولید شده است. برزیل به‌عنوان بزرگترین تولیدکننده نیشــکر، ۴۰ درصد تولید جهان را به‌خــود اختصاص داده است (۷۰۰ میلیون تن نیشکر در سال ۲۰۰۹) و بعد از آن هندوســتان (۲۸۵ میلیون تــن)، چین (۱۱۴ میلیون تن)، تایلند (۶۷ میلیون تن)، پاکستان (۵۰ میلیون تن)، کلمبیا (۳۸/۵ میلیون تن) اســترالیا (۳۱ میلیــون تن)، آرژانتین (۳۰میلیون تن)، ایالات متحده آمریکا (۲۷/۵ میلیون تن)، اندونزی (۲۶/۵ میلیون تن) و فیلیپین (۲۴ میلیون تن) ایران ۵/۶ میلیون تن قرار دارند (http://faostat.fao.org).

همچنین نیشــکر یــک محصول مهــم اقتصادی برای مکزیک و کشــورهای زیــادی در آمریکای‌مرکزی، منطقه کارائیب، آفریقا و جنوب آسیا می‌باشد (شکل ۱).

نیشــکر بومی جنوب شرقی آســیا بوده و کشت و کار آن در تاریخ هند از ۵ هزار پیش تاکنون می‌باشد. این‌گونه دارای فتوسنتز چهار کربنه است که منجر به تجمع بیوماس خیلی زیاد در شــرایط گرمسیری می‌شــود درحالی‌که در مناطق معتدل رشد کمتری دارد. در جایگاه تجاری نیشکر از طریق قلمه‌های ساقه به شکل غیرجنسیت تکثیر می‌یابد که بدین‌ترتیب مشخصات ژنتیکی ارقام حفظ می‌شود. گیاه نیمه دائمی با یک ســیکل تقریبــی ۱۸-۱۲ ماهه از زمان کشت تا برداشت در شرایط گرمسیری است و با رشد مجدد بازرویی‌ها از طریق کنده نیشــکر تــا ۵ دوره نیز محصول می‌دهد. کشــتزارهای نیشــکر اغلب به‌دلیل اشغال اراضی وسیع و حاصلخیز زراعی مورد انتقاد قرار می‌گیرند چرا که در غیراین‌صورت می‌توانند برای تولید غذا مورد اســتفاده قرار گیرند (منازعه بین غذا و ســوخت نامیده می‌شــود)، همچنیــن با جنگل‌زدایی و تخریــب اراضی، تک‌محصولی و آلودگــی (آلــوده کردن آب زیرزمینی از طریق آبشــوئی و رهــا کردن باقیمانده کودهــا، آفت‌کش‌ها و ملاس، آتش زدن قبل از برداشــت و آلودگی هوا) بر روی محیط‌زیست تأثیــر می‌گذارد. همچنین این صنعت شــدیداً به کارگران فصلی کم‌درآمد وابســته است و دارای مشکلات فراوانی در ســوء استفاده از کارگران در سطح جهان (کودکان کارگر، بردگی، شــرایط خطرناک و حداقل حقوق) می‌باشد. با این وجــود این گیاه یک منبع انرژی جایگزین و تجدیدپذیر با انتشار کربن متعادل دارد.

در سال ۲۰۰۹ مقدار ۱۶۸۲ میلیون تن نیشکر از مساحتی بالغ بر ۲۳/۸ میلیون هکتار (یعنی نزدیک به مساحت انگلستان که ۲۴ میلیون هکتار را در بر می‌گیرد) در جهان تولید شده است. برزیل به‌عنوان بزرگترین تولیدکننده نیشکر، ۴۰ درصد تولید جهان را به‌خود اختصاص داده است



شکل ۱: مناطق تولید نیشکر در جهان

۱. اراضی زیر کشت نیشکر در جهان

تولید پایدار اتانول به‌عنوان جزء زیربنایی انرژی یک کشور بستگی زیادی به چگونگی مدیریت منبع محصول و این نیز بسته به سابقه ژنتیکی ارقام در دسترس کشاورزان دارد. عملیات مدرن کشاورزی شدیداً وابسته به نهاده کودهای غیرآلی دارند. پاسخ به چالش‌های بزرگ مربوطه به تولید انرژی که جهان با آن مواجه است به نیشکر ارتباط دارد. به‌هر ترتیب باید منشاء پیچیده و ژنتیک نیشکر، سیستم کمپلکس مورد نیاز برای عملیات زراعی پایدار، مولد و سودآور و جنبه‌های اجتماعی و اکولوژیکی مورد توجه قرار گیرد. تقاضای عمده برای یک منبع انرژی قابل‌اعتماد فقط می‌تواند از طریق نیشکر پاسخ داده شود چنانچه مسائل اجتماعی و پایداری آن حل شود. اغلب مسائل تکنیکی مرتبط با تولید نیشکر جهت سوخت زیستی و به‌منظور تأمین انرژی زیستی موردنیاز را می‌توان از نظر ژنتیکی و از طریق برنامه‌های اصلاحی که نگاه جدی بیشتری به‌روش تولید به منابع نهاده‌ای کمتر (انرژی، آب، کودها، آفت‌کش‌ها) دارند حل کرد. تلاش‌ها نباید از تکنیک‌های اصلاحی مدرن و سنتی از جمله ابزار بیوتکنولوژیکی جهت نیل به اهداف در زمان مقرر چشم‌پوشی کند.

بی‌شباهت به محصولات معاصر، نیشکر با پارادایم‌های جدیدی مواجه بوده و انتظار می‌رود حداقل بخشی از یکی از مهم‌ترین مسائل حاضر اجتماع یعنی تولید انرژی را حل کند. در این بخش ما وضعیت موجود، پتانسیل و چالش‌های جدید اصلاح که محصول نیشکر با آن مواجه است، با نگرش به برزیل به‌عنوان یک مدل در تولید نیشکر را ارائه می‌کنیم سپس خصوصیات مهم تولید نیشکر، ترسیم خطوط اصلاحی و ارائه پیشرفت‌های اخیر در ژنتیک و ژنومیک نیشکر را تشریح می‌کنیم.

نیشکر به‌عنوان گیاه سوخت زیستی نسل اول به‌شمار می‌رود. در برزیل عمده انرژی تبدیلی سوخت زیستی اتانول از تخمیر شربت عصاره‌گیری شده ساقه‌های نیشکر به‌دست می‌آید

۲. استفاده فعلی و بالقوه از نیشکر

نیشکر تقریباً حدود ۷۰ درصد تولید جهانی شکر را به‌عهده دارد که مابقی تولید از طریق چغندرقند مناطق معتدله تأمین می‌شود. نیشکر انرژی را به‌صورت ساکارز دی‌ساکاریدی غیرساده که به‌میزان زیاد در واکوئل سلول‌های پارانشیمی بافت‌های ساقه گیاه انباشته می‌شود ذخیره می‌کند. این ترکیب آلی به‌ویژه برای تولید شکر مصرفی (از طریق کریستالیزه شدن ساده ساکارز از شربت ساقه و پالایش و تصفیه‌های بعدی) و تولید اتانول و مشروبات الکلی نظیر Rum و Cachaca (از طریق تخمیر شربت ساقه و تقطیر آن) مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر آن ساقه‌های خرد شده نیشکر در مقیاس وسیعی به‌عنوان خوراک دام به‌ویژه در فصل خشک وقتی‌که مراتع برای چرای دام در دسترس نباشند مورد استفاده واقع می‌شود.

نیشکر به‌عنوان گیاه سوخت زیستی نسل اول به‌شمار می‌رود. در برزیل عمده انرژی تبدیلی سوخت زیستی اتانول از تخمیر شربت عصاره‌گیری شده ساقه‌های نیشکر به‌دست می‌آید. علی‌رغم این فقط یک سوم انرژی گیاه با استفاده از این تکنولوژی استخراج می‌شود و بقیه آن به‌صورت ترکیبات کمتر قابل دسترس مانند سلولز دردیواره‌های سلول گیاه باقی می‌ماند. امروزه در کارخانه‌های واقع در ایالت سائوپائولوی برزیل باگاس جهت تأمین حرارت برای تقطیر و تصفیه اتانول و تولید انرژی الکتریکی برای فروش به شبکه برق منطقه در کوره‌های بخار مصرف می‌شود. روش‌های با کارایی بیشتر جهت استفاده از انرژی سلولزی نیشکر به‌منظور افزایش محصول اتانول در کارخانه در حال جست‌وجو و مطالعه می‌باشند. دیواره سلول گیاه عمدتاً از سلولز، همی‌سلولز و لیگنین تشکیل شده است. سلولز یک پلی‌ساکارید متشکل از واحدهای گلوکز است که حدود یک‌سوم ماده خشک گیاه را تولید می‌کند. نسل دوم سوخت‌های زیستی بر توسعه یک پروسه کار آمد تجزیه سلولز (حرارتی یا آنزیمی) به قندهای قابل‌تخمیر از باگاس و برگ‌های نیشکر متکی است. هدف از تحقیقات جاری در این زمینه جست‌وجو برای: **۱**- واریته‌های نیشکر با مقدار ترکیب دیواره سلولی ارتقاءیافته جهت افزایش میزان سلولز و کاهش لیگنین؛ **۲**- روش‌های بهتر برای برداشت ماشینی با تأثیرات زیست‌محیطی کمتر؛ **۳**- استفاده از کل بخش‌های هوایی گیاه به‌عنوان ماده اولیه تولید اتانول؛ **۴**- استفاده از بویلرهای با فشار بالا جهت امکان دسترسی به سلولز از طریق میکروارگانیسم‌های تخمیر؛ **۵**- اصلاح ژنتیکی نژادی‌های مخمر با ظرفیت آنزیمی بالاتر از جمله تخمیر پنتوزها یا قندهای پنج کربنه. توجه ویژه‌ای نیز به

توسعه تولیدات جدید از بقایای صنعتی نیشکر شد، یا حتی به ساکارز و اتانول به‌عنوان پایه‌ای برای سنتز شیمیایی دیگر مولکول‌هـای آلی با ارزش تجاری بیشـتر مانند زایلیتول و پلی‌اتیلن‌گلیکول توجه شده است. در این زمینه نیز به سلولز، همی‌سلولز و لیگنین اهمیت بیشتری داده می‌شود.

عملیـات عمومی آتش زدن مزارع نیشـکر (گرچه در خیلی مناطق قانونی نیست) به‌منظور سهولت در برداشت دستی صورت می‌گیرد. زمانی‌که مزارع در نزدیکی مناطق شـهری واقع باشـند ایـن عملیات موجـب آلودگی هوا و جمعیـت را با دود و حرارت کربن تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، که ممکن است به بیماری‌های تنفسی و نارضایتی عمومی منجر شـود. گرچه مزارع آتش نزده برای نی‌بران خطرناک می‌باشـند و باید خود را از سوزش کُرک‌های ساقه و تیزی لبه‌های برگ و موجودات سـمی از قبیل مار، حشـرات و عنکبوت بپوشانند.

با اسـتفاده از برداشت ماشـینی نه فقط می‌توان آتش زدن مـزارع را حـذف کرد بلکه همچنین همـراه باگاس، خاشـاک نیـز می‌تواند جهت تولید گرما و الکتریسـیته یا ضمـن هیدرولیز در تولید اتانول با اسـتفاده از تکنولوژی نسل دوم که می‌تواند انرژی کارآمدتری باشد مورد استفاده قرار گیرد. برحسـب مقیاس تولید اتانول در برزیل، انرژی ذخیره شـده در خاشـاک و باگاس نیشکر می‌تواند جهت تولیـد ۱۰گیـگاوات انرژی کفایت کند کـه نزدیک به ۱۴ گیگاوات برق تولیدی بزرگترین نیروگاه آبی برزیل باشـد. این نیروگاه یک‌پنجم برق مصرفی برزیل و ۹۰ درصد انرژی مورد استفاده در پاراگوئه را تأمین می‌کند. پتانسیل بیوماس (باگاس و خاشـاک) در تولید انرژی در برزیل بیش از ۲۵ گیگاوات تخمین‌زده می‌شود.

پسـماند اصلی حاصل از کارخانـه تقطیر الکل ویناس است که این مایع مرکب باقیمانده از عملیات تخمیر غنی از اسـیدهای هومیک (موادآلی محصول) و عناصر معدنی (مانند پتاس و فسـفر) اسـت. برای هر لیتر اتانول ۲۰-۱۰ لیتـر ویناس به‌جـای می‌ماند که به‌عنوان کـود در مزارع نیشـکر مورد اسـتفاده قرار می‌گیرد و موجب صرفه‌جویی در میلیون‌هـا لیتـر آب و اصـلاح خـواص فیزیکی خاک می‌شـود. کاربرد ویناس در مزارع نیشکر موجب بازگشت مجدد عناصر غذایی به خاک می‌شـود. هرچند که استفاده از ویناس در مزارع نیازمند مراقبت در جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی است. پتانسیل دیگر ویناس تولید بیوگاز از آن می‌باشد.

با توجه به کثرت تنوع زمینه‌های تولید انرژی در برزیل (با جمعیت ۱۹۲ میلیون نفر بر اسـاس آمار سـال ۲۰۱۰)

یک مدل جهانی است که چگونه یک کشور وسیع می‌تواند به‌طور کارآمدی انـرژی جایگزین و تجدیدپذیر را بنا نهد. بنا به آمار وزارت معادن و انرژی برزیل، انرژی تولید شـده در سـال ۲۰۰۸ در کشور ۴۶درصد تجدیدپذیر، ۱۵درصد از سیسـتم برق آبی، ۱۶درصد از نیشکر، ۱۲ درصد ذغال چوب و ۳ درصد از منابع دیگر بوده است. در کارخانه‌های شـکر ۲۰ درصد انرژی مورد استفاده در بویلرها از باگاس، مواد فیبری باقیمانده پس از عصاره‌گیری از ساقه‌های نیشکر و حدود ۷درصد چوب می‌باشد.

اسـتفاده از زمین به‌عنوان یک موضوع مهم اقتصادی و اجتماعی درطول مباحثات سـوخت زیستی مورد توجه می‌باشد. برای تأمین تقاضای داخلی و جهانی، برزیل نیاز به حداقل دو برابر کردن تولید جاری اتانول خود دارد. مزارع نیشـکر ۲درصد اراضی کشـاورزی را دربرمی‌گیرند و الکل حاصل از نیشکر در حاضر حدود ۵۰ درصد سوخت وسایل نقلیه در برزیل را تأمین می‌کند، در حالی‌که برنامه سوخت زیستی از سال ۱۹۷۵ با هدف موفقیت‌آمیز قطع وابستگی خارجی مملکت به نفت به اجراء درآمده اسـت. عملکرد با حدود ۱/۲درصد در سال با توجه به یک نرخ مرکب در سه دهـه اخیر در برزیل افزایش یافته اسـت که این به معنی تقریباً ۵برابر شـدن تولید است. همچنین تولید نیشکر در این سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۴ مبتنی بر تولید اتانول سالیانه ۳/۸ درصد افزایش یافته است.

در سـال‌های اخیر با توجه به پدیده جهانی گرم شدن هوای کره‌زمین و ارتباط آن با فعالیت کار انسـان از طریق آثـار گلخانه‌ای و انتشـار CO_2 به‌همراه پیش‌بینی کاهش سوخت‌های فسـیلی باعث شد که تحقیقات وسیعی برای جایگزینی منابع انرژی به‌صورت تجدیدپذیر و پایدار به‌عمل آید. در طول میانه دهه ۱۹۹۰ موتورهایی که هر دو سوخت

در سال‌های اخیر با توجه به پدیده جهانی گرم شدن هوای کره‌زمین و ارتباط آن با فعالیت کار انسان از طریق آثار گلخانه‌ای و انتشار CO_2 به‌همراه پیش‌بینی کاهش سوخت‌های فسیلی باعث شد که تحقیقات وسیعی برای جایگزینی منابع انرژی به‌صورت تجدیدپذیر و پایدار به‌عمل آید.

اتانــول یا بنزین (یا اختــلاط آنها) مصرف می‌کنند صنعت سوخت وسایل نقلیه را تغییر داد (بدین‌معنی که موتور قادر به اســتفاده از هر نسبتی از اختلاط اتانول و بنزین شد) و بازار پویای خود را در کشورهای زیادی با افزایش گسترده جهانــی تقاضا برای تولید اتانول به‌دســت آورد، که این به تأسیس صنعت بیواتانول وسیع کشور کمک کرد. علاوه بر توسعه پیشــتاز موتورهای ماشینی که سوخت آنها مبتنی بر اتانول بود، در نهایت کشــور را از وابســتگی سنگین به نفت خارجی و نوسانات بازار داخلی رها می‌کرد. برزیل در تکنولوژی سوخت دو گانه پیشتاز است و درحال‌حاضر ۹۵ درصد اتومبیل‌های فروخته شده در برزیل سوخت دوگانه دارند همچنین اختــلاط اتانول با بنزین درحال‌حاضر یک خواست جهانی برای کاهش اثرات گازهای گلخانه‌ای حاصل از سوخت‌های فسیلی به‌همراه قیمت‌های پایین‌تر آن است. برای مقایســه هزینه خالص تولید اتانول به‌دســت آمده از محصــولات زراعی مختلف مورد تخمین در ســال ۲۰۰۴ با اتانول حاصل از نیشــکر در برزیل ۱۵یورو برای هر هزار لیتر اســت درحالی‌که همان مقدار اتانول به‌دست آمده از ذرت در آمریــکا ۲۴ یورو، در آلمان از گندم ۴۸ یورو و در آلمان از چغندرقند ۵۲ یورو به‌ازاء هر هزار لیتر اتانول بوده است. موازنه انرژی (یعنی انرژی حاصل از فرایند در مقابل انرژی به‌کار رفته برای تولید ســوخت) اتانول نیشــکر بین ۸/۲ تا ۱۰ برابر اســت درحالی‌که برای سوخت‌های فسیلی فقط ۱/۳ برابر می‌باشد گرچه این اعداد و ارقام قابل بحث و بررســی اســت. قیمت اتانول تولیدی از نیشکر در برزیل معادل ۳۵-۳۰ دلار آمریکا برای هر بشــکه نفت محاســبه شده است (یعنی معادل انرژی موجود در یک بشکه نفت) درحالی‌که اتانول حاصل از ذرت در آمریکا معادل ۵۰-۴۵ دلار برای همان دوره زمانی تخمین زده می‌شود.

محصــولات زراعی که اخیراً به‌عنــوان هدف در تولید انــرژی زیســتی مــورد توجــه قــرار گرفتنــد چغندرقند *(Beta Vulgaris)*، ذرت *(Zea mays)*، نوعــی ارزن *(Panicum virgatum)*، ســورگم شــیرین *(Sorghum bicolor)* برانشیپودیم *(Brachypodium distachyon)* و نی وحشی *(Miscanthus giganteus)* می‌باشند. همچنین گونه‌های تولیدکننده روغن (سویا، ذرت، آفتابگردان، نخل روغنــی، جلبک و غیره) به‌عنوان منابع جایگزین ســوخت زیستی پایدار از طریق واکنش ترانس‌استریفیکاسیون (یعنی پروسه‌ای از تغییر گروه آلی $\acute{R}$ از یک استر با گروه آلی $\acute{R}$ یــک الکل) مورد توجه می‌باشــند. این دارای تراکم نیروی بالاتــری از اتانول اســت و باید به‌عنــوان معادله متنوع از انرژی ماتریکس یک ملت به‌شمار آید. به هرترتیب، نیشکر به‌عنوان بهترین محصول سوخت زیستی در مناطق استوایی و گرمسیری به‌دلیل هزینه‌های کم تولید آن به‌شمار می‌آید. به‌همراه توســعه اراضی زیر کشت نیشکر، اصلاح محصول و تولیــد اتانول باید موردتوجه قرار گیرد. عملکرد محصول در سائوپائولو، انتظار می‌رود که برزیل در ۱۰ سال آینده با افزایش ۶/۴ درصد در کل شکر قابل‌استحصال، ۶/۲ درصد در کارایی تخمیر با استفاده از نژادهای اصلاح‌شده مخمرها، ۱۲ درصد اســتخراج شــکر در همان دوره به اضافه با ۲۹ درصد افزایش کلی به ۹۰۰۰-۷۰۰۰ لیتر اتانول در هکتار برســد با چشم‌اندازی از دستیابی به ۱۴۰۰۰ لیتر الکل در هکتار در ۲۰ سال آینده.

۳. محدودیت‌های تولید و اهداف اصلاح نیشکر

۳-۱. برنامه‌های اصلاحی

برنامه‌های اصلاحی نیشــکر نقش حیاتی برای صنعت شکر - الکل بازی می‌کنند، همانطوری‌که آنها برای توسعه کولتیوارها مسئولیت دارند که شامل نهاده فنی اصلی برای تولید شــکر و الکل می‌باشد. تحقیقات نیشکر و برنامه‌های اصلاحــی در برزیل خیلــی موفقیت‌آمیز بوده که یک مدل تجارت زراعی سرمایه‌گذاری کامل در بخش‌های خصوصی و عمومی را دربرمی‌گیرد. براساس تمرکز برنامه‌های تحقیقاتی و ترویجــی دولت، ایالت ســائوپائولو بزرگترین تولیدکننده نیشکر کشور به‌شمار می‌آید. سهم مشارکت تولیدی آن در برزیل از ۲۰ درصد در سال ۱۹۲۵ به ۵۰درصد در ۱۹۷۰ و تا ۸۷درصد در شرایط حاضر رسیده است. برنامه‌های اصلاحی به‌دلیــل توانایی آنان در معرفی ژنوتیپ‌هایی با خصوصیات مناسب‌تر و پاســخ به چالش‌های جدیدی که بعضی مواقع رخ می‌داد به‌طور نسبی مسئول و مؤثر بودند.

ژرم‌پلاســم پایه در اصلاح نیشکر واریته‌های تجاری و گونه‌های مرتبط با جنس ساکاروم را دربرمی‌گیرد. به‌دلیل اینکــه عمده مناطــق تولیدکننده نیشــکر در برزیل نیمه گرمســیری است، برای گل‌دهی نیشکر مناسب نمی‌باشند لذا والدین در مزارع واقع در شــرایط گرمســیری‌تر مانند باهیا جهت تلاقی و تولید بذر کشــت می‌شــوند. ســپس بــذور درحال تفکیک در بیــن مناطق مختلف جهت انجام انتخاب مزرعه‌ای توزیع می‌شــوند که ممکن است دوبار در ســال رخ دهد. انتخاب گیاه در ســه فاز صورت می‌گیرد و ژنوتیپ‌های جدید در بین ایســتگاه‌های تحقیقاتی به‌ویژه مراکــز دولتی مــورد تبادل قرار می‌گیــرد. کلون‌های برتر در این مرحله مشــخص شــده و پس از تکثیر در طول فاز آزمایشــی مقایسه می‌شوند. معرفی یک واریته جدید پس از آزمایش‌های پایداری ژنتیکی اجرایی شده و خصوصیات

برزیل در تکنولوژی سوخت دو گانه پیشتاز است و درحال‌حاضر ۹۵ درصد اتومبیل‌های فروخته شده در برزیل سوخت دوگانه دارند همچنین اختلاط اتانول با بنزین درحال‌حاضر یک خواست جهانی برای کاهش اثرات گازهای گلخانه‌ای حاصل از سوخت‌های فسیلی به‌همراه قیمت‌های پایین‌تر آن است

زراعی ممکن است بین ۱۳-۱۲ سال طول بکشد. موفقیت برنامه اصلاحی بستگی زیادی به ژنوتیپ والدین انتخابی، توارث‌پذیری خصوصیت موردنظر، دوره ارزیابی، مدل آماری مورد استفاده و ارزیابی کلون دارد. علاوه بر این، اصلاح‌گر لازم است به شرایط محیطی توجه کند. در توسعه واریته تمام فاکتورهایی که ممکن است تولید را تحت‌تأثیر قرار دهند مانند تنش‌های زنده و غیرزنده (شامل تهدیدهای آینده) لازم است توسط اصلاح‌گران نیشکر مورد توجه قرار گیرند.

۲-۳. چالش‌های تولید

تا این اواخر نیشکر غالباً برای حداکثر میزان قند اصلاح می‌شد زیرا که ساکارز سوبسترهٔ اصلی برای تولید شکر و اتانول بود. بنابراین ژنوتیپ‌های نیشکر مادامی‌که بر اولین نسل تکنولوژی تولید اتانول و شکرخام متکی بر تجمع ساکارز قابل عصاره‌گیری در ساقه نیشکر بود رجحان و برتری بر همدیگر نداشته‌اند. در صنعت نیشکر توانایی کارخانه‌ها در تولید شکر یا اتانول که بر حسب تقاضای بازار از هر یک از این کالاها انجام می‌پذیرد یک فرصت به‌شمار می‌آید. با ظهور تولید نسل دوم اتانول که هم اکنون متکی بر سلولز است، برنامه‌های اصلاحی نیشکر لازم است خزانه‌های ژنی خود را بازبینی کند. خصوصیت میزان بالای سلولز در بافت‌های نیشکر موجب معرفی ژنوتیپ‌های اختصاصی می‌شود که با استفاده از انرژی متابولیکی برای تجمع ساکارز و هم سلولز موجب انشعاب برنامه‌های اصلاحی برای مقاصد اختصاصی می‌شود. چالش در افزایش تولید سوخت زیستی در سال‌های آینده می‌تواند با توسعه سطح زیرکشت و افزایش عملکرد واریته‌های جدید و اصلاح کل سیستم تولید شامل مدیریت، برداشت، تولید اتانول و نوآوری در کارخانه‌های شکر و الکل برطرف شود. علاوه بر افزایش همه جانبه در عملکرد کربوهیدرات (ساکارز یا کل بیوماس) ویژگی‌های دیگری در رفع چالش‌های اصلی در روش‌های تولید از قبیل کلاسه‌بندی دقیق تنش‌های زنده (آفات، بیماری‌ها، و رقابت علف‌های هرز) و غیرزنده (خشکی، شوری، سرما، مسمومیت آلومینیوم، خاک‌های فقیر و فشردگی)، گل‌دهی، قدرت رشد گیاه (رشد سریع در شرایط محدودیت‌ها) و معماری گیاه شامل ارتفاع، تعداد ساقه، پنجه‌دهی و زاویه برگ نیز مهم بوده و باید مدنظر قرار گیرند.

۳-۳. اهداف اختصاصی در برنامه‌های اصلاحی

۱-۳-۳. اهداف تولید:

هدف کلیدی برنامه‌های اصلاحی نیشکر افزایش محصول نیشکر از طریق افزایش آن در واحد سطح است که با ارتفاع، قطر و تعداد ساقه به‌همراه تجمع قند در ساقه

نیشکر ارتباط نزدیکی دارد. عملکرد عموماً با افزایش کل بیوماس تولیدی در مقابل افزایش مستقیم تمرکز شکر در ساقه ارتقاء یافته است.

با توجه به تجمع شکر در نی بنظر می‌رسد قطر ساقه اهمیت بیشتری به‌طول آن دارد .خصوصیات مهم دیگر که باید مدنظر قرار گیرند قدرت و بهره‌وری از بازرویی است. واریته‌های آینده که اختصاصاً برای سوخت‌های زیستی نسل دوم اصلاح می‌شوند با واریته‌های دارای ساکارز بالا متفاوت بوده اما به‌جای آن تولید بیوماس کل در واحد سطح را افزایش می‌دهند.

وزن بریکس در هر بوته (استول) یا BW در نیشکر یک خصوصیت ژنتیکی است که از ترکیب اجزاء زیادی حاصل می‌شود. این صفت با استفاده از آمار پیشرفته به پنج ترکیب ژنتیکی تفکیک و ساده شده است. برخی خصوصیات اثرات افزایشی و بعضی دیگر اثرات غالب بودن را بروز می‌دهند. اثرات افزایشی می‌توانند در نسل‌های مقدماتی برنامه اصلاحی مفید واقع شده در حالی‌که اثرات غالب بودن در هیبریدها بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. افزایش عملکرد شکر (تن پل در هکتار TPH) همیشه به‌عنوان هدف اصلی برنامه‌های اصلاحی به‌شمار می‌رود.

کلون‌های نیشکر که بر اساس تن پل در هکتار (TPH) انتخاب می‌شوند با استفاده از تولید نیشکر (تن نیشکر در هکتار TSH) و درصد پل (مقدار ساکارز) شربت ساقه تخمین زده می‌شود. بدین‌ترتیب افزایش تن پل در هکتار به‌عنوان هدف اقتصادی مورد توجه است درحالی‌که هزینه‌های درو، حمل و آسیاب نی ثابت می‌مانند.

کاسو و همکاران (۲۰۰۵) اظهار می‌دارند که تجمع شکر در ساقه توسط شبکه‌ای از ژن‌ها که در پروسه فیزیولوژیکی و مقاومت به تنش‌های غیرزنده دخالت دارند تنظیم می‌شود.

واریته‌های آینده که اختصاصاً برای سوخت‌های زیستی نسل دوم اصلاح می‌شوند با واریته‌های دارای ساکارز بالا متفاوت بوده اما به‌جای آن تولید بیوماس کل در واحد سطح را افزایش می‌دهند

پاپینـی- تـررزی و همکاران (۲۰۰۹) مشـاهده کردند که یک هم‌پوشـانی بین مسیرهای تجمع شکر و تنش خشکی وجود دارد. اسکندر و همکاران (۲۰۱۱) نیز ۵۱ ژن مرتبط بـا تنش‌هـای غیرزنده و مؤثر روی تجمع شـکر را آنالیز و نتیجه‌گیـری کردند که تغییـرات در بیان ژن به‌عنوان یک پاسـخ به کمبـود آب با مکانیزم‌های مختلفی مشـتمل بر ژن‌های مرتبط به بیوشـیمی و توسعه گیاه درگیر می‌باشد. جنبـه دیگری که باید در تولید بیوماس مدنظر قرار گیرند به حداکثر رساندن استفاده از تشعشع خورشید است. گفته می‌شود که زمانی‌که کولتیوار و تراکم گیاه با تاریخ مناسب کشـت به‌عنوان کلید مدیریت محصول همراه شود (در هر دو کشت جدید و یا بازرویی پتانسیل افزایش ۱۵-۱۰ درصد تولیـد وجود دارد). به‌عـلاوه همانطوری‌که تحقیقات روی تولید نسـل دوم اتانول کامل می‌شود، برنامه‌های اصلاحی برای یافتن خصوصیاتی جهت افزایش بیوماس لیگنوسلولزی افزایش می‌یابد. جنبه مهم دیگر آناتومی گیاه که باید مدنظر قرار گیرد ارتقاء تولید سـاقه‌های افراشته به‌خاطر برداشت ماشینی بهتر نیشکر می‌باشد.

۲-۳-۳. تحمل تنش‌های غیرزنده

تنش را می‌توان به‌عنوان هر حالتی که بیان کامل پتانسیل ژنتیکی یک موجود زنده را مختل می‌کند تعریف کرد. مانند موجودات تک‌یاخته‌ای، گیاهان نیز با شرایط تنش‌زای زیادی مواجه می‌باشـند که نیاز به اسـتقرار تکاملی استراتژی‌های توسعه‌ای و فیزیولوژیکی متنوعی جهت غلبه یا گریز از شرایط اسـترس دارند. به‌هرترتیب این اسـتراتژی‌ها معمولاً نیازمند انرژی متابولیکی هسـتند که ترجیحاً باید صرف تولید مفید شـود. فقدان و یا کمبود آب یکی از تنش‌های اصلی غیرزنده برای نیشـکر است. شفاف‌سازی مکانیزم‌های تحمل می‌تواند کولتیوارها را در جهت افزایش تحمل به خشـکی را توسـعه داده و موجب زراعت نیشـکر را در مناطق حاشـیه‌ای شود. درحالی‌که اطمینـان به پایداری و دوام این صفت در اراضی مسـتعد خشکی را موجب می‌شود، آبیاری گیاه گزینه خوبی در کشاورزی است ولی این باعث افزایش شوری خاک می‌شود. علاوه بر این گفته می‌شود ۶۵ درصد تقاضای آب جهانی را در بر می‌گیرد، و بنظر می‌رسـد اهمیت توسعه کشت در مناطق فاقد آب مناسـب، متحمل و مقاوم به خشـکی به‌صورت روز افزونی اهمیت می‌یابد. تحمل به خشکی همچنین می‌تواند در کاهش آبیاری و استفاده از آب مشارکت کند (روچا و همکاران ۲۰۰۷)، گرچه نیشـکر می‌تواند در دوره‌های خشکی طولانی زنـده بماند ولی چون جهت تولید محصول بهینه نیاز به آب مناسـب دارد لذا در مناطق زیادی نیشکر را آبیاری می‌کنند. درحالی‌که آبیاری مزارع نیشکر در برزیل در حداقل است، ۶۰ درصد مزارع استرالیا و ۴۰درصد کشت‌زارهای آفریقای‌جنوبی آبیاری می‌شوند. (اینام - بامبر و اسمیت ۲۰۰۵)

به‌هرترتیـب، فقدان اطلاعـات ژنتیکی و مولکولی در خصوص مکانیزم‌های تحمل به خشکی و وراثت در نیشکر، اصـلاح ارقام موردنظر را محدود کرده اسـت. لازم اسـت ژن‌های مشارکت‌کننده در واکنش گیاه به کمبود آب دقیقاً مشخص شوند تا بتوان یک کارکرد قابل تطبیق برای فقدان آب وتنش‌های محیطی به‌دست آورد. ژن‌های شرکت‌کننده در تنظیـم بیان تحت کمبـود آب یا در زمان بنای تحمل بـر خشـکی، کاندیداهای بالقوه‌ای جهـت ارزیابی در بین ژنوتیپ‌های متقابل در نیشکر می‌باشند. مطالعات در برنج، Arabidopsis و نیشکر با استفاده از تجزیه‌های بسیار دقیق با ارزیابی پی‌درپی به‌وسیله بسط کمی نسخه‌برداری معکوس (RT-qPCR) به‌عمل آمده است. این برای تحقیقات آینده در ژن‌های بیان شده افتراقی در زمان‌های مشخص در طول خشـکی می‌باشـد. در برخی مطالعات از این ژن‌های بیان شده افتراقی برای به‌دست آوردن گیاهان تراریخت با تحمل بیشتر به کمبود آب استفاده کرده‌اند. شناسایی ژن‌هایی با پروتئین‌های ساختمانی کدشده مستقیماً با استقرار تحمل به خشـکی می‌تواند در توسـعه مارکرهای ژنتیکی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل و یا حساس مرتبط باشد. این در به‌دسـت آوردن کولتیوارهای اصلاح شده با دست‌کاری مستقیم ژنتیکی (ترانس ژنتیک) یا اصلاح کلاسیک کمک می‌کند. داده‌های ریز ارائه نشـان از یک تغییر در بیان ژن در شرایط خشکی می‌دهند. در نیشکر ۹۳ ژن بیان افتراقی دارند که شامل اورتولوگ‌های NAC و DREB فاکتورهای استنساخی و سیستئین پروتئیناز RD19A می‌باشد.

در حقیقـت این اطلاعات منجر به تولید نیشـکرهای تراریخت متحمل‌تر به خشکی شد. (به بخش بیوتکنولوژی مراجعه شود).

۳-۳-۳. مقاومت به تنش‌های زنده

مقاومـت ژنتیکی به آفـات و بیماری‌ها امری واجب و ضروری در اصلاح گیاهان اسـت. آفـات و پاتوژن‌ها اغلب مناطـق جدیدی را تسـخیر می‌کنند و از نظر شکسـتن مقاومت‌ها به‌خوبی شـناخته شـده‌اند که همیشه به‌عنوان چالش‌های جدید مطرح می‌باشند. حقیقتاً تنش‌های زنده توجه ویژه‌ای در برنامه‌های اصلاحی نیشکر می‌طلبند، زیرا که ممکن اسـت اثر اقتصادی بزرگ در مناطق زیرکشـت نیشکر با واریته‌های حساس داشته باشند.

مثال‌هایی از تنش‌های زنده که اصلاح‌گرهای نیشـکر، متخصصیـن ژنتیک، بیماری‌شناسـان و حشره‌شناسـان به آنها توجه دارند بسـته به محل برنامه اصلاحی شـامل

در برخی مطالعات از این ژن‌های بیان شده افتراقی برای به‌دست آوردن گیاهان تراریخت با تحمل بیشتر به کمبود آب استفاده کرده‌اند. شناسایی ژن‌هایی با پروتئین‌های ساختمانی کدشده مستقیماً با استقرار تحمل به خشکی می‌تواند در توسعه مارکرهای ژنتیکی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل و یا حساس مرتبط باشد

بیماری‌هـای قارچی ماننـد زنگ‌ها به‌ویـژه زنگ قهوه‌ای *(Pucciniamelanocephala)* و زنگ زرد *(Puccinia kuehnii)* کـه اخیراً به قاره آمریکا هجوم آورده اسـت و به‌عـلاوه سـیاهک *(Ustilago scitaminea)*. بیمارهای اصلی باکتریایی شامل بیماری کوتولگی راتون *(Leifsonia xyli)* و لکه چشـمی *(Xanthomonas albilineans)* و بیماری‌های مهم ویروسـی موزائیک نیشـکر (SCMV) و ویروس زردبرگی نیشکر (SCYLV) هستند. بیماری‌های دیگری با تکثیر محدود یا با پتانسیل کمتر معنی‌دار اقتصادی شامل بیماری‌های قارچی پوسیدگی قرمز *(Glomerella tucumanensis)*، لکه چشـمی *(Helminthosporium sacchari)* پوکابونـگ *(Fusarium moniloforme)* و بیمـاری آناناسـی *(Ceratocystis paradoxa)* وجود دارند که شناسایی مقاومت ژنتیکی به این بیماری‌ها برای مشـارکت خصوصیات مقاومت به‌عنوان اهداف برنامه‌های اصلاحـی و جلوگیری از تهدیدها تولیـد (جاری و بالقوه) علاوه بر کاهش مصرف قارچ‌کش‌ها مهم نیز می‌باشد.

در همین زمینه، حشرات نیز به‌عنوان تهدیدها بالقوه در تولید نیشـکر به صورت مستقیم یا به‌عنوان ناقلین بیماری به‌شمار می‌روند.

آفات مهم و اصلی نیشکر شامل:

ریشـه‌خوار نیشـکر: *Mahanarvafimbriolata*, (*Hemiptera: Cercopidae*)

شپشـک نیشـکر: *Sphenophorus levis*, (*Coleoptera:Curculionidade*)

سوسـک شـاخک بلنـد: *Migdolus fryanus*, (*Coleoptera: Cerambycidae*)

ساقه‌خوار نیشـکر: *Diatreae saccharallis*, (*Lepdoptera: Pyralidae*)

" " "" " " : *Telchin licus,Lepdoptera*) (*Castniidae*)

در حالی‌که شته‌ها فی‌النفسه اهمیت کمتری به‌عنوان آفات دارند. دوگونه (Melanaphis sacchari and Sipha flava) ناقلین SCYLV ویروس زردبرگی نیشکر می‌باشند. مقاومت نیشـکر در مقابل حشـرات وقتـی ویروس خطر بالقوه‌ای باشد مفید است. کنترل بیولوژیکی آفات با استفاده از دشمنان طبیعی به‌عنوان تکنیک مدیریت محصول که در بعضی حالات مانند قارچ (Metarhizium anisopliae) که ریشه‌خوار را کنترل می‌کند قابل دوام و مناسب می‌باشد. به هرترتیب، مشارکت و تلفیق مقاومت ژنتیکی در مقابل آفات با خسارت اقتصادی یا دارای اثر بالقوه چنانچه در دسترس باشد مسلماً بهترین گزینه به‌شمار می‌آید.

۴-۳-۳. خصوصیات توسعه‌ای مطلوب

القـاء گل‌دهی: در نیشـکر گل‌دهی بـا فتوپریود (روز کوتاه)، درجه حرارت، رطوبت نسبی، سن گیاه و حاصلخیزی خاک تنظیم می‌شـود. القاء گل‌دهی وقتی که فتوپریود یا طـول روز به بیش از ۱۲/۵-۱۱/۵ سـاعت کاهش یابد بر حسـب واریتـه رخ می‌دهد. درجه حرارت جهت توسـعه خوشـه و باروری دانه گـرده حدود ۲۸ درجه در روز تا۲۳ درجه سـانتی‌گراد در شب مناسب است (کلمنتس و اوادا ۱۹۶۷). وقتی نیشکر گل می‌دهد رشد رویشی گیاه متوقف می‌شود و شکر ذخیره شده در ساقه‌ها برای توسعه زایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌دنبال آن سیکل گیاه بسته شده و پیر می‌شود. از طرفی دیگر گل‌دهی یک خصوصیت مهم برای اصلاح اسـت. تولید اقتصادی نیشکر در مناطق استوایی به‌وسیله شرایط آب و هوایی که باعث گل‌دهی در سراسر طول سال می‌شود مختل می‌شود زیرا که فتوپریود همیشـه نزدیک به ۱۲ سـاعت اسـت. محل ایستگاه‌های اصلاحی نیشـکر در این مناطق مطلوب می‌باشد. ساکاروم افیسـیناروم نشـان می‌دهد که ایندکس گل‌دهی عمومی کمی در شـرایط مناسـب دارد، به‌طوری‌که به‌عنوان منبع مهم این خصوصیت در برنامه‌های اصلاحی مورد اسـتفاده قرار می‌گیرد.

معماری گیاه: اساساً از سه خصوصیت ترکیب می‌شود: پنجه‌دهـی، قطر سـاقه و ارتفاع آن (کاروا لهو، کرسـته و دیگـران ۲۰۱۰). کـه به‌عنوان جنبه‌هـای مهم در تعیین بیوماس تولیدی به‌شـمار می‌روند. زاویـه برگ نیز صفت مهمی است که باید مدنظر قرار گیرد زیرا که سایه‌دهی بر برگ‌های پایینی به‌وسیله برگ‌های بالایی میزان فتوسنتز را کاهش می‌دهد. اخیراً توسعه ساقه‌های برافراشته جهت سهولت برداشت ماشینی در واریته‌های جدید مورد بررسی

ساکاروم افیسیناروم نشان می‌دهد که ایندکس گل‌دهی عمومی کمی در شرایط مناسب دارد، به‌طوری‌که به‌عنوان منبع مهم این خصوصیت در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار می‌گیرد

قرار گرفته است. ژنتیک توسعه این خصوصیات به‌خوبی در برنامه‌های اصلاحی نیشکر دایر نشده است. باید به انجام عملیات انتخاب در مزرعه و ارزیابی ژرم پلاسم نیشکر در تلاش‌های دراز مدت اعتماد کرد.

قدرت بازرویی: راتون‌ها بعد از هر برداشت می‌توانند رشد مجدد کنند که علی‌رغم کاهش قدرت گیاه، یک معدل پنج دوره برداشت مولد قبل از نیاز به کشت مجدد مزرعه از آن حاصل می‌شود. این خصوصیت خیلی مهمی است که در طول تکامل برنامه‌های اصلاحی مورد توجه قرار می‌گیرد، زیرا که ظرفیت بازرویی ضعیف طول عمر مزارع زیر کشت را با مشکل مواجه می‌کند.

۵-۳-۳. خصوصیات مهم فیزیولوژیکی مورد توجه

کارایی استفاده از نیتروژن: نیتروژن یکی از گران‌ترین کودهای مورد نیاز گیاه است زیرا با تبدیل نیتروژن جو (N_2) به آمونیوم (NH_3) با به‌کارگیری عملیات هابر- بوش به‌طور تجاری تولید می‌شود که از نظر انرژی تقاضا محور است. (اریسمن و دیگران ۲۰۰۸). سیستم‌های تولید پایدار ضرورتاً باید تقاضاهایشان به نیتروژن غیرآلی را کم کنند.

جالب توجه است که نیشکر قادر به استقرار یک همزیستی دو جانبه با اندوفیت‌های خاکی که در سلول‌های آوندی زندگی می‌کنند به‌ویژه باکتری *Glucoacetobacter diazotrophicus* در ریزسفر (مانند باکتری‌های جنس *Azotobacter, Azospirillum*, Beijerinckia, *Derxia, Enterobacter, Erwinia*) که بخش کمی از احتیاج گیاه به نیتروژن را تأمین کرده و کاربرد کود نیتروژن را حداقل در شرایط برزیل کاهش می‌دهد. (گیلر ۲۰۰۱) اخیراً توالی ژنوم G.diazotrophicus تکمیل شد (برتالان و همکاران ۲۰۰۹) که می‌تواند به فهم و درک روابط متقابل همزیستی بین یک پروکاریوت و نیشکر در سطح ژنتیکی و مولکولی کمک کند، با این دورنما که تأمین نیتروژن همزیستی در گیاهان نیشکر افزایش یابد. همچنین علائمی مبنی بر واریته‌های جدید وجود دارد که این ارقام می‌توانند راندمان استفاده از نیتروژن غیرآلی را از طریق اصلاح ژنتیکی و با تمرکز بر فیزیولوژی گیاهی که می‌تواند در برنامه های اصلاحی بسیار مفید باشد افزایش دهند (وان و دیگران ۲۰۱۰).

مشارکت میکوریزایی: یکی دیگر از مشارکت همزیستی مهم به میکوریزاها و ریشه‌ها مربوط می‌شود که جذب غیرآلی گیاه را بهبود می‌بخشد (مشخصاً فسفات، ولی نیتروژن و احتمالاً آب و دیگر موادغذایی را نیز شامل می‌شود). ریس و همکاران (۱۹۹۹) ترکیبات ریزوسفر نیشکر را در سه منطقه برزیل تجزیه کردند که ۱۴ گونه میکوریزای آرباسکولار مجزا (که Glomus بیشترین حضور را در آنها داشت) با تنوع قارچی در مزارع آتش‌نزده شناسایی شد. مادامی‌که این مشارکت برای گیاه متقاضی انرژی‌زا بوده و گیاه نیز کربن ساختمانی قارچها را به هنگام تبادل موادغذایی تأمین می‌کند گیاه این همزیستی را به‌خوبی کنترل می‌کند. خاک با فسفر کم (مثلاً حدود ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) تمایل به توسعه فعالیت همزیستی میکروبی دارد (تاکاشالی ۲۰۰۵). تناوب زراعی نیز به مشارکت میکوریزایی کمک کرده و موجب ۳۰درصد افزایش محصول در طول سه دوره برداشت به‌همراه افزایش میزان درصد قند شده است. هنوز توارث ژنتیکی گیاه در خصوص میکوریزا مغفول واقع شده و باید ژنتیک‌دانان و فیزیولوژیست‌های نیشکر در تدارک ابزار لازم برای توانا کردن برنامه‌های اصلاحی به تولید ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل میکوریزایی بالا اقدام کنند. مطمئناً می‌تواند اثر زیادی روی مدیریت هزینه محصول، تطبیق گیاه با شرایط نامناسب و پایداری مزارع تولید داشته باشد.

اتمسفر غنی شده با CO_2 : نیشکر یک گیاه چهار کربنه است که دارای مکانیزم فتوسنتزی ویژه‌ای در تثبیت CO_2 دارد. با تغییرات جهانی آب و هوا سؤالات زیادی در خصوص راندمان مصرف آب و فتوسنتز در محیط (جایی که دی‌اکسیدکربن افزایش یافته) شده است. دسوزا و همکاران (۲۰۰۸). واریته‌های برزیلی کشت شده در طول ۵۰ هفته در تحت شرایط نرمال (360ppm) و شرایط دو برابرشده CO_2 و (720ppm) را مورد مطالعه قراردادند. آنها مشاهده کردند که در شرایط دی‌اکسیدکربن دو برابرشده گیاهان رشد یافته دارای ۳۰درصد فتوسنتز و ۴۰ درصد بیوماس بیشتر با کارایی مصرف آب بهتری نسبت به شاهد بودند. آنالیزهای دقیق این گیاهان نشان می‌دهد که ۳۵ ژن روی برگ‌ها متمایزاً بیان شدند: ۱۴ژن تحت‌کنترل در آمده و ۲۴ ژن القاء شدند (دسوزا و همکاران ۲۰۰۸). پیش از اینوو و آلن (۲۰۰۹) دو واریته رشد یافته در شرایط CO_2 دو برابر(720ppm) را در طول ۴۸ هفته و با افزایش درجه حرارت ۱/۵ درجه سانتی‌گراد یا۶ درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش قراردادند. آنها مشاهده کردند که در غلظت دو برابر دی‌اکسیدکربن و افزایش حرارت ۶ درجه میزان سطح برگ ۵۰درصد، وزن خشک برگ ۲۶درصد و حجم شربت ساقه به مقدار ۱۶۵درصد افزایش یافت اما واکنش‌ها به واریته‌های خاصی بستگی داشت. آمار هر دو گروه نشان داد که گیاه نیشکر در تحت شرایط CO_2 بالا بهره‌وری بیشتری در کارایی مصرف آب دارد.

ادامه دارد

نیتروژن یکی از گران‌ترین کودهای مورد نیاز گیاه است زیرا با تبدیل نیتروژن جو (N_2) به آمونیوم (NH_3) با به‌کارگیری عملیات هابر– بوش به‌طور تجاری تولید می‌شود که از نظر انرژی تقاضا محور است

بررسی خوردگی در قسمت تبخیرکننده‌ها و لوله‌های انتقال شربت آن در صنایع شکر

حسن کریمی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه آزاد اسلامی کرج
دکتر علی‌اکبر فرآشیانی، استادیار گروه مهندسی مواد و متالورژی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی کرج

کلید واژه: صنایع قند – خوردگی – تبخیرکننده‌ها – لوله‌های انتقال شربت – فولاد ساده کربنی

چکیده

خوردگی ماشین‌آلات صنعت قندوشکر از معضلات مهم در جهان محسوب می‌شود. طبیعت اسیدی عصاره اولیه، دمای بالا، افزودن ترکیبات قلیایی و اسیدی در مراحل مختلف تولید انواع خوردگی را در دستگاه‌های کارخانه ایجاد می‌کند. در کارخانه‌های تولید قند تقریبا بیشتر اجزای خط تولید از جنس فولاد کربنی است که به مرور زمان دچار خوردگی یکنواخت و فرسایش می‌شوند. در بعضی از قسمت‌ها نیز خوردگی آنقدر شدید و سریع است که باعث از کار افتادگی خط تولید می‌شود. قسمت تبخیرکننده‌ها و لوله‌های انتقال شربت آن از جمله مواردی هستند که در این تحقیق به بررسی خوردگی آنها و راه‌کارهای جلوگیری یا کاهش آن می‌پردازیم. در قسمت تبخیرکننده‌ها و لوله‌های انتقال شربت تبخیرکننده‌ها عمدتاً خوردگی از نوع عمومی و یکنواخت و سایشی و درصورت استفاده از فولادهای زنگ‌نزن خوردگی حفره‌ای به خاطر PH بالای شربت و یون‌های خورنده تولیدشده و دمای بالا و سرعت بالای حرکت مواد مشاهده می‌گردد. همچنین به‌علت ایجاد رسوب در آنها خوردگی زیر لایه رسوب که خود می‌تواند حفره‌ای و شیاری باشد، نیز ایجاد می‌گردد.

۱. مقدمه و هدف

شِکر یا شَکر ماده‌ای است خوراکی و شیرین که از دانه‌های ریز بلوری تشکیل شده است و به رنگ سفید و یا قهوه‌ای دیده می‌شود.

شکر از عصاره نیشکر و یا چغندر به‌دست می‌آید. کریستال سفیدرنگی که به‌عنوان شکر می‌شناسیم، یک ماده استخراج و فراوری شده است که اغلب از نیشکر یا چغندر به‌دست می‌آید.

قند موجود در نیشکر و چغندر بعد از جداسازی تمام املاح، ویتامین‌ها، پروتئین، آنزیم و سایر مواد مغذی مفید، در کارخانه تصفیه شده و به ساکاروز خالص تبدیل می‌شود.

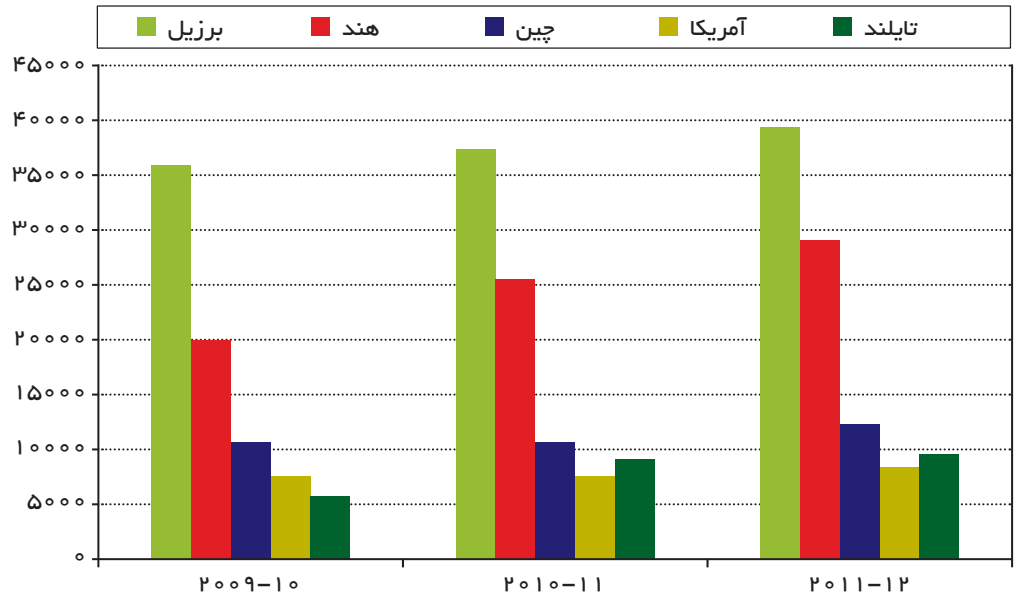
در نقاط مختلف جهان و نسبت به شرایط آب و هوایی و امکانات طبیعی از دو محصول نیشکر و چغندرقند، شکر استحصال می‌شود.

تولیدکننده‌های عمده شکر در جهان عبارت‌اند از برزیل، هند، چین، تایلند و آمریکا که از میان آنها برزیل و هند روی هم حدود ۴۰ درصد شکر جهان را تولید می‌کنند.

انتظار می‌رود تولید و مصرف شکر در جهان تا سال ۲۰۲۰ به‌ترتیب به ۲۰۹ و ۲۰۷ میلیون تن برسد. [۲]

تولیدکننده‌های عمده شکر در جهان عبارت‌اند از برزیل، هند، چین، تایلند و آمریکا که از میان آنها برزیل و هند روی هم حدود ۴۰ درصد شکر جهان را تولید می‌کنند

شکل ۱-۱ : نمودار تولیدکنندگان بزرگ شکر در دنیا [۲]



۱-۱. مراحل تولید قندوشکر

الف) انتقال چغندر به محل فرایند

ب) شستشوی

ج) تهیه خلال

د) استخراج قند از خلال (دیفوزیون)

ه) خشک کردن تفاله

و) تصفیه شربت‌خام (زدن شیر آهک و گاز CO_2)

ز) سولفیتاسیون و رنگبری شربت (گاز SO_2)

ح) تغلیظ شربت یا اواپراسیون

ط) کریستالیزاسیون شربت

ی) خشک کردن

امروزه مسائل خوردگی در صنایع در ابعاد وسیعی مورد توجه قرار گرفته است چرا که اصولا اغلب فلزات در طبیعت به‌صورت سنگ معدن و به حالت ترکیب یافت می‌شوند. لذا کاربرد آنها مشمول فرایندهای متعدد و در عین حال دشوار و پرهزینه و زمان‌بر می‌شود و سرمایه کلانی را در این خصوص می‌طلبد. به‌عبارت دیگر فرایند خوردگی بازگشت فلز به حالت طبیعی است که از معضلات تکنولوژی بوده و سالانه ضرر و زیان بسیاری را متوجه صاحبان صنایع می‌نماید. طبق تحقیقات به عمل آمده هر ساله حدود یک سوم فولاد تولیدی در جهان بر اثر خوردگی غیرقابل استفاده می‌گردد. خسارات ناشی از خوردگی یک واقعیت اجتناب‌ناپذیر در زندگی ماشینی امروزی است و در همه جا از فضا گرفته تا روی خاک، زیر خاک، در دریاها و تأسیسات و ابزارآلات ساخته دست بشر را مورد تهدید قرار می‌دهد.

خوردگی معمولاً در هرمحیطی صورت می‌گیرد و بستگی به آن دارد که با چه مصالحی سر و کار داریم. بیش از ۵۷ نوع خوردگی وجود دارد. [۳]

باتوجه به تخصص‌ها و دیدگاه‌های مختلف تعاریف مختلفی برای خوردگی ارائه شده است که به‌طور خلاصه بیان می‌گردد:

خوردگی به فساد مواد و تغییر خواص آن گفته می‌شود که در نتیجه واکنش با محیط حاصل می‌گردد.

خوردگی اکسیداسیون است.

خوردگی یک حمله شیمیایی به فلز است.

خوردگی پدیده‌ای است الکتریکی، به‌عبارت دیگر الکترولیز است.

خوردگی پدیده‌ای است الکتروشیمیایی.

خوردگی عبارت است از تخریب اجسامی که از طریقی غیراز عمل مکانیکی حاصل می‌شود.

و تعاریفی دیگر...

و اما بهترین تعریفی که امروزه مورد قبول همگان است:

خوردگی عملی است شیمیایی یا الکتروشیمیایی که بین فلزات و محیط اطرافشان واقع گشته و موجب فساد و دگرگونی در خواص آنها می‌شود.

تعریف خوردگی طبق استاندارد ISO-8044 عبارت است از: بر هم کنش فیزیکی و شیمیایی بین فلز و محیط اطراف که نتیجه آن تغییر در خواص فلز است و این اغلب منجر به لطمه به وظیفه فلز، محیط‌زیست و یا سیستم‌های

خوردگی عملی است شیمیایی یا الکتروشیمیایی که بین فلزات و محیط اطرافشان واقع گشته و موجب فساد و دگرگونی در خواص آنها می‌شود

فنی که این‌ها در آن شرکت دارند می‌شود.

تبصره: این بر هم کنش معمولا دارای طبیعت الکتروشیمیایی است.

خوردگی را به روش‌های مختلف طبقه‌بندی نموده‌اند ولی عمومی‌ترین آنها طبقه‌بندی براساس ظاهر و شکل فلز خورده‌شده است. به این روش با مشاهده فلز خورده‌شده با چشم غیرمسلح به راحتی می‌توان نوع خوردگی آن را مشخص نمود. در بین انواع خوردگی می‌توان ۹ نوع منحصر به فرد را پیدا نمود ولی تمام آنها کم‌وبیش وجه متشابهی دارند که به‌شرح ذیل است:

۱. خوردگی یکنواخت
۲. خوردگی گالوانیک یا دو فلزی
۳. خوردگی شیاری
۴. حفره‌دار شدن
۵. خوردگی بین‌دانه‌ای
۶. جدایش انتخابی
۷. خوردگی سایشی
۸. خوردگی توأم با تنش
۹. خسارت هیدروژنی

توجه به خوردگی و اشکال و ارزیابی خسارت آن در صنایع قندوشکر سه بعد اصلی اقتصادی، ایمنی و کاهش ضایعات دارد. جهت پی بردن به نقش و اهمیت کنترل و جلوگیری از خوردگی لازم است موارد زیانبار آن توضیح داده شود. خسارات ناشی از خوردگی به شرح ذیل است:

* شکل ظاهری دستگاه‌ها و محصول نهایی
* مخارج تعمیر و نگه‌داری و بهره‌برداری
* از کار انداختن خط تولید و کارخانه برای مدت زمان طولانی
* آلوده‌شدن محصول با محصولات خوردگی
* نشت یا از بین رفتن محصولات با ارزش
* اثرات بر امنیت و قابلیت اعتماد به سالم و بهداشتی بودن محصول
* مسئولیت عملکرد محصول از جهات عدم‌آلودگی با فلزات
* کاهش راندمان

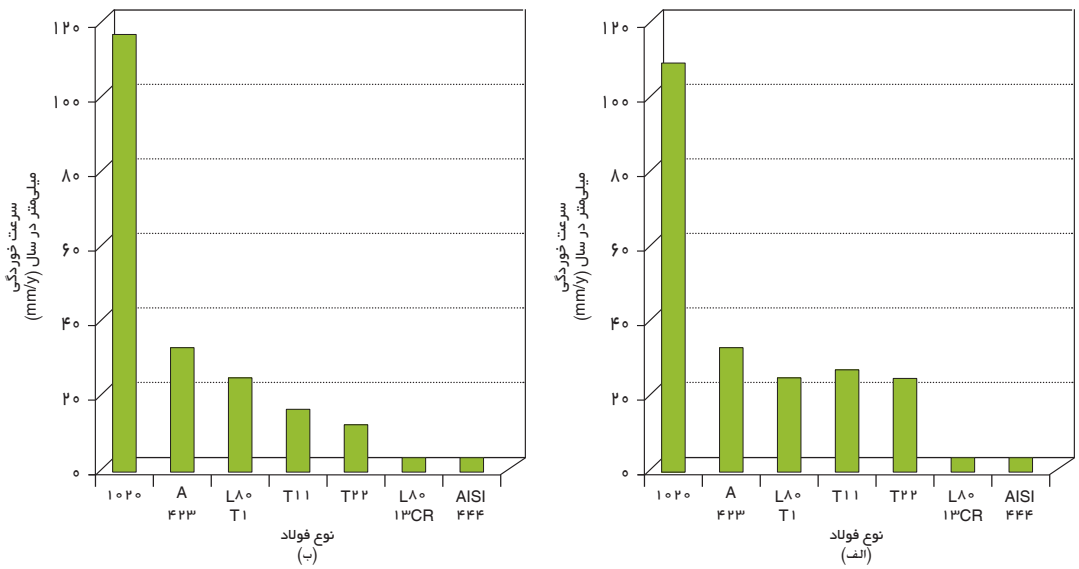
۲-۱. فرآیند و نوع خوردگی در ماشین‌آلات و عملکرد آن‌ها

در کارخانه‌های تولید قند با قدمت زیاد که در ایران در حال بهره‌برداری هستند، تأسیسات و دستگاه‌های خط تولید دچار انواع خوردگی می‌گردد. وجود انواع خوردگی و شدت و سرعت بالای آن باعث افزایش هزینه‌های ناشی از تعمیر و تعویض قطعات و همچنین افزایش زیان ناشی از توقف خط تولید به‌منظور رفع مشکلات ناشی از خوردگی می‌شود. خوردگی در بدنه دیفوزیون و لوله‌های انتقال انواع شربت و لوله‌های آب‌کندانسور و اواپراتورها از بقیه قسمت‌ها مشهودتر است. به‌نظر می‌رسد طبیعت اسیدی عصاره اولیه شربت مورد استفاده و همچنین اضافه نمودن ترکیبات اسیدی و بازی که در مراحل مختلف تولید به آن اضافه می‌گردد و همچنین دمای بالا و سرعت نسبتا بالای جریان مواد در خطوط و همچنین جنس ماده مورد استفاده در خط تولید (عمدتا فولاد ساده کربنی) که مساعد خوردگی است، عوامل مؤثر در ایجاد چنین خوردگی‌های شدیدی هستند. در خارج از کشور تحقیقات زیادی درخصوص پدیده خوردگی در صنایع غذایی انجام شده است. درخصوص صنایع قند نیز در دو کشور هندوستان و برزیل که بزرگ‌ترین تولیدکنندگان شکر در جهان هستند تحقیقاتی به انجام رسیده است که با توجه به اینکه از چه مواد و فرایندی برای تولید شکر استفاده نموده‌اند، نتایج را گزارش کرده‌اند و در اغلب آنها به ضرورت استفاده از فولادهای زنگ نزن و یا آلیاژهای برنج و یا پوشش دهی دستگاه‌ها رسیده‌اند. در فهرست صنایع به تعدادی از آنها اشاره داشته‌ایم. خوردگی را نیز به‌دلیل PH مواد و دمای بالا و سرعت بالای حرکت مواد در مسیر و جنس نامناسب اجزای دستگاه با توجه به شرایط کاری تشخیص داده‌اند. متداول‌ترین روش جلوگیری از خوردگی، انتخاب فلز یا آلیاژ مناسب برای کاربرد موردنظر است. در اینجا فقط به این نکته اشاره می‌کنیم که محیط تأثیر بسزایی در انتخاب مواد دارد و هر چند که تنوع مواد زیاد است، اما باید با توجه به شرایط محیطی که ادوات و تجهیزات در آن قرار دارند فلز مناسب انتخاب شود. اهداف اصلی این تحقیق بررسی و شناسایی دقیق انواع خوردگی در خط تولید و علل وقوع آنها و همچنین ارائه راهکارهای مناسب و یا پیشنهاد استفاده از مواد جدید با جنس مناسب به‌منظور حذف خوردگی و یا کاهش سرعت آن است.

فرایندهای متنوعی حین تولید شکر و قند صورت می‌گیرد. نخستین مرحله خط تولید سیستم تخلیه و انتقال و ذخیره‌سازی مواداولیه است که تقریباً تمام اجزاء از جنس فولاد کربنی و چدن بوده و به مرور زمان دچار خوردگی یکنواخت و فرسایش می‌شوند. آسیب‌های خلال که شامل محفظه‌های غالباً استوانه‌ای شکل مجهز به تیغه‌های برنده بودند که وظیفه خلال یا قطعه‌قطعه کردن چغندرقند یا نیشکر را دارند در این مرحله به‌علت PH پایین احتمالی خوردگی اسیدی و همچنین خوردگی یکنواخت و فرسایش زیاد هستند.

نخستین مرحله خط تولید سیستم تخلیه و انتقال و ذخیره‌سازی مواداولیه است که تقریباً تمام اجزاء از جنس فولاد کربنی و چدن بوده و به مرور زمان دچار خوردگی یکنواخت و فرسایش می‌شوند

شکل ۱-۲ : نمونه‌ای از سرعت خوردگی مواد در شرایط مختلف الف: فاز مایع ب: فاز بخار



قسمت دیگر که در کارخانه‌های نیشکری آسیاب هم نامیده می‌شود وظیفه تولید عصاره نیشکر را برعهده دارد. در کارخانجات چغندرقند این فعالیت همراه با استفاده از آب گرم و فرایند دیفوزیون است. اجزاء تشکیل‌دهنده این قسمت فولاد ریخته گری، فولاد زنگ نزن و فولاد ساده کربنی است. در این قسمت علاوه بر خوردگی یکنواخت احتمال خوردگی حفره‌ای و سایشی نیز وجود دارد. در مراحل بعدی که شامل خطوط انتقال و تانک‌های مختلف بوده به‌علت طبیعت اسیدی شربت که مخلوطی از اسیدهای آلی، نمک‌های معدنی، مواد معلق و فیبر است احتمال خوردگی و حمله اسیدی زیاد است. دستگاه‌های قسمت تهیه شیرآهک که اغلب از جنس فولادی ساده کربنی است در معرض خوردگی حاصل از اسیدها و قلیایی‌ها است. کوره‌های تولید گاز CO_2 دی‌اکسیدکربن و همچنین گاز SO_2 که برای فرآیندهای کربناتاسیون و سولفیتاسیون است دچار خوردگی شدید می‌شوند.

مبدل‌های حرارتی که وظیفه گرم کردن انواع شربت را دارند نیز دچار خوردگی شده همچنین دچار رسوب‌گرفتگی نیز می‌گردند که خود این امر در بلندمدت سبب ایجاد خوردگی زیر رسوبی که ممکن است از نوع شیاری یا حفره‌ای باشد، می‌شوند. تانک‌های استوانه‌ای همزن‌دار در مرحله کربناتاسیون و سولفیتاسیون نیز در مرحله گازدهی با CO_2 و SO_2 به‌شدت دچار خوردگی می‌شوند به‌طوری که بیشتر تکه‌های آهن و رسوبات در این مرحله وارد شربت می‌شوند.

در قسمت تغلیظ کننده‌ها نیز مواد با PH بالا و دمای بالا باعث وقوع خوردگی در آنها می‌گردد. در مرحله کریستالیزاسیون به‌علت ایجاد دانه‌های شکر خوردگی سایشی و یکنواخت پدید می‌آید ولی با این حال چون ناخالصی‌ها و مواد تر فرایندها کاهش یافته است خوردگی نسبتاً کمتر از جاهای دیگر است. در قسمت اواپراتور یا تبخیرکننده‌ها خوردگی شیمیایی و حفره‌ای و همچنین انواع خوردگی زیر رسوبی که می‌تواند شیاری و حفره‌ای باشد از بقیه انواع خوردگی محتمل‌تر است. در خطوط جوش در اغلب تانک‌ها و ماشین‌آلات خوردگی شدیدتر از مناطق دیگر است لذا جوشکاری بهینه از جمله راهکارهای مقابله با خوردگی است.

۱-۳. عوامل ایجاد خوردگی

الف) جنس نامناسب مواد سازنده (عمدتاً فولاد ساده کربنی)

ب) طبیعت اسیدی عصاره اولیه (PH از ۵/۵ تا ۶)

ج) دمای بالا (تا ۱۱۰ سانتی‌گراد)

د) افزودن ترکیبات قلیایی و اسیدی PH بالای شربت (تا ۹)

ه) سرعت بالای حرکت مواد

۱-۴. روش‌های جلوگیری از خوردگی فلزات

روش کلی جلوگیری از خوردگی را می‌توان به هفت بخش مجزا بیان نمود:

۱. انتخاب مواد مناسب

جدول ۱-۱ : کاربردهای مختلف فولادهای زنگ‌نزن	
نوع فولاد	کاربرد
۳۰۴ / ۳۰۴L	صنایع غذایی - صنایع کاغذ و صنایع پتروشیمی
۳۰۹	کوره‌های دمای بالا - لوله‌های داغ - اگزوزها و قسمت‌های داغ کوره‌ها
۳۱۰	صنایع شیمیایی و نفت - مبدل‌های حرارتی و کوره‌ها
۳۱۶ / ۳۱۶L	صنایع شیمیایی و غذایی - صنایع دریایی و خواص بهتر مقاومت خزشی نسبت به ۳۰۴
۳۲۱	مناسب استفاده در دمای کم و زیاد و بدنه‌ها و دستگاه‌ها و رفریژرانت‌ها
۳۴۷	مناسب استفاده در دمای کم و زیاد و بدنه‌ها و دستگاه‌ها و رفریژرانت‌ها
۹۰۴L	مبدل‌های حرارتی - کندانسورها و لوله‌ها
۲۵۴ SMO	محیط‌های بسیار خورنده مانند آب دریا
۴۴۴	مخازن نگهداری آب داغ - مقاومت به خوردگی خوب
Duplex types	مخازن آب داغ - مقاومت خوب در برابر خوردگی تنشی و صنایع کاغذسازی و شیمیایی
PH types	مقاومت به خوردگی و تنش همزمان خوب و صنایع دریایی
۴۲۰	تیغه‌های برشی و چاقوها
۴۳۰	شیرهای دمای بالا - مقاومت خوب در برابر اکسیداسیون

جدول ۱-۲ : مقایسه فولادهای زنگ نزن از نظر شرایط کاربردی					
خواص	آستنیتی‌ها	فریتی‌ها	داپلکس‌ها	مارتنزیتی‌ها	رسوب سخت‌شونده‌ها
مقاومت کششی	-	+	++	+++	+++
مقاومت سایشی	-	-	+	++	++
شکل‌پذیری	+++	++	++	-	+
جوش‌پذیری	++	-	++	--	-
مقاومت به‌خوردگی عمومی	++	+	++	-	+
مقاومت به‌خوردگی تنشی	++	+	++	-	+
مقاومت‌به‌خوردگی درمحیط‌حاوی‌یون‌کلراید	-	++	++	-	-

۲. تغییر محیط‌خورنده
۳. طراحی مناسب تجهیزات و ادوات
۴. کاربرد ممانعت‌کننده‌ها
۵. پوشش‌ها
۶. حفاظت کاتدی
۷. حفاظت آندی

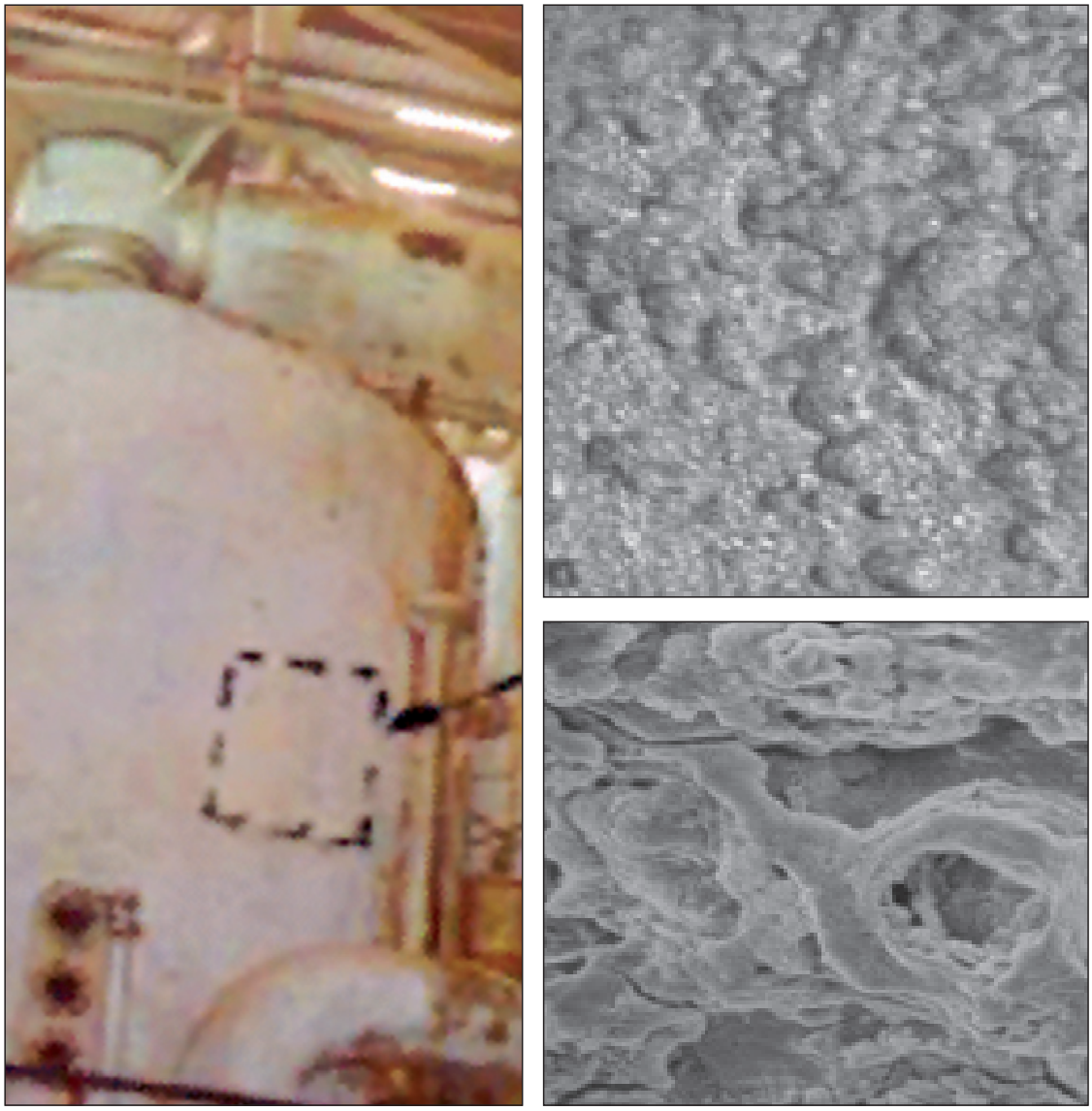
که اصولی‌ترین و مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین روش انتخاب فلز مناسب برای قسمت‌های مختلف کارخانه است.[۳]

۲. مواد و روش‌ها

خوردگی اجزا و ماشین‌آلات در مراحل تولید قندوشکر با توجه به قدیمی بودن خط تولید در اکثر کارخانه‌های ایران به‌شدت بالاست. با توجه به فصلی بودن تولید در این صنعت، ماشین‌آلات در معرض دائم مواد در مدت کوتاهی در طول سال بوده و بیشترین تنش‌های مکانیکی و حرارتی به آنها وارد می‌شود. بنابراین ماشین‌آلات در معرض شدید خوردگی و فرسایش هستند. مطالعات انجام شده در کشورهای اروپایی حاکی از آن است که خوردگی

در مرحله کریستالیزاسیون به‌علت ایجاد دانه‌های شکر خوردگی سایشی و یکنواخت پدید می‌آید ولی با این حال چون ناخالصی‌ها و مواد تر فرایندها کاهش یافته است خوردگی نسبتاً کمتر از جاهای دیگر است

جدول ۲-۱: مقایسه سرعت خوردگی در مراحل مختلف فرایند تولید قند در مورد فولاد ساده کربنی و برنج				
محیط / فرآیند	PH	دما (درجه‌سانتیگراد)	میانگین سرعت خوردگی	mdd
			فولاد کربنی	برنج
آب کندانسور	۶/۸	۴	۴۰۱/۹	۲۶/۸
شربت‌خام	۵/۵	۲۹	۴۴۲/۳	۵۳/۵
شربت سولفیته	۷/۱	۶۴	۲۱۳/۲	۲۴/۳
شربت تصفیه‌شده	۶/۹	۹۸	۶۵۵/۵	۳۸/۸
شربت فیلترشده	۶/۵	۷۶	۷۳۴/۹	۶۷/۱
شربت سولفیته	۵/۱	۴۶	۴۰۵/۲	۸۴/۸



شکل ۲-۱: خوردگی در تبخیرکننده‌ها

در تبخیرکننده‌ها و لوله‌های انتقال شربت بیشترین نوع خوردگی از انواع یکنواخت، سایشی و حفره‌ای است. همچنین به خاطر ایجاد رسوب در این لوله‌ها پدیده خوردگی زیر رسوبی که خود می‌تواند شیاری یا حفره‌ای باشد رخ می‌دهد

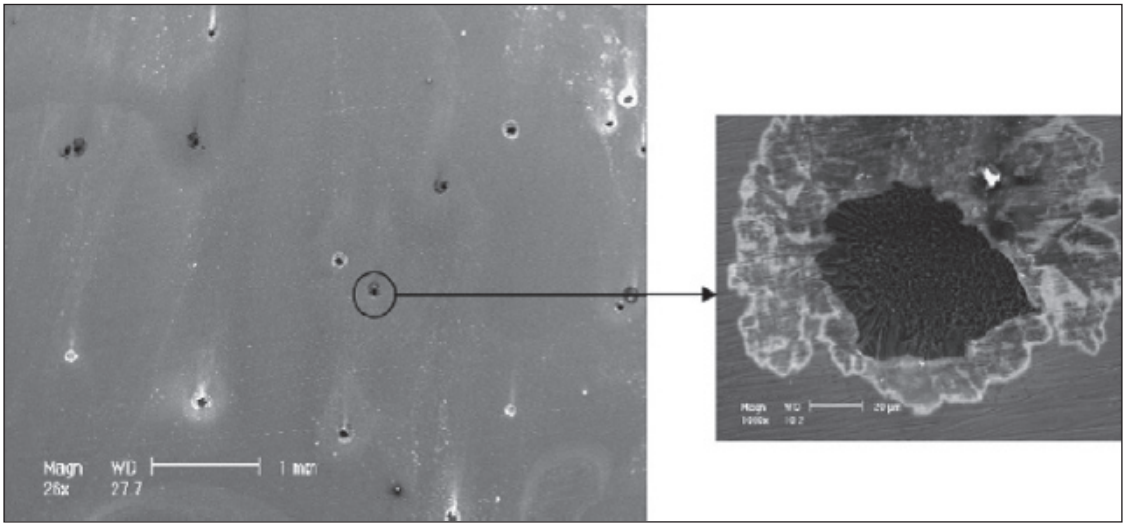
بین ۶-۱ درصد تولید ناخالص ملی سود را شامل می‌شود و در ایالات متحده آمریکا هزینه‌های خوردگی بالغ بر ۳۰۰ میلیارد دلار یا حدود ۳/۱ درصد تولید ناخالص ملی است و در مطالعه انجام شده در کشور هند با حدود ۵۰۰ کارخانه تولید قند این هزینه بالغ بر ۱۴ میلیارد دلار تخمین‌زده شده است.

۱-۲- خوردگی در تبخیرکننده‌ها و لوله‌های انتقال شربت

در تبخیرکننده‌ها و لوله‌های انتقال شربت بیشترین نوع خوردگی از انواع یکنواخت، سایشی و حفره‌ای است. همچنین به خاطر ایجاد رسوب در این لوله‌ها پدیده خوردگی زیر رسوبی که خود می‌تواند شیاری یا حفره‌ای باشد رخ می‌دهد. پدیده خوردگی بالا و زیر رسوب در این لوله‌ها با سوراخ کردن لوله هزینه‌های ناخواسته‌ای را تحمیل می‌کند که باعث کاهش راندمان تولید و گاهی توقف خط تولید و در نتیجه اتلاف منابع مالی می‌شود. رسوبات تولید شده در مرحله تغلیظ شربت قند دو نوع هستند: یکی رسوبات خارج لوله‌های تبخیرکننده و دیگر رسوبات مربوط به داخل لوله‌های تبخیرکننده که همانند پوسته‌هایی هستند که شربت به جای می‌گذارد.

مسئله اصلی در مورد خوردگی در این لوله‌ها به‌دلیل عدم‌انتخاب جنس مناسب با توجه به PH دما و سرعت حرکت مواد و همچنین رسوبات نوع دوم ذکر شده است که باعث ایجاد خوردگی زیر لایه رسوب می‌گردد. رسوبات داخل تبخیرکننده‌ها و لوله‌ها شامل نمک‌های کلسیم، فسفات، سولفات، اگزالات و کربنات کلسیم و همچنین اکسیدهای فلزی نظیر اکسید منیزیم، آلومینیوم و آهن و همچنین سیلیکات‌ها هستند.

تشکیل رسوبات به‌علت وجود ترکیباتی که میزان حلالیت آنها با افزایش حرارت نسبت معکوس داشته و در درجه حرارت‌های بالا رسوب می‌نمایند و همچنین به‌دلیل واکنش‌های شیمیایی داخل لوله‌های تبخیرکننده که در اثر درجه حرارت بالا بین مواد غیرقندی درون شربت قند صورت می‌گیرد نیز است. در نتیجه این واکنش‌ها غلظت نمک در تبخیرکننده‌ها بالا رفته و در نتیجه روی سطوح داغ رسوب می‌کنند. برای جلوگیری از خوردگی تبخیرکننده‌ها و لوله‌های آن پیشنهاد استفاده از فولادهای زنگ نزن می‌گردد. با توجه به تحقیقی که انجام شده در جدول زیر به دست آمده نشان داده می‌شود که عمرخوردگی این فولادها بسیار بیشتر از فولادهای ساده کربنی است.



شکل ۲-۲: نمونه‌ای از خوردگی حفره‌ای

جدول ۲-۲ : مقایسه سرعت خوردگی مواد مختلف در شربت قند

نوع فلز	فولاد معمولی	۴۰۹	برنج	۲۰۴	۳۰۴
چگالی جریان خوردگی (میلی‌آمپر)	۱۴۰	۲۰	۱۵	۲۱۵	۰/۰۴
سرعت‌خوردگی (میلی‌متردرسال)	۳/۲	۰/۵	۰/۴	۰/۰۵	۰/۰۱
جریان بحرانی (میلی‌آمپر)	۷۵۰۰	۱۹	۱۶۰	۸	۳/۵

برای جلوگیری از رسوب کردن نمک‌ها که منجر به خوردگی زیر لایه رسوب می‌گردد، باید موادی که به آنها بازدارنده رسوب می‌گویند به شربت قند اضافه کنیم که می‌توان به بازدارنده‌هایی که اضافه کردن آنها در صنایع شکر مجاز است

جدول ۲-۳: درصد بازدارندگی از تشکیل رسوب بازدارنده‌های مختلف در تبخیرکننده‌ها

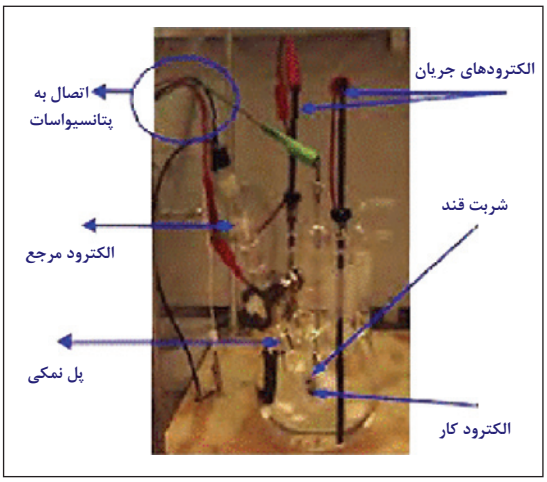
شماره بدنه‌ی تبخیرکننده	اسید پلی‌اکریلیک	۷۵ درصد اسید پلی‌اکریلیک ۲۵ درصد آمینومیتل پروپیل سولفونیک اسید	اسید پلی‌مالئیک	سدیم پلی‌کربوکسیلات
بدنه اول	۹	۴۰	۲۳	۲۹
بدنه دوم	۱۰	۶۵	۳۰	۳۰
بدنه سوم	۱۵	۶۷	۱۵	۳۰
بدنه چهارم	۳۳	۷۲	۳۴	۷۰

همچنین برای جلوگیری از رسوب کردن نمک‌ها که منجر به خوردگی زیر لایه رسوب می‌گردد، باید موادی که به آنها بازدارنده رسوب می‌گویند به شربت قند اضافه کنیم که می‌توان به بازدارنده‌هایی که اضافه کردن آنها در صنایع شکر مجاز است از جمله اسید پلی‌اکریلیک، اسید پلی‌مالئیک، سدیم پلی‌کربوکسیلات و... اشاره نمود.

۳. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به شرایط عملیاتی در مراحل تولید قندوشکر از جمله PH بالا، دمای بالا و سرعت نسبی بالای مواد دستگاه‌ها و اجزای خط تولید دچار انواع خوردگی اعم از شیمیایی، حفره‌ای، شیاری و سایشی می‌گردند. لذا باید برای بهبود وضعیت دستگاه‌ها و ماشین‌آلات با مطالعه دقیق و آزمایشات خوردگی روی مواد مختلف در شرایط کاری و مکان‌های متنوع خط تولید موادی انتخاب و جایگزین شوند که در مقابل خوردگی و فرسایش مقاوم باشند. این مواد باید خصوصیت تحمل تنش چرخش، ضربه‌پذیری و قابلیت جوشکاری خوبی از خود نشان دهند. علاوه بر این

با توجه به شرایط عملیاتی در مراحل تولید قندوشکر از جمله PH بالا، دمای بالا و سرعت نسبی بالای مواد دستگاه‌ها و اجزای خط تولید دچار انواع خوردگی اعم از شیمیایی، حفره‌ای، شیاری و سایشی می‌گردند



شکل ۲-۳: نمونه‌هایی از یک پیل الکتروشیمیایی برای بررسی خوردگی با شربت قند

به رنگ سفید شکر و قند آسیب وارد نکنند و با قیمت مناسب در دسترس باشند.

در تبخیرکننده‌ها و لوله‌های انتقال شربت بر روی سطح در تماس مستقیم با شربت لوله‌ها و زیر لایه رسوب‌ها خوردگی به‌شدت صورت می‌پذیرد.

خوردگی عمدتاً از انواع یکنواخت، سایشی و حفره‌ای و در زیر رسوب‌ها حفره‌ای و شیاری رخ می‌دهد. با انتخاب فلز مناسب با توجه به شرایط خوردگی آنکه بررسی شد، خوردگی روی سطح در تماس مستقیم کاهش می‌یابد. برای کاهش خوردگی زیر لایه‌های رسوبی نیز باید با بررسی دقیق شیمی صنایع غذایی از بازدارنده رسوب مناسبی استفاده نمود تا رسوب‌گذاری بر طرف یا کاهش یابد. با توجه به اینکه امروزه استفاده از فولادهای زنگ نزن در این صنایع رونق یافته است لذا پیشنهاد می‌گردد به مرور این نوع فولادها به کمک مواد بازدارنده که به کاهش سرعت خوردگی منجر می‌شوند جایگزین خط تولید فرسوده گردد. با توجه به جداول و شکل‌هایی که در متن به آن‌ها اشاره داشته‌ایم، مقاومت فولادهای زنگ نزن در شرایط PH بالا و دمای بالا و سرعت حرکت بالای مواد بسیار خوب بوده و عمر قطعات به‌شدت افزایش می‌دهد. هر چند در ابتدا هزینه‌های کارخانه افزایش می‌یابد ولی در طولانی مدت با توجه به کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری شرایط مقرون‌به‌صرفه خواهد بود.

۴. پیشنهادات

الف) انتخاب و استفاده از فولادهای زنگ زن و جایگزینی آن با انجام آزمایشات خوردگی برای برگزیدن فولاد مناسب.

ب) استفاده از مواد بازدارنده رسوب مناسب در تبخیرکننده‌ها و لوله‌های انتقال شربت‌خام با کمک مهندسین شیمی و صنایع غذایی.

بررسی روند تولید Compress Food bar در فعالیت‌های سازمان جهانی یونیسف (UNICEF) و قوانین موجود در این زمینه در دنیا

مترجم و تهیه‌کننده: سمیه اخوان
کارشناس واحد تحقیق و توسعه پارس‌مینو

بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد که سازمان جهانی یونیسف که در زمینه‌های مختلف دارای فعالیت است، در زمینه تولید Compress Food bar (غذاهای فشرده قالبی) نیز با هدف حمایت از کودکان دچار فقر غذایی، در کشورهای مختلف و همچنین برای تغذیه افراد مختلف در زمان جنگ و لشکرکشی‌های جهانی و هنگام وقوع بلایای طبیعی فعالیت چشم‌گیری داشته است و این محصولات با علامت اختصاری RUTF. که اختصار عبارت Ready-To-Use-THERAPEUTIC Food است تولید و عرضه می‌شود. RUTF ممکن است در شرایط مختلف آب و هوایی از شرایط جوی قطبی تا اوج آب و هوای گرمسیری مصرف شود و ممکن است به جز آب و شیر مادر برای کودکان تنها منبع تأمین نیازهای این قشر آسیب‌پذیر وضعیف برای تأمین نمودن انرژی کافی و پروتئین و چربی و ویتامین‌ها و مواد معدنی لازم باشد، بنابراین باید براساس اصول و ضوابط استانداردهای تغذیه‌ای تولید گردد که عبارتند از:

۱) RUTF باید مطابق با ضوابط و استانداردهای CODEX و FDA تولید شود و همچنین مطابق با ضوابط و شرایط HACCP و SO22000 و سایر استانداردهای سازمان‌های بین‌المللی تهیه گردد.

۲) میزان خلوص اجزای خشک فرمول باید مطابق با خلوص FCC و میزان افزودنی‌های مجاز نباید بیشتر از حد مجاز CODEX ALIMENTARUS باشد و شرایط تولید و حمل‌ونقل باید کاملاً منطبق با ضوابط FDA باشد.

۳) ترکیبات تشکیل‌دهنده RUTF باید کاملاً با احتیاجات و نیازمندی‌های ذکر شده به‌صورت مستند و طبقه‌بندی شده و به‌صورت اختصاصی معین و شناخته شده باشد. به‌عنوان مثال هر استابیلایزر و همچنین هر امولسیفایر که مصرف می‌گردد باید به‌صورت اختصاصی معین و شناسایی شده باشد. به‌صورت کلی محصولات RTUF به دو دسته کلی

۱) نوع اول: مالیدنی (Spread) و نوع دوم: قالبی (Bars) طبقه‌بندی می‌شود.

نوع دوم که به‌صورت Bar و یا قالبی است به‌صورت Compress Food bar یا غذای فشرده قالبی ساخته شده است و باید محتوی انرژی برابر (Kcal)520-550 در ۱۰۰گرم باشد.

نوع Bar محصولات RUTF به‌صورت صنعتی از غلات و حبوبات نیمه آماده بر پایه غلات و مخلوط محصولات لبنی روزانه (Dairy mix) به‌صورت قالب‌های مستطیلی شکل تولید و عرضه می‌شود.

این محصولات باید حتماً شامل ۱۰-۱۲درصد پروتئین باشد که منابع این پروتئین می‌تواند حبوبات و غلات و محصولات لبنی روزانه و بقولات مثل نخود، عدس و لوبیا و یا پروتئین ایزوله باشد.

محصولات RUTF باید شامل ۴۵-۶۰درصد چربی در واحد سنجش Kcal باشد و باید شامل تقریبا ۱۰درصد از اسیدهای چرب اشباع باشد که تنها مصرف روغن کانولا و روغن سویا مجاز شمرده می‌شود. مطابق با قوانین و ضوابط Codex Standard مصرف اسیدهای چرب ترانس به‌ویژه هیدروژنه مجاز نیست و نباید مصرف شود.

در نهایت ۵۰ درصد پروتئین باید از محصولات لبنی مشتق شود اما تنها به مصرف پروتئین آب پنیر محدود شده نیست و شامل ۸۰ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر، شیرخشک کامل، چربی شیر کامل و شیر خشک بدون چربی است.

و RUTF باید شامل فیبر غیرقابل هضم به میزان کمتر از 5g در ۱۰۰باشد و همچنین RUTF نباید شامل رنگ‌ها و اسانس‌های مصنوعی باشد.

محصولات RUTF باید شامل ۴۵-۶۰درصد چربی در واحد سنجش Kcal باشد و باید شامل تقریبا ۱۰درصد از اسیدهای چرب اشباع باشد که تنها مصرف روغن کانولا و روغن سویا مجاز شمرده می‌شود. مطابق با قوانین و ضوابط Codex Standard مصرف اسیدهای چرب ترانس به‌ویژه هیدروژنه مجاز نیست و نباید مصرف شود

زمانـی که مغزها و یا گنـدم و یا بقولات به‌عنوان اجزای تشـکیل‌دهنده مورد اسـتفاده قرار گیـرد کارخانه صنعتی تأمین‌کننده حتما باید گواهی‌نامه آنالیز یا (COA) و سـند مکتوب تسـت آفلاتوکسین برای آردهای غلات دارای مجوز برای مصرف در این محصول (گندم، جو دوسـر، برنج، ارزن، جو و ذرت خوشه‌ای) را ارائه دهد. ترکیبات لبنی مصرف شده حتماً باید از محصولات شـیر اما نه به‌صورت محدود شده از پروتئین آب پنیر کامل باشد و علاوه بر آن می‌تواند پودر آب پنیر خشـک و پودر شیر خشـک کامل (کلیه این موارد باید مطابق با اسـتانداردهای CODEX و FDA مصرف شـود) باشد. می‌توان از شیر خشک غنی شده با ویتامین A و ویتامین D مطابق با ضوابط CODEX و FDA استفاده نمود. صنایع تولیـد لبنیات روزانه بایـد محصول بدون ملانین را به همراه Certificate (COA) برای خریدار ارائه دهد.

شیرین کننده‌های مورد استفاده در RUTF باید شامل شیرین کننده‌های طبیعی به جز عسل (به‌علت پتانسیل وجود مسمویت کلستریدیوم بوتولینوم) باشد.

در مـورد shelf life محصول بهترین زمان مصرف آن، ۹ماه پس از تولید است و RUTF-Bar باید در نهایت زمانی که در دمای ۲۶/۷درجه سـانتی گراد (یا ۸۰درجه فارنهایت) نگهداری می‌شود، دارای Shelf life حداکثر ۲۴ماه باشد.

فرایند غنی‌سـازی با مخلوط ویتامین‌هـا و مواد معدنی صورت می‌گیرد. (کلیه ویتامین‌ها و مینرال‌های مصرفی باید به‌صـورت پودری (PremiX) و براسـاس شـرایط و ضوابط FCC و USP مصرف گردد، به‌جز موارد خاص و ویژه که باید به‌صورت n کپسـوله مصرف شـود) غنی‌سازی با آهن باید با استفاده از EDTA تا حد ماکزیمم مجاز صورت گیرد. فرایند غنی‌سازی RUTF براساس نیازمندی‌های تعیین شده توسط سازمان یونیسف صورت می‌گیرد.

RUTF باید فاقد هر نوع اسـانس و عطر و بوی خارجی باشد و نباید اجازه داده شود که به حالت سوخته و دودزده و یا دارای بوی ترشیدگی و یا کهنه و بیات تولید شود.

RUTF –Bar نبایـد شـامل هیـچ نوع عطـر و طعم اختصاصی باشد و نباید تحت‌تأثیر عطر و طعم متمایز و آشکار مغزها(Nuts) که منابع تأمین‌کننده پروتئین‌ها و ویتامین‌ها و مینرال‌ها نیز هستند، قرار بگیرد.

نیازمندی‌های بسته بندی و آزمون‌های آن

مـوارد مـورد اسـتفـاده در بـسـتـه‌بـنـدی بـایـد GRAS (Generally Recognized As Safe) باشـد. مواد حاصل از چرخه بازیافت و یا مواد ترجیحاً محیطی باید حداکثر به‌میزان مجاز مشروط بر اینکه در تماس مستقیم با محصول غذایی قرار نگیرد، مورد مصرف واقع شود.

پر کردن و دوختن کیسه‌ها (بسته‌ها) باید عاری از هرگونه خرابی (به‌صورت نامحدود به‌صورت و شکل اشکی، بریده شده، سوراخ‌شده و یا اگر چند لایه لامینه استفاده می‌شود خراش یا سـاییدگی از میان و یا وسط یک و یا بیشتر از یک لایه از لایه‌های تشکیل‌دهنده و یا تراوش از میان هردوخت) باشد.

مواد تشـکیل‌دهنده بسته‌ها (کیسـه‌ها) نباید هیچ نوع عطـر و طعم خارجی و بیگانه‌ای را به محصول داخل بسـته انتقال دهد.

WVTR (Water Vapor Transmission Rate) نباید فراتر از ۰/۰۱ باشد و هر نمونه دارای WVTR فراتر از ۰/۰۱ باید مورد بررسی و ملاحظه و بازبینی قرار گیرد.

میـزان OTR در بسـته بندی RUTF نبایـد فراتر از ۰/۶۰باشد و هر نمونه دارای میزان OTR فراتر از ۰/۰۶ باید مورد بررسی و ملاحظه و بازبینی قرار گیرد.

دوخت نهایـی باید حداقل ۲/۵میلی متـر (0.1inch) باشـد و water activity بسـته‌بندی محصول نباید بیش از ۰/۶۰باشد.

قوانین مربوط به ارزش غذایی و جداول تغذیه‌ای مندرج روی بسـته‌بندی‌ها با اسـتفاده از متن راهنمای منتشر شده توسـط آژانس اسـتانداردهای غذایـی (Food Standard Agency) مورد بررسی قرار گرفته است و طبق ضوابط Food Standard Agency این جداول باید دارای ویژگی‌های زیر باشد. ابتدا به بررسی انواع Claimهای غذایی در محصولات مختلف می‌پردازیم.

Claimهای غذایـی برای محصولات غذایی مختلف که باید بر روی بسته‌بندی‌ها درج شود شامل موارد:

- میزان و ارزش انرژی
- Claim پروتئین
- Claim ویتامین
- Claim مینرال
- Claim کلسترول
- Claimهای تغذیه‌ای
- Claimهایی که بسـتگی به سایر ترکیبات موجود در ماده غذایی دارد.

مقـدار ماده غذایی که باید در آنها Claimهای بالا بیان شـود، ۱۰۰g یا ۱۰۰میلی لیتر اسـت. برای محاسبه جداول ارزش تغذیه‌ای، میانگین مطرح شـده یا باید براسـاس آنالیز کارخانه مطرح شـود و یا با اسـتفاده از روش‌های محاسباتی از ارزش غذایی شـناخته شـده و یا واقعی هر ترکیب غذایی کـه در منابـع معتبر به‌صورت کلی و عمومی موجود اسـت، استفاده گردد.

پر کردن و دوختن کیسه‌ها (بسته‌ها) باید عاری از هرگونه خرابی (به‌صورت نامحدود به‌صورت و شکل اشکی، بریده شده، سوراخ‌شده و یا اگر چند لایه لامینه استفاده می‌شود خراش یا ساییدگی از میان و یا وسط یک و یا بیشتر از یک لایه از لایه‌های تشکیل‌دهنده و یا تراوش از میان هردوخت) باشد

راهکارهای کاهش هزینه‌های تولید
رفع گلوگاه‌ها و افزایش ظرفیت*

تهیه‌کننده: مهندس محمدحسین شاه‌کرمی‌راد
کارشناس صنایع قند

صنعت قندوشکر کشـور در شرایطی قرار گرفته است که قیمت تمام‌شده شکر تولیدی با قیمت شکر وارداتی به اجبار وارد رقابت جدی شده است، مشکلات عدیده حادث شـده بر صنعت قند، بخشی ناشی از نداشتن توان رقابتی به‌دلیل ظرفیت پایین کارخانه‌ها و مهم‌تر از آن عدم‌استفاده بهینه از ظرفیت‌های موجود است.

گلوگاه‌های متعدد در قسـمت‌های مختلف کارخانه از علـل عمده کاهش ظرفیت اسـت، عمده‌ترین عامل ایجاد گلوگاه‌ها عدم به‌کارگیری اتوماسیون مناسب جهت کنترل پروسه تولید است. یکی از راهکارهای رفع مشکلات موجود برطرف کردن گلوگاه‌ها و بهینه‌سازی پروسه تولید و کاهش هزینه‌ها به پایین‌ترین میزان ممکن است، کاهش بعضی از این هزینه‌ها تنها با بررسی پروسه تولید به‌آسانی امکان‌پذیر است و اکثراً نیاز به سرمایه‌گذاری ندارد و یا درصورت نیاز مقدار آن بسیار اندک است. بررسی علمی هر مرحله از تولید به شناسایی گلوگاه‌ها و همچنین تصمیم‌گیری در انتخاب روش مناسب کمک می‌کند.

در تأیید مطالب بـالا مثال‌های فراوانی وجود دارد که به‌عنـوان نمونه در مقالات قبلی، کاهش سـوخت در کوره آهک، اثرات تغییر حرارت شربت‌خام خروجی از دیفوزیون، اسـتفاده از بخـار بدنه اول یـا دوم در آپارات‌های پخت و امثالهـم مورد بررسـی قرار گرفت. در این مقاله مقایسـه میـزان مصرف انرژی و یـا میزان افزایش ظرفیت بعضی از قسـمت‌های مربوط به موارد ذیل و در حالت‌های «الف» و «ب» ارائه شده است:

مـورد اول: مشـخص کردن نـوع آب مصرفی در تهیه شیر آهک

حالت الف: استفاده از آب شستشوی گل در تهیه شیر آهک مصرفی

حالـت ب: اسـتفاده از آب تـازه در تهیه شـیر آهک مصرفی

مورد دوم: اثر میزان غلظت گازکربنیک تولید شده در کوره آهک در پروسه تولید

حالت الف: اثر غلظت گازکربنیک تولیدی ۲۷ در صد حجمی در پروسه تولید

حالـت ب: اثر غلظت گازکربنیک تولیدی ۲۰ در صد حجمی در پروسه تولید

مـورد سـوم: تکمیل پخت یک در انتها با اسـتفاده از پسـآب قوی به‌تنهایی انجام شـود و یا با استفاده از پسآب قوی همراه با پسآب ضعیف به‌پایان برسد.

* حالت الف: از پسآب قوی جهت تکمیل کردن پخت اول به‌تنهایی استفاده شود.
* حالت ب: از پسآب قوی و ضعیف جهت تکمیل کردن پخت اول به‌صورت مشترک استفاده شود.

برای بررسی هرکدام از روش‌های ذکر شده فوق، کارخانه‌ای با ظرفیت ۲۵۰۰ تن چغندرقند در روز در با شرایط (جدول ۱) نظر گرفته شده است.

جدول ۱: اطلاعات مربوط مصرف خلال، کوره آهک، قسمت تصفیه در کارخانه‌ای با مصرف ۲۵۰۰ تن چغندر در روز

شرح	واحد	مقدار
۱. مصرف خلال	تن در ساعت	۱۰۴/۲
۲. کشش وزنی	درصد	۱۱۹
۳. مقدار شربت‌خام	تن در ساعت	۱۲۶/۲
۴. درجه تمیزی شربت‌خام	درصد	۸۸/۹
۵. غلظت شیر آهک	گرم در لیتر	۲۰۰
۶. وزن شیر آهک	تن در ساعت	۹/۶۵
۷. خلوص سنگ آهک	درصد	۹۷
۸. رطوبت سنگ آهک	درصد	۱
۹. مصرف مازوت در کوره آهک	تن در روز	۶/۸
۱۰. سنگ آهک مصرفی مورد نیاز	تن در روز	۹۴

* با در نظر گرفتن اطلاعات مندرج در (جدول ۱)، بررسی به شرح ذیل انجام می‌شود.

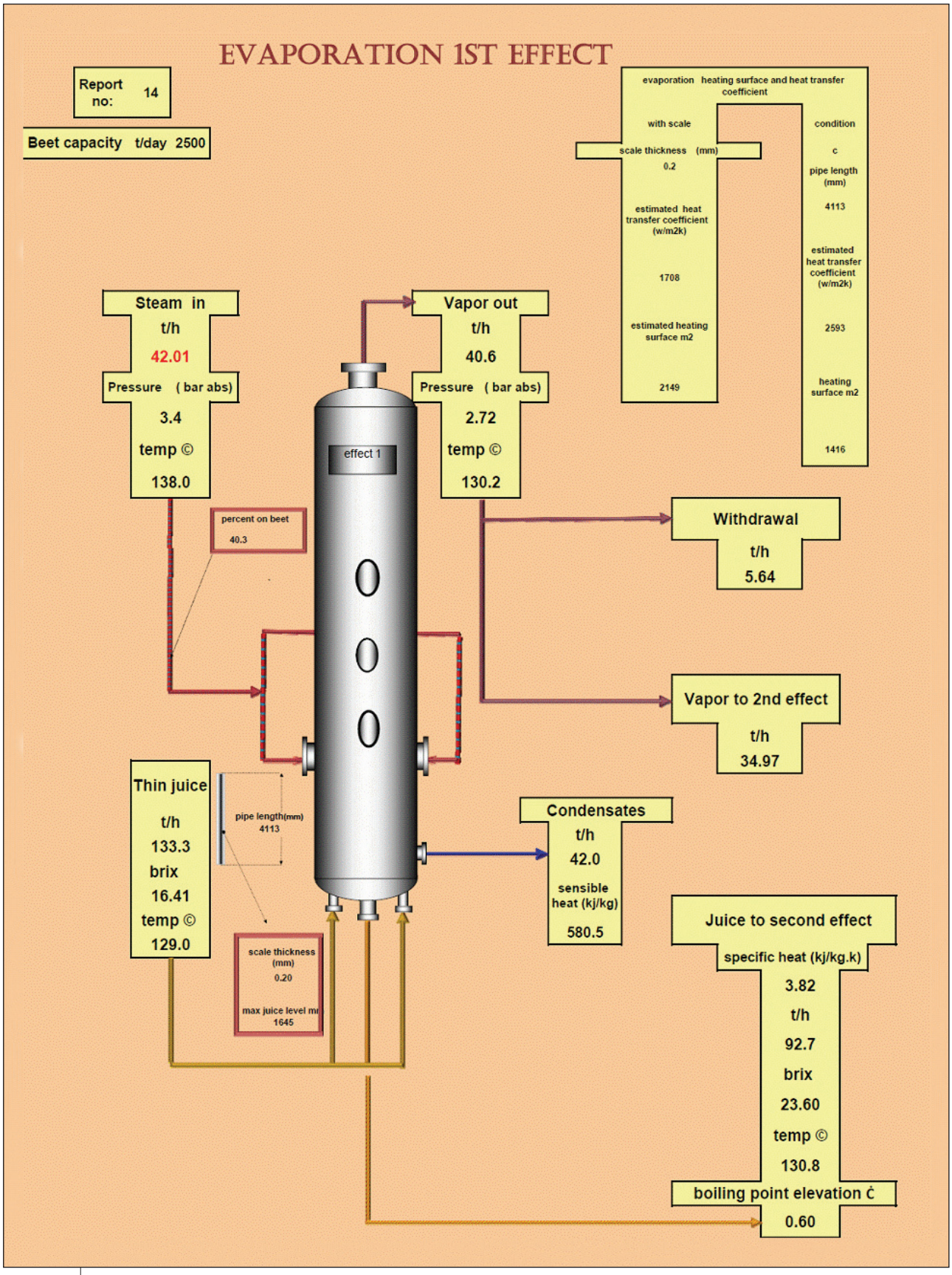
مورد اول:

تهیه شیر آهک در حالت‌های الف و ب مورد مقایسه قرار گرفته، و نتایج مورد نیاز محاسبه شده و در (جدول ۲) ارائه شده است. به‌منظور درک بهتر، شکل جریان نیز نشان داده شده است.

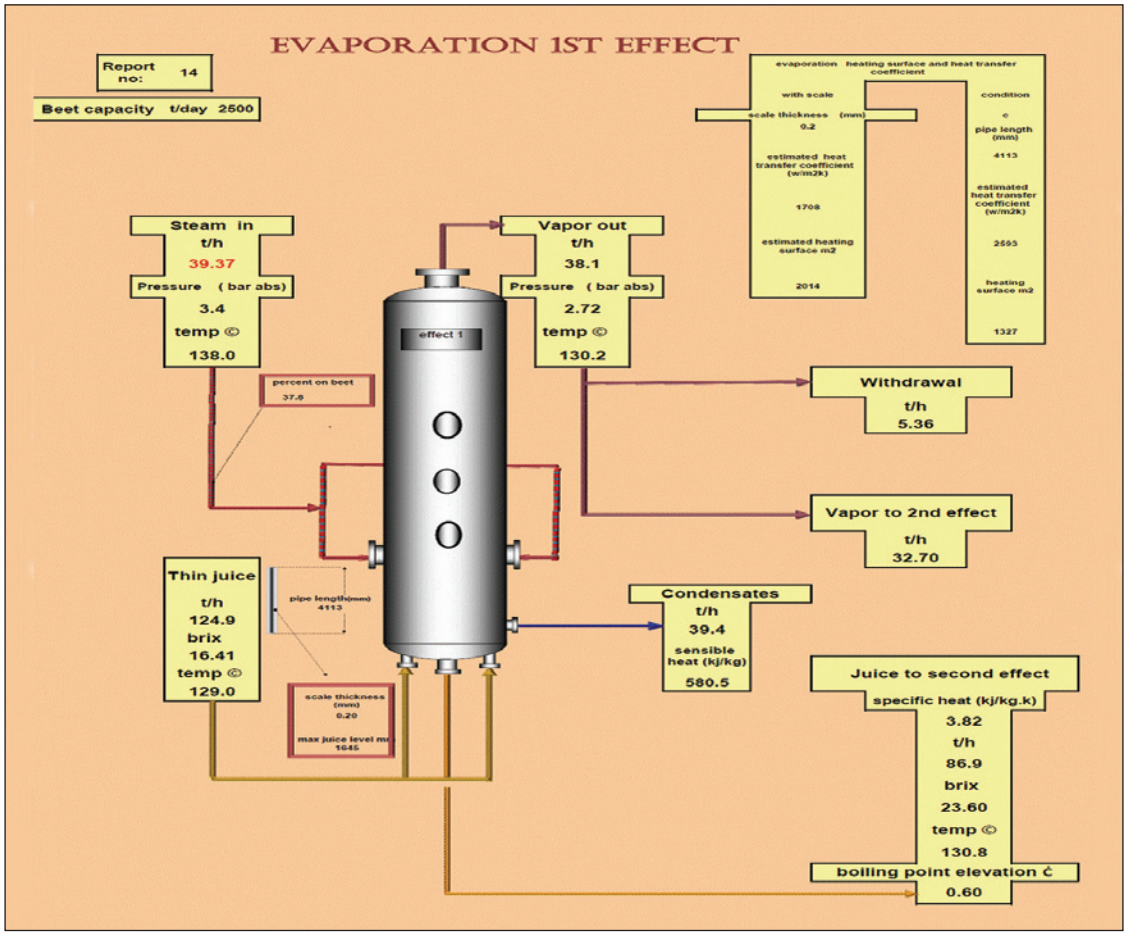
جدول ۲

شرح	واحد	مقدار	مقدار
۱. حالت	-----	الف	ب
۲. مقدار شربت آهک خورده	تن در ساعت	۱۴۸/۳	۱۴۸/۳
۳. بخار مصرفی در اواپراسیون	تن در ساعت	۳۹/۴	۴۲
۴. مقدار شربت رقیق	تن در ساعت	۱۲۵	۱۳۳/۲
۵. درجه تمیزی شربت رقیق	در صد	۹۱/۱۷	۹۱/۱۷
۶. شربت صاف شده اول	تن در ساعت	۱۲۹	۱۳۶/۸
۷. مقدار آب تازه مصرفی	تن در ساعت	=======	۸/۲
۸. مقدار آب شستشوی گل مصرفی	تن در ساعت	۸/۲	=======

یکی از راهکارهای رفع مشکلات موجود برطرف کردن گلوگاه‌ها و بهینه‌سازی پروسه تولید و کاهش هزینه‌ها به پایین‌ترین میزان ممکن است، کاهش بعضی از این هزینه‌ها تنها با بررسی پروسه تولید به‌آسانی امکان‌پذیر است و اکثراً نیاز به سرمایه‌گذاری ندارد و یا درصورت نیاز مقدار آن بسیار اندک است



شکل جریان اواپراسیون در حالت الف : با استفاده از آب شستشوی گل در تهیه شیر آهک تولیدی



شکل جریان اواپراسیون در حالت ب : با استفاده از آب تازه در تهیه شیر آهک تولیدی

نتیجه‌گیری:

درصورت استفاده از آب تازه به‌جای آب شستشوی گل در تهیه شیر آهک مصرفی به‌علت افزوده شدن ۸/۲ تن آب به پروسه تولید مقدار بخار مصرفی در بدنه اول اواپراسیون به میزان ۲/۶ تن اضافه می‌شود.

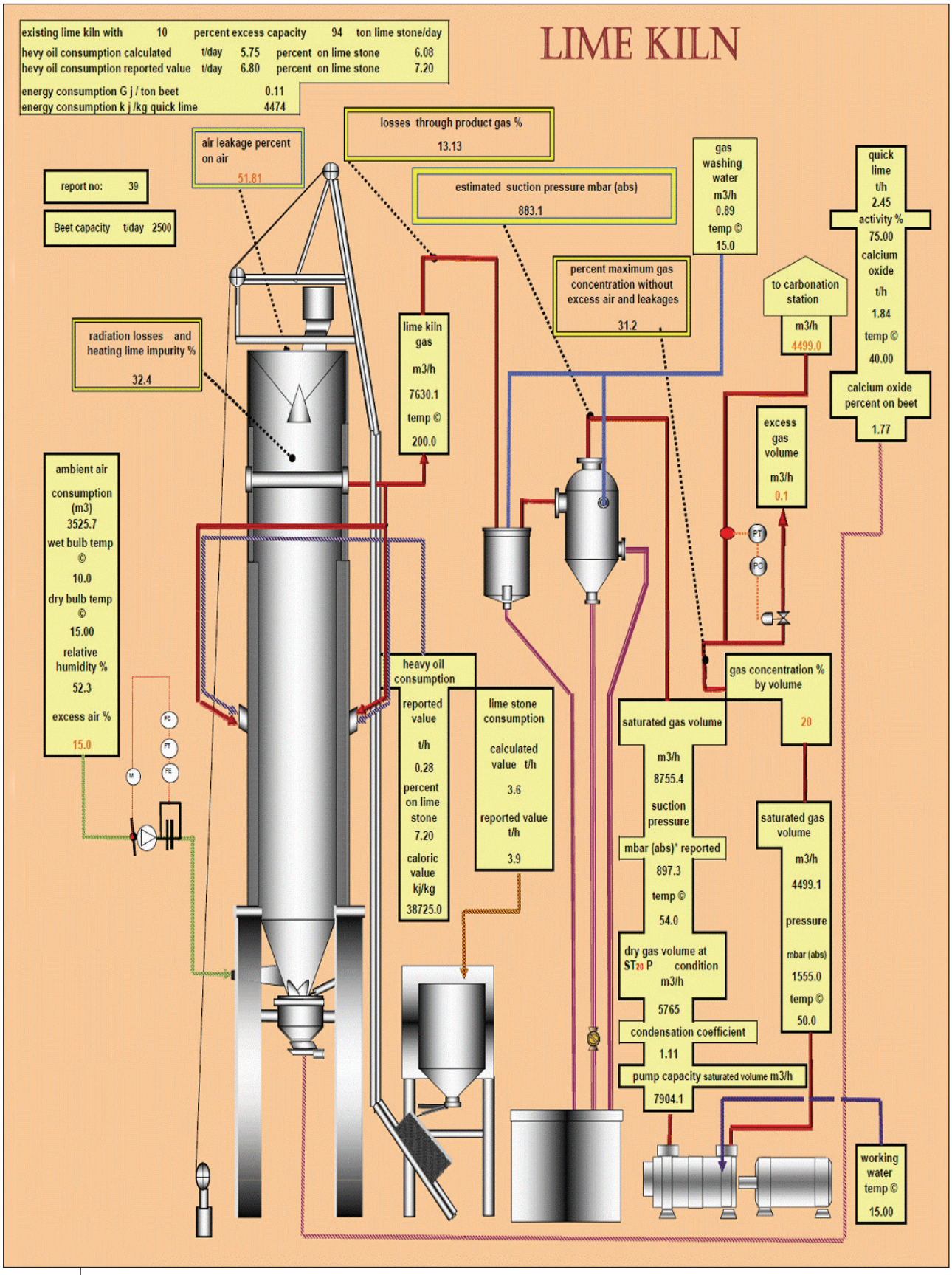
مورد دوم:

غلظت گازکربنیک تولیدی در حالت‌های الف و ب مقایسه، و نتایج مورد نیاز محاسبه شده و در (جدول ۳) ارائه شده است. به‌منظور درک بهتر شکل جریان نیز نشان داده شده است.

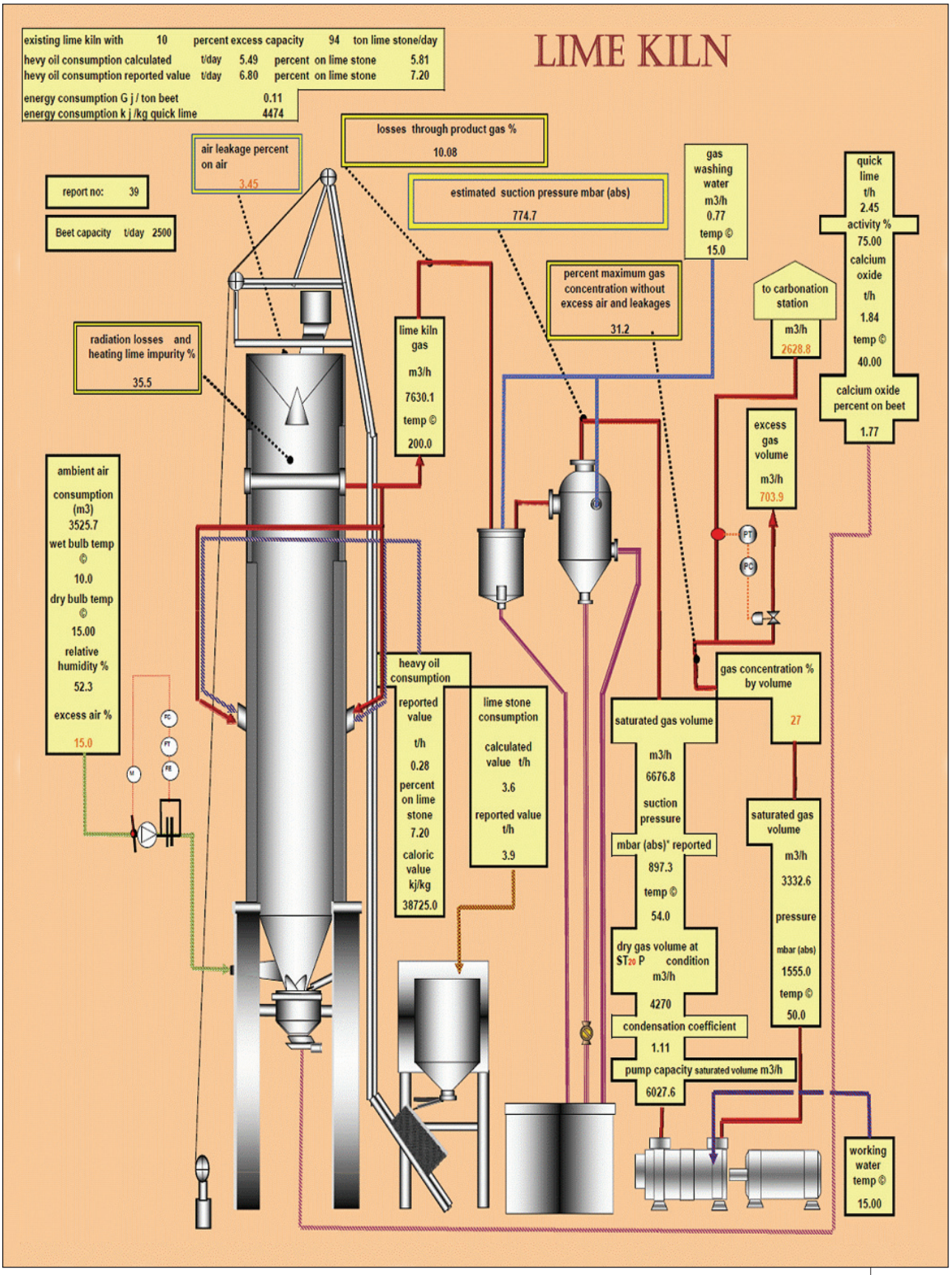
جدول ۳

شرح	واحد	مقدار	مقدار
۱. حالت	-----	الف	ب
۲. غلظت گازکربنیک	درصد حجمی	۲۷	۲۰
۳. حجم گازکربنیک تولیدی	مترمکعب در ساعت	۳۳۳۲	۴۴۹۹
۴. حجم گازکربنیک مصرفی	مترمکعب در ساعت	۲۶۲۹	۴۴۹۹
۵. حجم گازکربنیک اضافی	مترمکعب در ساعت	۷۰۳	====
۶. ضریب جذب در ساتراسیون	درصد	۷۰	۵۵/۵
۷. مقدار هوای اضافی مصرفی در کوره آهک	درصد	۱۸/۵	۶۷

درصورت استفاده از آب تازه به‌جای آب شستشوی گل در تهیه شیر آهک مصرفی به‌علت افزوده شدن ۸/۲ تن آب به پروسه تولید مقدار بخار مصرفی در بدنه اول اواپراسیون به میزان ۲/۶ تن اضافه می‌شود



شکل جریان حالت الف : غلظت گازکربنیک تولیدی ۲۰ درصد حجمی



شکل جریان حالت ب : غلظت گازکربنیک تولیدی ۲۷ درصد حجمی

نتیجه‌گیری:

درصورت افزایش غلظت گازکربنیک از ۲۰ به ۲۷ درصد

۱. حجم گازکربنیک مصرفی از ۴۴۹۹ به ۲۶۲۹ مترمکعب کاهش می‌یابد و ظرفیت پمپ‌گاز مورد نیاز به همین نسبت کاهش یافته، و درصورتی که پمپ گاز قبلاً گلوگاه بوده مشکل رفع می‌شود.

۲. ظرفیت ساتراسیون، به همین نسبت افزایش یافته است و درصورتی‌که مخزن ساتراسیون قبلاً گلوگاه بوده، مشکل رفع شده است. همچنین باتوجه به اینکه مقدار گازکربنیک اضافی به مقدار ۷۰۳ مترمکعب در ساعت افزایش یافته است از این مقدار گازکربنیک اضافی نیز می‌توان در افزایش قلیاییت و تصفیه بهتر و یا برای افزایش تولید استفاده کرد.

مورد سوم:

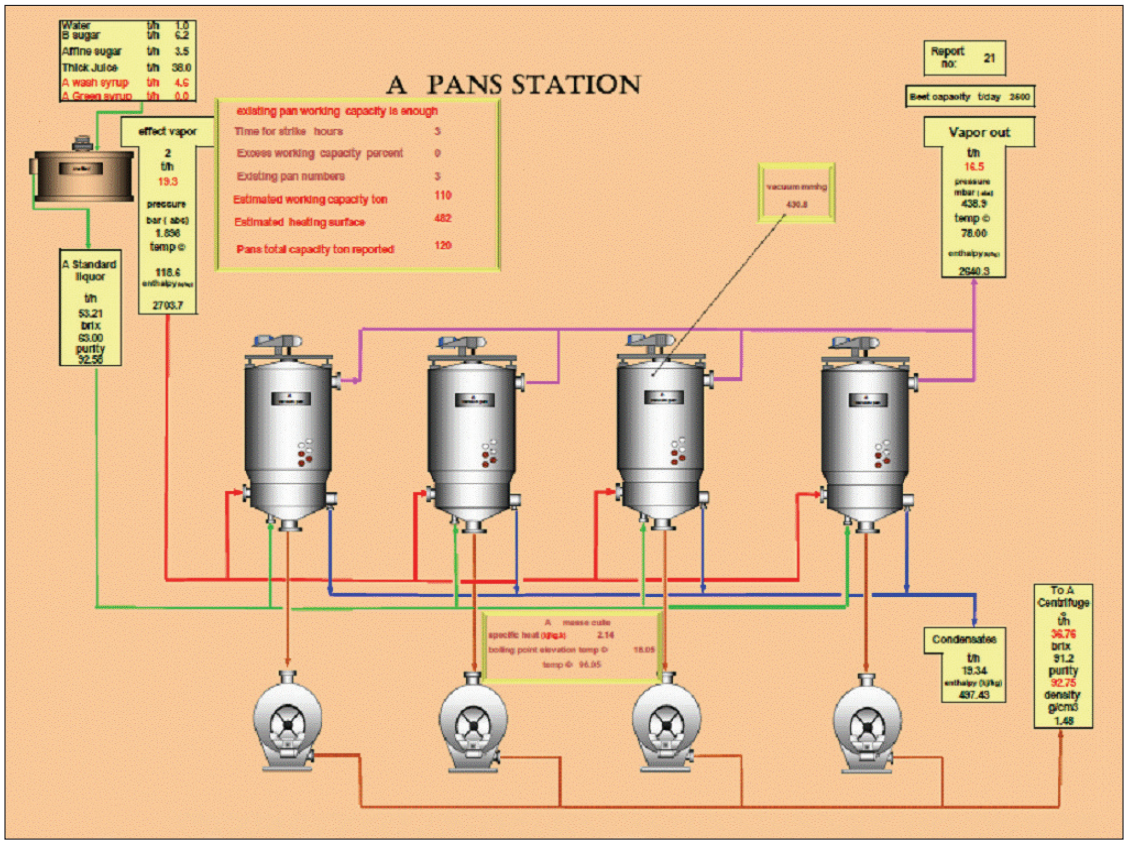
تکمیل شدن پخت یک در حالت‌های الف و ب مقایسه شده، نتایج مورد نیاز محاسبه شده و در (جدول ۴) ارائه شده است. به‌منظور درک بهتر شکل جریان نیز نشان داده شده است.

جدول ۴

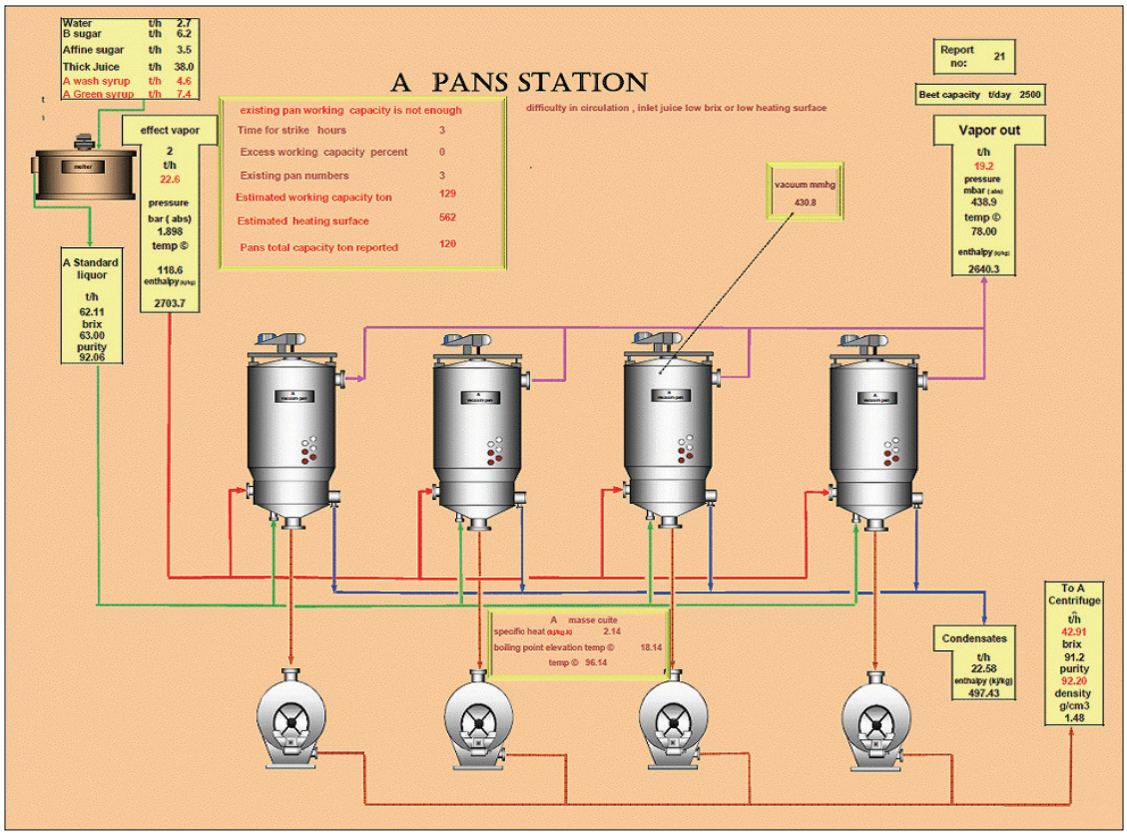
شرح	واحد	مقدار	مقدار
۱. حالت	-----	الف	ب
۲. درجه تمیزی پخت یک	در صد	۹۲/۷	۹۲/۲
۳. مقدار پخت یک تولیدی	تن در ساعت	۳۶/۸	۴۲/۹
۴. نوع بخار مورد استفاده در آپارات پخت یک	بدنه اواپراسیون	دوم	دوم
۵. مقدار بخار بدنه مورد استفاده	تن در ساعت	۲۲/۶	۱۹/۳
۶. ظرفیت کل بدنه یک پخت مورد نیاز	تن	۱۱۰	۱۲۹
۷. سطح حرارتی	متر مربع	۴۸۲	۵۶۲
سانتریفیوژ پخت اول			
۱. مقدار پسآب قوی تولیدی و مصرفی در پخت	تن در ساعت	۴/۶	۴/۶
۲. مقدار پسآب ضعیف مصرفی در پخت یک	تن در ساعت	----	۷/۴*
۳. مقدار پسآب ضعیف کل تولیدی *	تن	۱۷/۶	۲۵
۴. مقدار پسآب ضعیف مصرفی در پخت دوم	تن	۱۷/۶	۱۷/۶

* لازم به توضیح است که در اکثر موارد افزایش پسآب ضعیف و استفاده مجدد آن در آپارات پخت اول به‌علت مناسب نبودن دانه‌بندی در خود آپارات است که در هنگام سانتریفوژ کردن پخت، پسآب ضعیف زیادی تولید می‌کند، شکل جریان سانتریفیوژ پخت یک نیز نشان داده شده است.

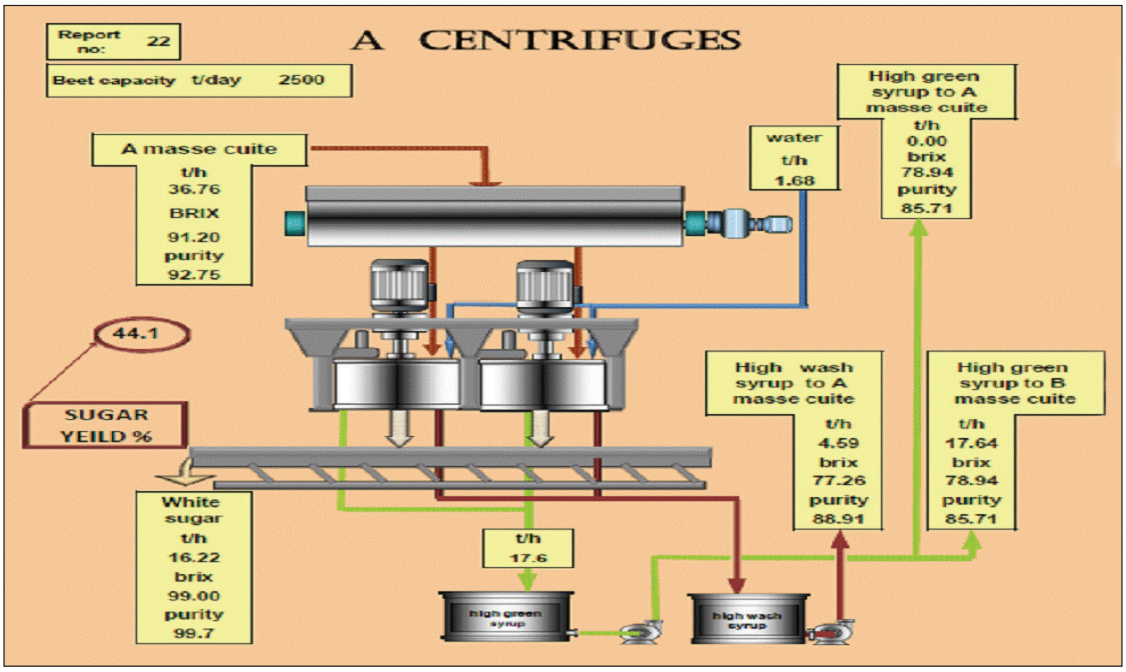
باتوجه به اینکه مقدار گازکربنیک اضافی به مقدار ۷۰۳ مترمکعب در ساعت افزایش یافته است از این مقدار گازکربنیک اضافی نیز می‌توان در افزایش قلیاییت و تصفیه بهتر و یا برای افزایش تولید استفاده کرد



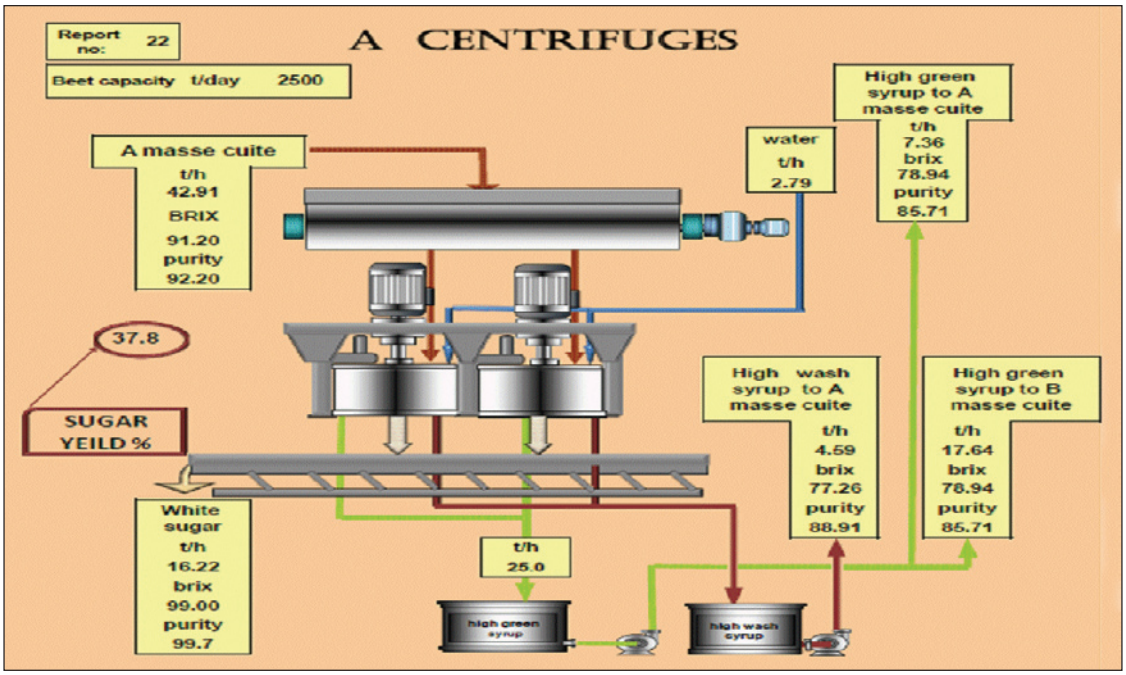
شکل جریان حالت الف: استفاده از پسآب قوی در تکمیل کردن پخت یک



شکل جریان حالت ب: استفاده از پسآب قوی همراه پسآب ضعیف در تکمیل کردن پخت یک



شکل جریان حالت الف: سانتریفیوژ پخت یک، تکمیل شده پسآب قوی همراه با پسآب ضعیف



شکل جریان حالت ب: سانتریفیوژ پخت یک، تکمیل شده از پسآب قوی همراه با پسآب ضعیف

نتیجه‌گیری:

درصورت استفاده از پسآب قوی و عدم‌استفاده از پسآب ضعیف در تکمیل کردن پخت یک موارد ذیل قابل ذکر است:

۱. میزان پخت اول به مقدار ۶ تن کاهش یافته و موجب افزایش ظرفیت آپارات پخت اول برای تولید بیشتر خواهد شد.

۲. کاهش ۳/۳ تن بخار مصرفی در آپارات پخت اول موجب افزایش کارایی در بدنه سوم اواپراسیون شده و امکان تغلیظ را بالا خواهد برد. (در اکثر موارد در بدنه‌های اواپراسیون سطح حرارتی وجود دارد ولی به‌علت کمبود بخار و یا عدم‌توزیع صحیح بخار امکان تغلیظ مهیا نمی‌شود.)

۳. با کاهش مقدار ۲/۷ تن بخار خروجی از بدنه پخت اول و عدم‌ورود آن به کندانسور بارومتریک، امکان افزایش ظرفیت کندانسور بارومتریک مهیا می‌شود.

معرفی ترکیب جدید
باگاس و پوسته گردو
در فرآیند رنگبری تولید شکر سفید

فروغ شعیبی‌زاده * و مهدی یاراحمدی**
* کارشناس آزمایش شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی واحد حکیم فارابی
** کارشناس پروسس معاونت صنعت شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی واحد حکیم فارابی

کلید واژه: باگاس، پوسته گردو، قطران، تصفیه شکر، جذب سطحی کربن، تخلخل

چکیده

یکی از عملیات مهم در فرایند رنگبری شکر زرد و تبدیل آن به شکر سفید فرایند جذب سطحی رنگدانه‌ها توسط مواد جاذب است. در این مقاله ضمن معرفی علمی فرایند جذب به وسیله نگارندگان ماده جدیدی با قابلیت تولید داخلی برای این فرایند معرفی می‌شود. این ماده متشکل از باگاس، پوسته گردو، قطران و... است، که همه جزو مواد قابل فرآوری و بازیابی است. مهم‌ترین عامل این ماده جدید یعنی باگاس به‌عنوان تفاله و ماده‌ای زائد در کارخانه‌های تولید شکر از نیشکر در ایران به سادگی قابل تهیه است.

مقدمه

یکی از عملیات مهم در فرایند رنگبری شکر زرد و تبدیل آن به شکر سفید فرایند جذب سطحی رنگدانه‌ها توسط مواد جاذب است. تاکنون موادی همچون خاک فسیل، بن چار، کربن فعال و... در صنعت قند ایران مورد بهره‌برداری و استفاده قرار گرفته‌اند. در این مقاله ضمن معرفی علمی فرایند جذب به وسیله نگارندگان ماده جدیدی با قابلیت تولید داخلی برای این فرایند معرفی می‌شود.

گنجایش جذب سطحی کربن فعال نه‌تنها با مقدار سطح مؤثر آن مرتبط است، بلکه به وسیله ساختار متخلخل داخلی ماده آن و وجود گروه‌های عملکردی روی سطح متخلخل نیز ارتباط تعیین‌کننده‌ای دارد. از لحاظ نظری سطوح کربن بافت حفره‌ای یا منافذ ریزی دارد که گنجایش جذب سطحی آن را مشخص می‌کند. به این ترتیب ساختار شیمیایی ماده جاذب است که بر اثر متقابل آن بر جذب سطحی مواد قطبی و غیرقطبی تأثیر می‌گذارد و قسمت‌هایی را فعال می‌کند که زمینه واکنش شیمیایی با ملکول‌های دیگر را صورت می‌دهند. (Bansal, 1988:3) برای مثال کربن‌هایی که بافت حفره‌ای ریزی دارند، نمی‌توانند ملکول‌های بزرگ را جذب کرده و نگه دارند و آنهایی که بافت حفره‌ای با منافذ بزرگ‌تری دارد، قادر نیستند ملکول‌های کوچک‌تر را جذب کرده و برای مدت طولانی نگه دارند.

از سوی دیگر بار الکتریکی گروه‌های سطحی نیز تأثیر مستقیمی بر فرایند جذب دارند. جذب سطحی ملکول‌های هدف روی سطح کربن را تقویت و یا مانع آن می‌شوند. اگر بار الکتریسیته ساکن ماده جذب شده، هم بار الکتریکی با سطح کربن باشد، دافعه اتفاق می‌افتد که در آنجا فرایند جذب سطحی متوقف شده و از آن جلوگیری به‌عمل می‌آید. البته جذب سطحی چنین ملکول‌هایی درصورتی که این ملکول‌ها و سطح کربن، بارهای معکوس(غیر هم‌بار الکتریکی) را حمل کند تقویت خواهد شد. بنابراین، عملکرد جذب سطحی کربن فعال بر پایه سطح مؤثر به‌تنهایی قابل اجرا نیست. کربن‌هایی که سطح مؤثر یکسان دارند ولی با استفاده از روش‌های مختلف آماده شده و یا فعالیت‌های

مختلف فعال‌سازی بر آنها اعمال شده اغلب خواص جذب سطحی بسیار متفاوتی نشان می‌دهند. (بانسال و دیگران، ۱۹۸۸) در نتیجه، کربن مؤثر سطح مؤثر زیاد و بافت حفره‌ای مناسبی داشته باشد تا گونه‌های هدف را نگه داشته و نیز دارای بار سطحی معکوسی نسبت به ماده جذب باشد. از آنجا که خواص سطحی GACs در نتیجه شرایط پیش ماده تفکافت (تجزیه شیمیایی به‌وسیله گرما) و فعال‌سازی است، لازم است تا آنها را با توجه به تعداد و نوع گروه‌های شیمیایی روی سطح، قطبش سطح، تخلخل حفره‌ای و سطح مؤثر طبقه‌بندی کرد. بسیاری از محققان ساختار متخلخل (ویگمانز ۱۹۸۹، آتکینز ۱۹۶۵، رادریگز-رینوسو و دیگران ۱۹۸۵، ۱۹۸۹، دوبین ۱۹۸۵، باندوز و دیگران ۱۹۹۳، پاپیرر و دیگران ۱۹۹۱، مولینا- سایبو و دیگران ۱۹۹۱، گاگلین واسرا ۱۹۶۸، ماتسومورا و دیگران ۱۹۷۶، روزیتانی و دیگران ۱۹۸۷) کربن فعال‌های ساخته شده از انواع شرایط پیش ماده‌ها و فعال‌سازی را مورد مطالعه قرار داده‌اند. چنین تحقیق گسترده‌ای با کوشش فراوان صورت گرفته و باعث پیشرفت شیوه‌های مختلفی در تشخیص خواص سطحی کربن فعال گشته و اهمیت خواص سطحی در کاربرد تجاری کربن فعال را شرح می‌دهد. در میان تکنیک‌های پذیرفته شده، روش برونر، ایمت وتلر(BET) (رودریگز-رینوسو و سولانو، ۱۹۸۹) و بازهایی با خصلت قلیایی متفاوت و با روش بوئم (بوئم ۱۹۶۶) معروف‌ترین تکنیک‌های به‌کار رفته در ارزیابی چگونگی کیفیت سطح مؤثر کربن فعال و اکسیدهای سطح به‌ترتیب هستند. هدف از این تحقیق:

۱. تعیین خواص سطحی (سطح مؤثر، تخلخل بافت حفره‌ای، گروه‌های کاربردی سطحی) کربن فعال‌های گرانولی آماده شده با باگاس نیشکری و پوسته‌های گردو

۲. مشخص کردن بازدهی این کربن‌ها در رنگ‌زدایی شکرخام در مقایسه با کربن‌های تجاری گزینش‌شده.

۳. مطالعه ارتباط میان خواص سطحی کربن و قابلیت آنها در رنگ‌زدایی شکرخام از محلول‌های مایع (شربت نیشکری) است.

روش‌ها

مواد:

باگاس نیشکری(SB) از سوی مؤسسه شکر آدوبان، مرکز کشاورزی دانشگاه دولتی لوزیانا، باتون داج، LA، و پوسته‌های گردو(SP)، توسط سان دایموند در نیومکزیکو، لاس کروس، NM فراهم شدند. عصاره ذرت (CS) به وسیله شرکت تولیدی استالی ا.ای، دیکاتور، IL آماده شد و قیر قطران ذغال (CT) از سوی صنایع آلومینیوم، فولارس‌بی، WV فراهم شد. کربن‌های مرجع Calgon CPG-LF و Cane cal از کربن کالگون، پیتزبورگ، PA بودند. GACs تجاری از ذغال سنگ قیری با قطران ذغال به‌عنوان رنگدانه ساخته بودند و براساس توصیه‌های تولیدکننده به‌عنوان رنگ‌زدایی‌های عالی مایعات آلی مانند عصاره شکرخام انتخاب شدند. (کالگون ۱۹۸۷).

آماده‌سازی کربن فعال‌های گرانولی

باگاس نیشکری و پوسته‌های گردو را با آسیاب چکشی با اندازه توری(mesh) ۱۲ - ۱۰آسیاب کردند. (گلن میلز، کلیفتون، ان. جی) پودر ذغال در تفکافت و فعال‌سازی بعدی از باگاس نیشکری و از طریق ترکیب با یک یا دو رنگدانه (شیره ذرت یا قطران ذغال) با نسبت دو رنگدانه/ فراورده جانبی (۱به ۱و ۱به ۲) و براساس شیوه شرح داده شده توسط پندیال و دیگران (a ۱۹۹۹) آماده شد.

باگاس نیشکری با رنگدانه و پوسته‌های گردوی آسیاب‌شده پس از آن تفکافت شدند. به‌وسیله فعال‌سازی فیزیکی یا شیمیایی همانگونه که آمده با استفاده از یک کوره ایزوله شده بعد از عمل تقطیر (Retory) فعال‌سازی گردیدند. GACs پس از فعال‌سازی به‌مدت یک شب در کوره تحت گاز نیتروژن سرد شد کربن‌های فعال شده شیمیایی با استخراج کن سوکسله (Soxhlet) شسته شدند تا جایی که هیچ اسید فسفوریکی باقی نماند.

عدم‌رسوب‌گذاری ضمن افزودن ۱۰قطره از 0/01M استات سرب به ۱۰۰میلی لیتر آب شستشوی نهایی، کامل شدن فرایند فوق را تأیید می‌کند. کربن‌های فعال شده فیزیکی با آب در شرایط دما 25°c و فشار 1atm شستشو شده و پس از آن تمامی GACs قبل از استفاده به‌مدت یک شب در ۵۰درجه سانتی‌گراد خشک شدند. محصول نهایی(سود) پوسته گردوی فعال شده شیمیایی ۳۹درصد بود و سودهای نهایی برای کربن‌های مبتنی بر پوسته و مبتنی بر باگاس فعال شده فیزیکی ۲۶-۱۴درصد بودند.

اندازه‌گیری خواص فیزیکی، شیمیایی و جذب سطحی

خواص فیزیکی (چگالی توده‌ای، سختی، مساحت سطح) و خواص شیمیایی (خاکستر، PH، رسانا بودن) براساس شیوه‌های (آهمدنا و دیگران: ۱۹۹۷) مشخص شدند. خواص سطحی (رنگ زدایی درصدی ملاس و شکر) نیز آن‌گونه که (آهمدانا) و دیگران (۱۹۹۷) شرح دادند تعیین شد. تنها تغییری که ایجاد شد، به‌کار بردن کربن با دوز ۴درصد (وزنی/ حجمی) به جای ۱درصد (وزنی/حجمی) بود.

محصول نهایی(سود) پوسته گردوی فعال شده شیمیایی ۳۹درصد بود و سودهای نهایی برای کربن‌های مبتنی بر پوسته و مبتنی بر باگاس فعال شده فیزیکی ۲۶-۱۴درصد بودند

تعیین خواص سطحی

مساحت سطح کلی و توزیع اندازه حفره‌ای

کربن فعال‌های دانه‌ای تحت خلأ ۱۱۰درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳ساعت خشک شدند تا رطوبت بین منافذ کربن از بین برود. سپس حدود ۲۵۰میلی‌گرم کربن خشک (تجزیه‌کننده سطح) در مدل جمینی میکرومتریک ۲۳۷۵ (میکرومتریک، نور کراس، جی‌آ) قرار داده شد و همچنین ایزوترم‌های جذب سطحی نیتروژن به K77 رسید. از این ایزوترم‌ها، حجم‌های میکرو (mikro)، مزو (meso) و درشت منفذ با استفاده از الگوی BJG محاسبه شدند، و سطح مؤثر منافذ حفره‌ها با استفاده از نمودارهای t (tplots) محاسبه شدند.

شیمی سطح

از دو روش برای مطالعه ماهیت گروه‌های اکسیژن بر سطح کربن‌های فعال شده استفاده می‌شود. این شیوه‌ها تیتراسیون با پایه بازهایی با غلظت‌های مختلف و نیز طیف‌سنجی مادون قرمز انتقالی فوریر (FT-IR) هستند.

روش تیتراسیون

محلول‌های ۰/۱ نرمال از بیکربنات سدیم، کربنات سدیم، هیدروکسید سدیم، و اتواکسید سدیم همراه با محلول HCL0.1 نرمال آماده کرده، ۵۰ میلی‌لیتر از هر پایه (base) در ارلن مایر ۲۵۰میلی‌لیتری قرار دهید و ۰/۵گرم کربن به هر ارلن افزوده و یک همزن میله‌ای تفلون درون آنها وارد کنید. یک محلول شاهد (پایه بدون کربن) به‌طور موازی با نمونه‌های کربن تهیه نمایید. ارلن‌های حاوی ۱درصد (W/V) دوغاب‌های کربن به همراه شاهدها درزگیری شده و به‌مدت ۲۴ساعت به‌طور مداوم هم زده شوند. در پایان ۲۴ساعت، کربن با استفاده از فیلترهای ۰/۴۵ µm (mesh) صاف شود. با پی‌پت ۱۰میلی‌لیتر از محلول صاف شده به بشر ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شده و ۱۵میلی لیتر 0.1HCL نرمال افزوده شود. HCL اضافی به وسیله تیتراسیون با 0.1NaoH نرمال مشخص می‌شود. تیتراسیون‌ها با استفاده از تیتراسیون‌کننده خودکار تیترانت PC (ارتباط انسان و تکنولوژی، تونواندا، نیویورک) مجهز به بورت ۵۰میلی‌لیتری و کاوند coming pH Meter انجام شوند. حجم تیترکننده به‌طور خودکار در نمونه‌های واحد PH ۰/۳کنترل شوند. این کار باعث کنترل خوب حجم تیترانت افزودنی پیرامون نقاط عطف منحنی تیتراسیون می‌شود، جایی‌که تغییر PH (Inflexion point) بسیار سریع است، دقت آشکارسازی نقاط عطف (نقطه پایانی تیتر) افزایش می‌یابد. حجم مورد نیاز NaoH برای رسیدن به نقطه هم ارزی در شاهد و نمونه‌های کربن ثبت شده تفاوت در حجم NaoH مصرفی توسط شاهد و نمونه کربن محاسبه شده و به هم ارز H مثبت خنثی شده با باز استاندارد در هر گرم کربن تبدیل گردد.

روش FT-IR

هر کربن با مقدار کافی KBr (درجه خلوص واکنش‌سازی IR) مخلوط شده تا توزیع یکنواخت (W/W)(dispersion) ۰/۵ درصد کربن در KBr انجام شود. مخلوط‌ها در طول شب در آون تحت خلأ در ۱۰۰درجه سانتی‌گراد خشک شده، و صفحات کربن KBr برای اجتناب از آلوده شدن با آب، در کیسه خشک تحت گاز نیتروژن ساخته شوند. صفحه‌ها با استفاده از press) NEWYORK, Tetrogon scientific, Elbridge Delta) آماده گردند. طیف مادون قرمز صفحه‌ها با استفاده از FT-(midac, Irvine,CA) IR Prospect مشخص شده و به‌طور خودکار برای یک زمینه هوا تصحیح شود. برای هر جریان (Run)، ۳۲پویش با تفکیک ۱- 4cm انجام شود. در طول پویش‌ها، سرب FT-IR به‌طور پیوسته با جریان هوای نیتروژن پاکسازی گشته، رطوبت از بین برود.

تحلیل‌های آماری

تجزیه واریانس(ANOVA) برای مقایسه مقدار میانگین‌های خواص فیزیکی، شیمیایی و جذب سطحی در GACs متفاوت به‌کار برده شود. سپس روی(Regression) چند تایی (مضاعف) برای انتخاب الگوهای مرتبط خواص سطحی کربن با رنگ‌زدایی کارایی GACs استفاده شود. (SAS,1988). الگوهای انتخاب شده برای ایجاد نمودارهای سه بعدی ظرفیت رنگ‌زدایی به‌عنوان عامل خواص سطحی کربن اعمال شوند. در پایان، جزء سازنده اصلی و تجزیه‌های خوشه‌ای(SAS,1989) به‌عنوان ابزاری استفاده شده که کربن‌های تجاری و آزمایشی به‌وسیله آنها براساس تشابه در تمامی خواص بررسی شده گروه‌بندی می‌شوند.

نتیجه

نگاهی به آزمایش‌های فوق و معرفی روش‌های متفاوت بررسی و آزمون کارکرد فرایند جذب سطحی نشان می‌دهد که ترکیب پوسته گردو و مواد همراه معرفی شده، می‌تواند ضمن کاهش آلودگی شدید در محیط صنعتی و کشاورزی ناشی از انتشار کربن‌های دارای بار مثبت چهار آزاد، تأثیرات فرایندی به‌سزایی در تصفیه شکرخام داشته باشد. این ترکیب به‌دلیل استفاده گسترده از مواد ضایعاتی مانند پوسته گردو و باگاس نیشکر دارای ارزش اقتصادی بسیار پایین‌تری نسبت به کربن فعال، بن چار و... است و دارای ارزش عملیاتی بسیار زیادی خواهد بود.

از دو روش برای مطالعه ماهیت گروه‌های اکسیژن بر سطح کربن‌های فعال شده استفاده می‌شود. این شیوه‌ها تیتراسیون با پایه بازهایی با غلظت‌های مختلف و نیز طیف‌سنجی مادون قرمز انتقالی فوریر (FT-IR) هستند.