

## بررسی طرح تولید ویناس در کارخانجات قند

محمدعلی فخاری<sup>۱</sup>، محمدمهدی فخاری<sup>۲</sup>، عزت‌الله جودکی<sup>۳\*</sup>

۱- اصفهان، دانشگاه اصفهان، دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی شیمی

۲- کاشان، دانشگاه کاشان، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی مکانیک

۳- اراک، دانشگاه اراک، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی شیمی

پیمان‌نگار: e.joudaki@ippi.ac.ir

### چکیده

نسبت وزن ملاس تولیدی به چغندر مصرفی در کارخانجات قند در حدود ۵٪ می‌باشد. ملاس سرشار از مواد معدنی و آلی گوناگون، و همچنین، حاوی درصد بالایی (۵۰٪) قند می‌باشد. در ایران درصدی از این قند دوباره به روش استفن استحصال می‌شود ولی فاضلاب تولیدی در سیستم استفن کارخانه‌های قند دارای PH، BOD بالا بوده و علاوه بر آهک و مواد قندی و غیر قندی موجود در ملاس، حاوی ترکیبات گوناگون معدنی، آلی و ازت دار می‌باشد. هنگامی که فاضلاب قندگیری از ملاس بدون هیچ‌گونه عمل تصفیه‌ای در محیط زیست تخلیه می‌شود از لحاظ زیست‌شناختی فاسد می‌گردد و ماهیت قلیایی آن به زودی از بین می‌رود و ترکیبات گوناگونی، ضمن ایجاد بوهای نامطبوع، تشکیل می‌شوند. لذا در صورت عدم تغلیظ، تصفیه زیست‌شناختی آن به‌منظور جلوگیری از آلودگی زیست محیطی ضروری است. در حالی که با اجرای طرح ویناس، ضمن حذف این فاضلاب از فاضلاب تولیدی کارخانه‌های قند می‌توان با بازیافت مواد معدنی و آلی آن در غنی‌سازی تفاله گام مؤثرتری برداشت. فاضلاب حاصل در فرایندهای قندگیری یا تخمیر ملاس که معمولاً دارای بریکسی در حدود ۱۰ درصد می‌باشد با حرارت تغلیظ می‌شود تا بریکس آن به (۶۰-۷۰) درصد برسد. به این شربت غلیظ تیره رنگ حاصل، ویناس گفته می‌شود در این مقاله ضرورت و مزایای اجرای طرح ویناس از لحاظ زیست محیطی و فنی مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: ملاس، استفن، ویناس

### ۱- مقدمه

و پیشروی جهات توسعه زندگی شهری تا محدوده کارخانه‌ها، کاهش بار آلودگی و همچنین لزوم کنترل عوامل مؤثر بر محیط زیست بیش از گذشته احساس می‌شود [۱ و ۲]. در این مقاله تعریف ملاس و روشهای قندگیری از آن معرفی می‌گردد و در آخر، طرح ویناس به‌عنوان روشی نوین در جایگزینی استفاده از ملاس به‌صورت خام و نتایج حاصل از این طرح بیان می‌شود.

صنعت قند به‌طور اساسی یک صنعت وابسته به کشاورزی بوده و کارخانه‌های قند به‌طور معمول در مجاورت مناطق کشاورزی و یا در محل‌های کم جمعیت احداث می‌شدند. بسیاری از کارخانه‌ها در محدوده منابع آبهای سطحی که بتوانند آب مورد نیاز خود را تأمین کنند و به لحاظ امکانات، قابلیت دفع فاضلاب‌های خروجی را داشته باشند، بنا گردیدند. در چنین شرایطی مسائل دفع فاضلاب صنعتی تا سال‌های اخیر چندان مورد توجه نبود. ولی اکنون با رشد جمعیت

## ۲- ملاس

ملاس به‌عنوان محصول فرعی و ناشی از تولید شکر که در شرایط معمولی کار کارخانجات، قابلیت کریستالیزه شدن را ندارد شناخته می‌شود [۱۳]

از قرن چهاردهم میلادی به بعد و با توسعه قندریزی‌ها، ملاس به‌صورت کالای تجاری در آمد و از قرن نوزدهم، شناخت و تولید چغندر و ملاس آن نیز وارد بازار شد و با ملاس نیشکر رقابت نمود. ملاس چغندر با ملاس نیشکر از نظر ترکیب متفاوت است و این اختلاف، ناشی از وجود تفاوتها در مشخصات شیمیایی نیشکر و چغندر می‌باشد [۴].

## ۳- اهمیت استفاده از ملاس برای قندگیری از آن

ملاس تولیدی کارخانه‌های قند تقریباً حاوی ۵۰ درصد قند، ۲۰ درصد آب و ۳۰ درصد مواد غیر قندی است. مواد غیر قندی ملاس شامل مواد آلی، مواد ازته، بتائین، پروتئین، اسیدهای آمینه، مواد غیر ازته و مواد معدنی است که به دلیل غنی بودن ملاس از مواد معدنی و آلی نباید آن را به‌عنوان یک ماده تلف شده در کارخانه‌های قند تلقی کرد، بلکه در حقیقت از محصولات فرعی کارخانه به شمار می‌آید که در سایر موارد از آن استفاده می‌شود.

در ایران به دلیل آنکه درجه خلوص چغندر در بعضی مناطق پایین‌تر است، درصد ملاس تولیدی کارخانه‌های قند بیش از بعضی از کشورهای است، لذا طرح استخراج قند از ملاس در مقایسه با سایر طرح‌های بهره برداری از ملاس ارجحیت پیدا می‌کند بخصوص با توجه به تفاوت زیاد بین نرخ شکر و نرخ ملاس، استخراج قند از ملاس رقم بزرگی بر درآمد کارخانه‌های قند و همچنین بر میزان تولیدات داخلی آنها می‌افزاید. در کارخانه‌هایی که دارای تجهیزات قندگیری از ملاس هستند درصد ضایعات آنها در حدود (۱/۲ - ۰/۸) درصد کاهش می‌یابد که درآمد قابل توجهی نیز از این راه به دست می‌آورند. از بُعد دیگر، چنین می‌توان استدلال نمود که چون قند درصد بیشتری را در ملاس، در مقایسه با سایر عناصر دیگر، تشکیل می‌دهد و از طرفی با در نظر گرفتن نیاز مملکت به این محصول استراتژیک، عمل قندگیری از ملاس و تغلیظ فاضلاب حاصل از آن و تولید نوعی ملاس بنام ویناس به‌منظور افزودن به تفاله جهت غنی‌سازی آن (به‌عنوان خوراک دام)، بیشتر از مصارف صنعتی دیگر آن محسوس می‌باشد [۱۴ و ۱۵].

## ۴- روش‌های قندگیری از ملاس

روش‌های استخراج قند از ملاس بسیار متنوع است و به‌طور کلی به یکی از روش‌های عنوان شده زیر قابل دسته بندی می‌باشند:

- ۱- تفکیک ساکاروز موجود در ملاس از سایر مواد قندی توسط غشاء نیمه تراوا و خاصیت اسمزی
- ۲- تفکیک ساکاروز موجود در ملاس با روش رسوب گیری با فلزات قلیایی خاکی (کلسیم، استرنسیم، باریم و سرب)
- ۳- روش‌های جذب سطحی به کمک رزین ها
- ۴- روش کروماتوگرافی که برای ملاس نیشکر توانسته است به خوبی اهمیت اقتصادی خود را نشان دهد

در کارخانجات قند ایران برای استحصال قند از ملاس از روش رسوب گیری با آهک که معروف به روش استفن است استفاده می‌شود. اصول این روش بر پایه نا محلول بودن ملح آهکی ساکاروز، که ساکارات کلسیم نامیده می‌شود، استوار می‌باشد. در این روش، ملاس را تا غلظت ۶ درصد قند موجود در آن به کمک آب رقیق می‌نمایند. سپس مخلوط رقیق شده را که کمتر از ۶ درصد قند به همراه دارد با گرد آهک (CaO) نرم مخلوط می‌نمایند. اختلاط کامل آهک و انجام واکنش می‌بایست در حرارت‌های پایین تر از ۱۵ درجه سلسیوس صورت پذیرد. مدت انجام واکنش پس از اختلاط را به‌طور متوسط حدود ۱۵ دقیقه برآورد نموده‌اند.

انجام واکنش بدین صورت است که آهک با ساکاروز موجود در ملاس که رقیق شده است و ترکیب ناپایدار ساکارات کلسیم تشکیل می‌دهد که شدیداً راسب است. چنانچه این مخلوط در محیطی آرام قرار گیرد، پس از مدتی بسیار کوتاه به ۲ قسمت (فاز) مجزا تبدیل می‌شود به‌طوری‌که بخشی از مواد حاوی قند (ساکارات کلسیم) در قسمت پایین به‌صورت رسوب ته‌نشین می‌شود و مواد غیر قندی و ترکیبات محلول قند دار (مونوودی ساکارات کلسیم) که حاوی انواع مواد همراه و قند است به‌صورت محلول در بالا قرار می‌گیرد و در نهایت به‌صورت فاضلاب قندگیری از ملاس دفع می‌شود. چنانچه مواد راسب شده را جدا و شستشو نمایند حداکثر مقدار قند تبدیل شده به ملح رسوبی ساکارات (تری ساکارات کلسیم) به‌صورت یک جدا می‌شود که به‌منظور کامل نمودن عمل قندگیری آن را به‌عنوان آهک به شربت اضافه می‌کنند و شرایط محیطی گرم موجب شکستن پیوند بین کلسیم و ساکاروز و جدایش ساکاروز از آن می‌شود [۱۶ و ۱۷].

اکسید کلسیم، استرونیسیم، و باریوم) می‌باشد. فاضلاب حاصل از این فرایند که محلولی از مواد قندی و غیر قندی در ملاس است، پس از ترکیب با گاز کربنیک، آهک‌زدایی، و تا بریکس (۶۰-۷۰) درصد تغلیظ می‌شود. به این محلول تغلیظ شده ویناس سوکراتری گفته می‌شود.

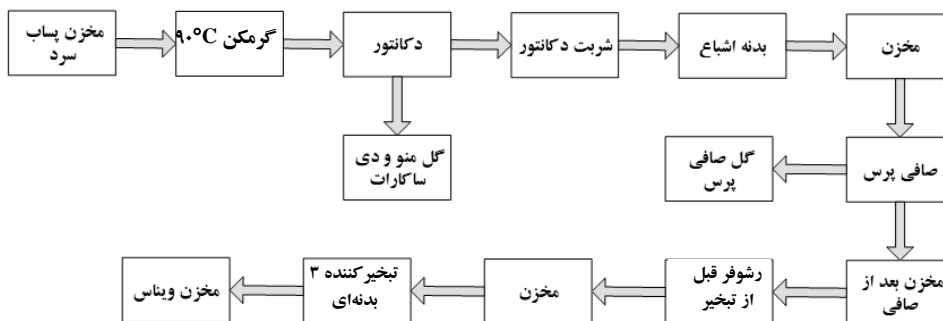
از تخمیر بی‌هوازی ملاس موادی نظیر الکل، اسیدهای آلی و بوتانول و استون تولید می‌شود. فاضلاب حاصل از این فرایندها، پس از تغلیظ تا بریکس (۶۰-۷۰) درصد، ویناس تخمیری اطلاق می‌شود [۸].

#### ۶- شرح مسیر تولید ویناس

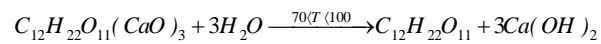
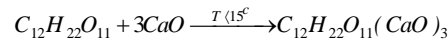
اساس کار سیستم ویناس بدین صورت است که فاضلاب رقیق حاصل از قندگیری از ملاس را که غلظتی (بریکس) حدود (۴-۲/۵) درصد دارد با حجمی حدود ۱۰ برابر ملاس مصرفی (به علت برابری وزن و حجم آب) را در سیستم‌های تغلیظ که مشابه سیستم‌های تغلیظ شربت است حرارت می‌دهند تا به غلظت (۶۵-۶۰) درصد برسد. حاصل این عمل، ماده‌ای غلیظ است که به علت دارا بودن ارزش غذایی می‌توان آن را بجای ملاس به تفاله در حال خشک شدن اضافه کرد و بدین طریق از مصرف ملاس خودداری نمود [۷]. در زیر، طرح تولید ویناس به صورت اجمالی رسم شده و هر یک از واحدهای آن به طور مختصر توضیح داده شده است [۵].

#### ۶-۱ مخزن فاضلاب سرد

با توجه به شکل (۲) این مخزن از دو قسمت تشکیل شده و کلیه فاضلاب‌های قندگیری به این مخزن می‌ریزد. اجزای مخزن فاضلاب سرد عبارتند از:



شکل ۱- طرح کلی مسیر ویناس



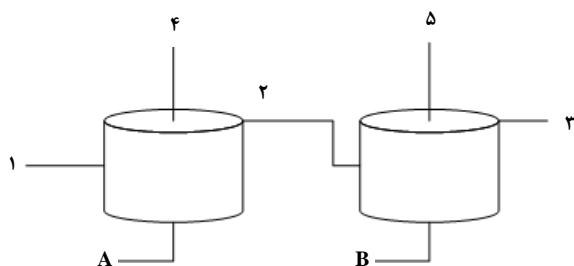
فاضلاب این بخش از کارخانجات قند را صاحب نظران به‌طور کلی (۷-۱۰) برابر وزن ملاس مصرفی در این بخش تخمین می‌زنند که حاوی مقداری مواد قندی، مواد معدنی و آلی غیر قندی است.

این مواد ممکن است به‌صورت مواد غیر قندی ازت دار و غیر ازت دار ظاهر شوند. وجود مواد قندی، مواد غیر قندی آلی و معدنی، گرما و دیگر فاکتورهای مطلوب، شرایط رشد میکرو ارگانیسم‌ها را باعث می‌شوند. لذا فاضلاب حاصل از قندگیری از ملاس را که غلظتی بین (۲-۴/۵) درصد (بریکس) دارد به یک فاضلاب بسیار آلوده با درجه اکسیژن خواهی زیست شیمیایی (BOD5) بیش از ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و محیطی بسیار مطلوب جهت رشد و توسعه انواع عوامل بیماری تبدیل می‌کند [۷ و ۶ و ۲].

#### ۵- تعریف ویناس

به محلول‌های تغلیظ شده حاصل از قندگیری و یا تخمیر بی‌هوازی ملاس، ویناس گفته می‌شود. فاضلاب (فاضلاب) حاصل در فرایندهای قندگیری یا تخمیر ملاس که معمولاً دارای بریکسی در حدود ۱۰ درصد است توسط حرارت تغلیظ می‌شود تا بریکس آن به (۶۰-۷۰) درصد برسد. به این شربت غلیظ تیره رنگ، ویناس گفته می‌شود.

ملاس تولیدی در کارخانجات قند، دارای حدود ۵۰ درصد قند است. طی روش‌های ویژه‌ای می‌توان حدود ۷۰ الی ۸۰ درصد از قند موجود در این ماده را استحصال کرد. استحصال ساکارز از ملاس بر اساس تشکیل رسوب آن با اکسید قلیایی برخی از فلزات (مثل



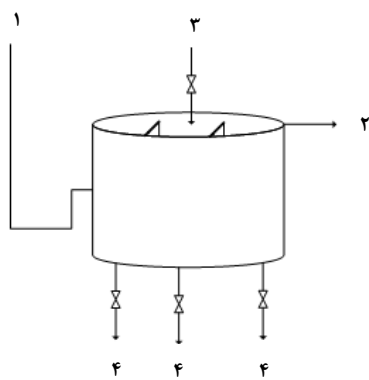
شکل ۳- گرمکن‌های فاضلاب

### ۳-۶ دکانتور

یک مخزن افقی می‌باشد که از ۳ قسمت تشکیل شده است.

اجزای دکانتور عبارتند از:

۱. ورودی شربت به دکانتور که به صورت سرریز از گرمکن‌ها به دکانتور وارد می‌شود
۲. خروجی شربت از دکانتور و ارسال آن به بدنه اشباع
۳. سرریز احتیاطی گرمکن‌ها
۴. لوله‌های خروجی گل مونو و دی ساکارات و تخلیه دکانتور. گل تخلیه شده از دکانتور به همراه گل حاصل از خنثی‌سازی در اشباع به بیرون از کارخانه هدایت می‌شود.



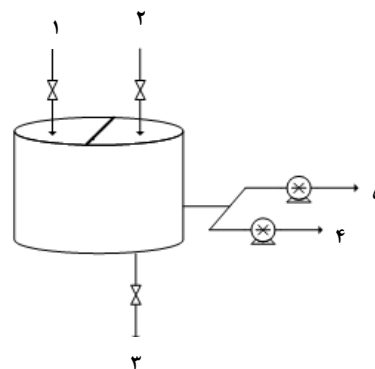
شکل ۴- دکانتور

### ۴-۶ بدنه اشباع

قسمت‌های مختلف بدنه اشباع عبارتند از:

۱. ورودی شربت از سرریز دکانتور
۲. خروجی شربت از بدنه که با ارتفاع خود سطح مایع داخل بدنه را تنظیم می‌کند.

۱. مسیر ورود فاضلاب سرد از باند صافی
۲. دیگر فاضلاب‌های موجود در قندگیری از ملاس
۳. مسیر زیر آب مخزن
۴. پمپاژ فاضلاب به بیرون از کارخانه در صورت خرابی در سیستم ویناس
۵. پمپاژ به سیستم تصفیه و تولید ویناس



شکل ۲- مخزن فاضلاب سرد

### ۲-۶ گرمکن‌های فاضلاب

این گرمکن‌ها از ۲ مخزن که به صورت سری قرار گرفته اند، تشکیل شده‌اند و به صورت بخار مستقیم شربت را گرم می‌کنند. ورودی شربت در هر بدنه از پایین و خروجی آن از بالا است.

اجزای گرمکن‌های فاضلاب عبارتند از:

۱. ورودی فاضلاب سرد به مخزن اول
  ۲. سرریز از گرمکن اول و ورود به بدنه گرمکن دوم
  ۳. خروجی از گرمکن دوم و هدایت بطرف دکانتور
  - ۴ و ۵. خروجی مازاد بخار به فضای آزاد
- مخزن A. در این مخزن مسیر بخار اصلی که از بدنه دوم تبخیر می‌آید به صورت لوله‌ای به شکل  $\Pi$  ساخته شده تا در صورت قطع جریان بخار شربت نتواند در مسیر برگشت قرار گیرد و به تبخیر برود.

بخار از طریق لوله‌های سوراخ‌دار به داخل شربت وارد می‌شود. این لوله‌های پخش‌کننده، بخار را در تمام سطح شربت تقسیم می‌کند. مخزن B. در این مخزن مسیر بخار، مستقیم است که در حالتی که دمای شربت به حد مورد نظر نرسیده است از این بخار استفاده می‌شود.

۳. مسیر خروجی شربت سرریز از اشباع به سمت مخزن قبل از صافی پرس

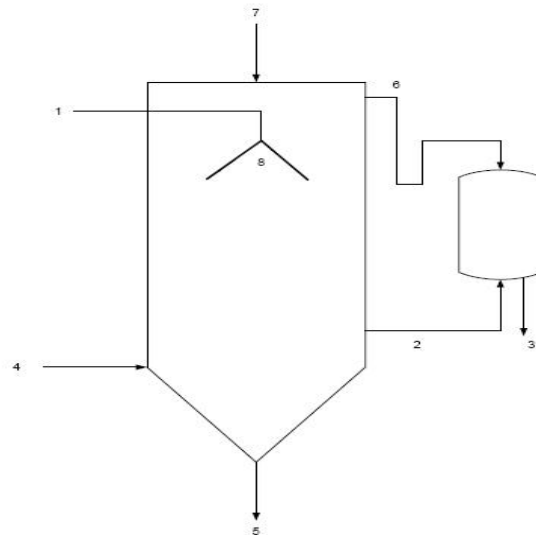
۴. ورودی گاز CO<sub>2</sub> که از خط لوله گاز بعد از پمپ گاز CO<sub>2</sub> گرفته شده است.

۵. مسیر زیر آب و تخلیه بدنه

۶. لوله سرریز مخزن و کف شکن

۷. خروجی گاز CO<sub>2</sub> و بخار آب

۸. پخش کننده شربت که عمل کف شکنی را نیز انجام می دهد.



شکل ۵- بدنه اشباع

#### ۶-۵ صافی پرس

در این مرحله دو عدد صافی پرس پیش‌بینی شده که یکی از آنها همواره به‌عنوان رزرو می‌باشد.

گل حاصل از صافی پرس به ویناس اضافه می‌شود که پس از افزوده شدن به تفاله سبب ایجاد گرد و غبار زیاد در تفاله خشک کن می‌گردد.

#### ۶-۶ رشوفر

دو عدد رشوفر موجود است که یکی همواره رزرو می‌باشد و برای شربت قبل از تبخیر، از آن استفاده می‌گردد.

#### ۶-۷ تبخیر

سیستم تبخیر سه بدنه ای است و بخارات مصرفی در تبخیرهای

دوم و سوم، بخارات اضافی در بدنه اول را تأمین می‌کنند. از آب کندانس بدنه‌های تبخیر در طرح ویناس جهت آب تغذیه کوره بخار استفاده می‌گردد.

#### ۷- نتایج

انجام طرح ویناس دارای محاسن بسیار و دارای ارزش افزوده به میزان کافی می‌باشد که چند مورد از آن به شرح زیر است:

۱- از مصرف ملاس اضافی به‌عنوان مکمل غذایی در تولید تفاله خشک جلوگیری می‌شود.

۲- یک محصول جانبی قابل عرضه جدید تولید می‌شود.

۳- مقدار قابل توجهی آب مقطر که شدیداً مورد نیاز این صنعت می‌باشد تولید می‌شود.

۴- از ایجاد آلودگی زیست محیطی جلوگیری می‌شود.

۵- از سرمایه‌گذاری به‌منظور تصفیه فاضلاب و از ایجاد آلودگی جلوگیری می‌شود.

۶- از خرید مواد مختلف جهت اصلاح وضعیت فاضلاب جلوگیری می‌شود.

#### مراجع

- [۱] واحد طرح و برنامه، توجیه فنی و اقتصادی طرح ویناس، کارخانه قند اصفهان، (۱۳۸۵).
- [۲] شهره نیکخواه، پروین شرایعی، "مدیریت استفاده از ضایعات کارخانجات قند (ملاس)"، سومین همایش کشوری بهداشت محیط.
- [۳] www.icresi.com (سایت مرکز بررسی و تحقیق و آموزش صنایع قند ایران) (۱۳۸۸).
- [۴] محمد باقر گلستان، "سیستم مدیریت زیست محیطی در شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی"، ماهنامه شکرشکن، صفحه ۴۴-۵۳، شماره ۱۰۵، (۱۳۸۵).
- [۵] گروه محیط زیست، پروژه ویناس، کارخانه قند نقش جهان، (۱۳۸۷).
- [۶] گروه محیط زیست، پروژه ویناس، کارخانه قند شیروان، (۱۳۸۷).
- [۷] www.sugarjournal.com (۱۳۸۸).
- [۸] بهروز دستار، "بررسی اثر استفاده از ویناس در تغذیه بره‌های بلوچی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم دامی، دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۷۵).