بررسی و کنترل کیفیت در مراحل تصفیه شکر خام

علیرضا محمودی‌فرد[a]، امیرحسین رضایی[b]

[a] مدرس گروه مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی قم، قم، ایران

[b] دانشجوی کارشناسی، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی قم، قم، ایران

نویسنده مسئول: امیر حسین رضایی، amirhoseinrezaei9091@gmail.com

چکیده: صنعت شکر، یکی از سنتی‌ترین و قدیمی‌ترین صنایع بشر است که امروزه سهم زیادی در اقتصاد و تجارت بسیاری از کشورها دارد؛ نکته قابل توجه این است که در دهه‌های کنونی، این صنعت با مشکلاتی نظیر هزینه‌های زیاد و بی‌رویه مواجه شده است و مسئولین کشورها را وادار به چاره‌اندیشی برای حل این مشکل به‌صورت خاص کرده است. کیفیت در تمام مراحل و زمینه‌های فعالیت کارخانه‌های قند و شکر، اهمیت زیادی دارد و کارخانه‌ها برای حفظ رویکرد حرفه‌ای در تجارت و فروش، باید خود را ملزم به پیروی از سیستم مدیریت کیفیت به‌عنوان مبنایی برای بازنگری مداوم چارچوب‌ها و فرآیندها به‌منظور دست‌یابی به اهداف بدانند؛ چرا که در چنین عرصه‌هایی، رقابت با کارخانه‌های دیگر، مهم بوده و کیفیت نیز برای مصرف‌کننده، یک پارامتر حائز اهمیت است. هدف از انجام این تحقیق، تعیین پارامترهای موثر بر کیفیت محصول شکر سفید و تلاش برای بهبود فرآیند تصفیه شکر می‌باشد؛ در این مقاله، روش‌هایی همچون استفاده از دانه مورینگا، خاک دیاتومه و همچنین روش‌های پیشرفته تصفیه آب شکر خام، که به‌عنوان ترکیبی از چندین تکنیک تصفیه تشکیل شده است، ارائه خواهد شد.

کلمات کلیدی: شکر خام، خودهمبستگی، تصفیه شکر، دیاتومه، مورینگا، امتیازهای برانشویک

۱. مقدمه

اکثر محصولاتی که امروزه تولید می‌شوند، نتیجه فرآیندهای چند مرحله‌ای هستند؛ به این معنی‌که فرآیندهای چند متغیره‌ای هستند که طی چندین مرحله متوالی انجام می‌شوند؛ مونتاژ نهایی این گروه از محصولات، به این شکل است که قطعات و اجزای محصول، از میان چندین فرآیند جداگانه عبور کرده و سپس مونتاژ نهایی صورت می‌گیرد؛ با توجه به چند مرحله‌ای بودن تولید، می‌توان یک یا چند مشخصه کیفی را به‌منظور کنترل انتخاب کرد؛ در این فرآیندها، یک متغیر در هر یک از پارامترهای فرآیندی ممکن است بر مراحل بعدی تاثیرگذار باشد؛ این ویژگی فرآیند چند مرحله‌ای، به خاصیت آبشاری معروف است. تولید بسیاری از محصولات صنعتی، به‌صورت چند مرحله‌ای بوده و اغلب فرآیند آن‌ها، تک مرحله‌ای نیست؛ نزدیک به هشتاد درصد از شکر تولیدی در جهان، از نیشکر و مابقی از چغندر قند به‌دست می‌آید؛ تولید و صنعت نیشکر، به‌طور گسترده در سراسر جهان توزیع شده است و در سال‌های اخیر، به‌دلیل استفاده از دانه‌های قند و آب میوه در کاربردهای دارویی، تغذیه‌ای، غذایی و خوراک، مورد توجه قرار گرفته است؛ کیفیت محصولات قندی عمدتا به حذف آلاینده‌ها و مواد رنگی از طریق فرآیندهای مختلف بستگی دارد [۱]؛ به‌خوبی شسته‌شدن، شفاف‌سازی و روشن بودن شکر، سه مورد از الزامات مهم در تصفیه شکر می‌باشد [۲،۳].

اولین مرحله در تولید شکر خام از نیشکر، استخراج آب میوه از نیشکر و مرحله دوم، شفاف‌سازی آب نیشکر برای حذف مواد رنگی و ناخالصی‌ها مانند پلی‌فنل‌ها، کلروفیل و آمینواسیدهای آنتوسیانین است [۴]؛ اما واضح است که تمام این ترکیبات را نمی‌توان در طول فرآیند شفاف‌سازی، حذف کرد؛ زیرا موفقیت آن مستقیما با عملکرد فرآیندهای بعدی تولید و کیفیت شکر مرتبط است [۵]؛ در طی آسیاب کردن، مواد رنگی و ناخالصی‌ها با آب نیشکر استخراج می‌شوند و بخشی از مواد غیر قندی (پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، صمغ‌ها، مواد معدنی و رنگ‌ها) را تشکیل می‌دهند که باید بدون تجزیه ساکارز از پردازش بعدی آب قند حذف شوند؛ پس از استخراج، آب نیشکر با اکسیداسیون اجزای آن (کلروفیل و پلی‌فنول‌ها) رنگ بسیار تیره‌ای به خود می‌گیرد و ویژگی ناخوشایندی را برای مصرف‌کنندگان بالقوه ایجاد می‌کند [۶]؛ نکته حائز اهمیت علاوه بر حذف ناخالصی‌های رنگی، تولید شکر خام و تصفیه شده و همچنین آب شکر شفاف است که بسیار ضروری است؛ به‌ویژه با توجه به افزایش تقاضا برای شکر سفید تصفیه شده با کیفیت عالی و آب شکر شفاف، این امر لازم است [۴،۷]؛ بنابراین باید تلاش‌های زیادی برای حذف ناخالصی‌ها و کاهش واکنش‌های تشکیل رنگ با فرآیندهای مختلف شیمیایی و فیزیکی صورت بگیرد؛ تلاش‌هایی نظیر حذف با

عوامل رسوب‌دهنده مانند آهک داغ، اسید فسفریک، منعقدکننده‌های پلی‌آلومینیمی، لخته‌کننده‌های آکریل آمید پلی‌آنیونی، سپاران [۷،۸] و یا جداسازی غشایی [۶]؛ در کشورهای در حال توسعه، خاصیت شفاف‌کنندگی بذر مورینگا برای فرآیندهای تصفیه آب و غذا، به‌خوبی شناخته شده است و استفاده زیادی دارد [۹]. برای تصفیه شکر خام، می‌توان از خاک دیاتومیت نیز استفاده کرد؛ دیاتومه‌ها، موجودات تک سلولی بسیار ریزی هستند که متعلق به خانواده جلبک-های دریایی باسیلاریوفیس (طلایی قهوه‌ای) هستند؛ سلول‌های زنده دیاتومه‌ها، با پوشش نازک و ژل مانندی که اغلب رنگی قهوه‌ای دارند، پوشیده شده‌اند؛ رسوبات دیاتومیتی معمولا ریزدانه بوده و عمدتا از سیلیس بی‌شکل تشکیل شده‌اند؛ همراه سیلیس معمولا مقدار کمی مواد آلی و رس موجود بوده و همچنین ممکن است رسوبات آتشفشانی نیز وجود داشته باشد؛ در واقع، زمین دیاتومه که از بقایای آبزیان کوچک تشکیل شده است، زمینی شبیه به گچ یا خاک رس است؛ سختی، اندازه کوچک و شکل زاویه‌ای دانه‌هایش، آن را زمینی پرکاربرد می‌کند.

۲. متن اصلی

۱.۲. مواد و روش‌ها

دانه‌های مورینگا با دقت جمع‌آوری، تمیز و سپس به دانه‌های ریز آسیاب و از دو طریق به حجم معمولی آب نیشکر اضافه می‌شوند؛ در مرحله اول، پودر دانه‌ها به آب نیشکر اضافه شده و ذوب می‌شود؛ در روش دوم، پودر دانه را در آب مقطر حل شده و سپس به آب شکر و مذاب شکر اضافه می‌شود؛ پی‌اچ آب شکر خام و تصفیه شده و مذاب و کدورت نفلومتر (NTU) روی کدورت‌سنج انجام می‌شود.

امروزه استفاده از خاک دیاتومه به‌طور قابل توجهی گسترش یافته است؛ تاکنون به‌طور گسترده‌ای این خاک به‌عنوان فیلتر مورد استفاده قرار گرفته است؛ به-طوری‌که توسط پالایشگاه‌های شکر برای فیلتر کردن یا شفاف‌سازی استفاده می‌شود؛ این خاک، دارای منافذ بسیار زیاد و قابلیت جذب بالاست که تقریبا ۹۰ درصد از حجم آن، در برگیرنده حفره‌ها است؛ ذرات دیاتومیت شکل‌های نامنظم، مسطح و نازک دارند؛ وزن ذرات جدا از هم آن، کمتر از ۱۶۰ گرم بر لیتر است و بدنه سیلیس آن، بسته به کیفیت سنگ، از ۸۶ تا ۹۴ درصد قابلیت تغییر دارد؛ این خاک، تغییری در رنگ، بو و طعم محصولات تصفیه شده، به‌وجود نمی-آورد؛ همچنین در برابر حرارت، پی‌اچ بالا از خود مقاومت نشان می‌دهد؛ به همین دلیل، گزینه مناسبی برای تصفیه شکر خام می‌باشد.

۲.۲. روش ارزیابی کیفیت شکر سفید

اصلی‌ترین پارامترهای موثر در کیفیت شکر سفید طبق استاندارد، میزان ساکارز، مقدار املاح معدنی یا خاکستر، مقدار رنگ محلول و رنگ ظاهری می‌باشد.

۳.۲. روش کنترل کیفی پارامترهای فرآیند

پارامترهایفرآیند به شرح زیر می‌باشند:

بریکس: مقدار ماده خشک موجود در ۱۰۰ گرم محلول.

درجه خلوص: نشان‌دهنده نسبت ساکارز به بریکس در شربت‌ها می‌باشد.

۴.۲. تجزیه و تحلیل آماری

روش آماری استفاده شده برای تحلیل روش علت معلولی [۱۰] بر مبنای مقالات و روش‌های zhang می‌باشد که جهت بهبود مدل، خودهمبستگی هم به آن اضافه شده است [۱۱]؛ در این مقاله، به یافته‌ها و نتایج بررسی، اشاره خواهد شد؛ مشخصه کیفی محصول و پارامترهای فرآیند شناسایی شده و سپس خودهمبستگی موجود در مشخصه کیفی محصول با استفاده از محاسبه خودهمبستگی بین باقیمانده‌ها به‌دست می‌آید.

۵.۲. یافته‌های تحقیقات

با توجه به نتایج ۲۷ روزه گزارش شده در کارخانه قند همدان، میانگین بریکس شربت خام برابر ۴۴/۱۸ درصد و در شربت استاندارد برار ۶۲/۳۲ درصد می‌باشد؛ در عین‌حال، بالاترین میانگین درجه خلوص مربوط به شربت استاندارد ۹۸/۴۷ درصد تعیین شده است؛ رنگ محلول و رنگ ظاهری و میزان خاکستر، از مهم-ترین پارامترهای ارزیابی کیفیت شکر سفید می‌باشد؛ در این دوره ۲۷ روزه، در بین عوامل موثر بر کیفیت شکر سفید، خاکستر، بیشترین امتیاز و رنگ ظاهری، کمترین امتیاز را به‌دست آورده است؛ پایین بودن امتیاز برای هر مشخصه کیفی، نشان‌دهنده کیفیت بهتر می‌باشد.

بالا بودن میزان قند ملاس، نشان‌دهنده عدم کریستالیزاسیون مناسب ساکارز در داخل پخت‌ها می‌باشد که در خاتمه می‌توان انتظار داشت کیفیت شکر سفید تولیدی کاهش یافته و در نتیجه، مجموع امتیازهای کیفی شکر افزایش یابد؛ بنابراین وجود ناخالصی‌ها مانع کریستالیزاسیون خواهد شد [۱۲]؛ همچنین کاهش پی‌اچ در پخت، منجر به تجزیه ساکارز می‌گردد و تولید قند اینورت افزایش می‌یابد؛ لذا تولید این قند باعث تشدید رنگ خواهد شد؛ بنابراین با توجه به رعایت

پی‌اچ مناسب، می‌توان انتظار داشت که مجموع امتیازهای کیفی محصول تولیدی بهتر شود [۱۳]؛ در مورد بریکس، هر چقدر این مشخصه بالاتر باشد، زمان مورد نیاز جهت فرآیند اواپراسیون کوتاه‌تر خواهد شد، لذا انتظار می‌رود کیفیت مطلوب‌تر باشد.

۳. نتیجه‌گیری

در سده اخیر، بازار به‌شدت رقابتی شده است و تولیدکنندگان تحت فشار بازار مجبور هستند همه روزه کیفیت محصولات خود را ارتقاء دهند تا از کورس بازار جا نمانند و سهم بیشتری را به خود اختصاص دهند؛ در همین راستا، سیستم‌های کنترل کیفیت، هم همه روزه در حال پیشرفت هستند تا بتوانند صاحبان صنایع را در رسیدن به اهدافشان کمک کنند؛ همچنین با توجه به داغ بودن این موضوع در بازار صاحبان حرف بسیاری هم وارد این عرصه شده‌اند تا پیشنهادات خود را ارائه دهند. بسیاری از محصولاتی که در دهه‌های اخیر تولید می‌شوند، حاصل فرآیندهای چند مرحله‌ای هستند که در آن‌ها خاصیت آبشاری وجود دارد؛ به این معنا که عملکرد فرآیند در یک مرحله خاص تحت تاثیر عملکرد فرآیند در مراحل پیش از آن قرار دارد و به‌عبارت بهتر، بین مراحل مختلف فرایند همبستگی آماری وجود دارد؛ همین امر سبب می‌شود که برای کنترل کیفیت این فرآیندها سیستم‌های سنتی و متداول کنترل کیفیت نظیر استفاده از نمودارهای شوهارت، امکان‌پذیر نباشد. دانه مورینگا برای شفاف‌سازی آب و مذاب خام نیشکر با استفاده از مواد شفاف کننده طبیعی به‌کار می‌رود؛ دانه‌ها در ابتدا به‌صورت پودر سپس صورت معلق در محلول قرار گرفتند؛ در انتها، به این مهم دست می‌یافته می‌شود که دانه مورینگا، ماده شفاف‌کننده طبیعی مناسبی برای صنعت نیشکر می‌باشد؛ ویژگی دیگری که برای این ماده می‌توان نام برد، افزایش بریکس می‌باشد؛ یعنی این ماده می‌تواند به‌طور همزمان شفافیت و بریکس را افزایش دهد.

۴. قدردانی

در این بخش لازم است که کمال تشکر و امتنان خود را از مدیر گروه محترم دانشکده صنایع دانشگاه صنعتی قم، جناب آقای دکتر حاجی‌زاده داشته باشیم؛ ان شاءالله موفقیت‌ها و پیشرفت‌ها تداوم یافته و موجبات رضایت خداوند منان، حاصل شود.

منابع

[1] Asadzadeh, S., Aghaie, A. & Yang, S. F. (2008). Monitoring and Diagnosing Multistage Processes: A Review of Cause Selecting Control Charts, Journal of Industrial and Systems Engineering Vol. 2, No. 3, pp 214-235.

[2] James, C. P. C., & Honig, P. (1965). Ash content of Peruvian raw sugars. Sugar Journal, October, 42-47.

[3] Jenkins, G. H. (1966). Introduction to cane sugar technology. Amster- dam-London-New York: Elsevier Publishing Company.

[4] Abdel-Razig GA, Mohamed Ahmed IA, Babiker EE, Yagoub AEA, 2010. Effect of Addition of Separan at Different Concentrations as a Flocculants on Quality of Sugar Cane Juice. International Journal of Biological and Life Sciences, 6 (2): 88-91.

[5] Hamerski F, da Silva VR, Corazza ML, Ndiaye PM, de Aquino AD, 2012. Assessment of variables effects on sugar cane juice clarification by carbonation process. International Journal of Food Science and Technology, 47: 422-428.

[6] Moreno RMC, de Oliveira RC, de Barros STD, 2012. Comparison between microfiltration and addition of coagulating agents in the clarification of sugarcane juice. Acta Scientiarum. Technology, 34: 413-419.

[7] Eggleston G, Legender D, Pontif K, Gober J, 2014. Improved control of sucrose losses and clarified juice turbidity with lime saccharate in hot lime clarification of sugarcane juice and other comparisons with milk lime. J Food Processing and Preservation, 38: 311–325.

[8] SPRI, 2006. Reduction of lime usage with cationic aluminum coagulants in juice clarification. Sugar Processing Research Institute. Technical report.p. 13.

[9] Hoi LWS, Shum STC, 1999. Plant materials as natural flocculant in cane juice clarification. Proceedings of the XXIII ISSCT Congress, New Delhi, India, 22-26 February, Volume 1, pp. 7-16.

[10] Sulek, J. M., Marucheck, A. & Lind, M. R. (2006). Measuring performance in multi-stage service operations: An application of cause selecting control charts, Journal of Operations Management.

[11] Yang, S. F. & Yang, C. M. (2005). An approach to controlling two dependent process steps with autocorrelated observations, Int J Adv Manuf Technol., 29, 170–177.

[12] Zhang, Z. F., Mu, G. S., Peng, J. Y., Zhou, M., Wen, H. & Zhang, X. L. (2012). Study on decolorization of sugar cane juice using activated carbons, Advanced Materials Research.

[13] Schaaffler, K. (2002). Determination of low-level glucose and fructose in raw and refined crystalline sugar by high-performance anion-exchange chromatography: collaborative study, journal of AOAC international.

[14] Solafa A. A. Hamad, Amgad A. E. Hassan, Isam A. Mohamed Ahmed. (2016). Application of moringa (Moringa oleifera) Seeds for Clarification and Purification of Sugar Cane Juice and Raw Sugar Melt.

[15] Use of diatomaceous erarth in sugar refining. (1917).

[۱۶] وحید خداکرمی، فرزاد علیجانی، مسعود هنرور، کنترل کیفیت فرآیند چند مرحله‌ای تصفیه شکر خام، تیر ۱۳۹۱.