کنترل کیفیت فرآیند چند مرحله‌ای تصفیه شکرخام

**وحید خداکرمی[a]، فرزاد علیجانی[b]، مسعود هنرور[c]*

[a] استادیار دانشگاه بوعلی سینا همدان، گروه مهندسی صنایع، همدان، ایران
[b] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه بوعلی سینا همدان، گروه مهندسی صنایع، همدان، ایران
[c] استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۴/۱۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۶/۲۴

چکیده

مقدمه: اکثر محصولاتی که امروزه تولید می‌شوند نتیجه فرآیندهای چندمرحله‌ای هستند، به این معنی که فرآیندهای چند متغیره‌ای هستند که طی چندین مرحله متوالی انجام می‌شوند که در هر مرحله یک یا چندین مشخصه کیفی مختلف مطابق با مشخصات فرآیند می‌تواند جهت کنترل کردن انتخاب شوند. هدف از انجام این تحقیق تعیین پارامترهای موثر بر کیفیت محصول شکر سفید و ارایه یک مدل برای پیش بینی کیفیت محصول تولیدی می باشد.

مواد و روش‌ها: در دوره یک ماهه خط تصفیه شکرخام در کارخانه قند همدان تحت بررسی قرار گرفته است. کلیه متغیرهای کیفی موثر در تصفیه شکرخام و تولید شکر سفید اندازه‌گیری و بر اساس مدل دارای خودهمبستگی علاوه بر پارامترهای خود فرآیند، تحلیل رگرسیونی برای ارزیابی کیفیت محصول تولیدی بعمل آمده است.

یافته‌ها: یک روش مناسب برای کنترل کیفیت آماری فرآیند چندمرحله‌ای تصفیه شکر خام بر مبنای نمودار علت – معلولی، روابط خودهمبستگی و نمودارهای کنترل ایجاد شده است که با استفاده از تحلیل رگرسیونی می‌توان کیفیت شکر تولیدی را در حین فرآیند، ارزیابی کرد و بدین وسیله با اقدام اصلاحی از تولید شکر نامرغوب جلوگیری نمود. با استفاده از این روش و پیاده سازی آن می‌توان شکر سفید را با توجه به کیفیت مواد اولیه در کیفیت‌های دلخواه برای نیاز نهایی گوناگون تولید کرد.

نتیجه گیری: نتایج ارزیابی نشان می دهد در بین متغیرهای مورد بررسی بیشترین ضریب همبستگی بین pH پخت دوم، قند ملاس، بریکس شربت خام با کیفیت شکر سفید (مجموع پوآن) می‌باشد. همچنین برای مشخصه کیفی محصول (مجموع پوآن) خودهمبستگی وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: *پوآن های برانشویک، تحلیل رگرسیونی، خودهمبستگی، شبکه بیزین، شکر خام*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: m-honarvar@hotmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

بسیاری از محصولات صنعتی در یک فرآیند چندمرحله‌ای تولید می‌شوند و عمدتاً فرآیند آن‌ها تک مرحله‌ای نیست. در این گروه از محصولات، قطعات و اجزای محصول از میان چندین فرآیند جداگانه عبور کرده و سپس مونتاژ نهایی صورت می‌گیرد. در این شرایط، یک یا چندین مشخصه کیفی مختلف مطابق با مشخصات فرآیند ممکن است جهت کنترل کردن انتخاب شود. در این فرآیندها، یک متغیر در هر یک از پارامترهای فرآیندی ممکن است بر مراحل بعدی تاثیرگذار باشد. این ویژگی فرآیند چندمرحله‌ای به خاصیت آبشاری معروف است (Asadzadeh *et al*., 2008)

در فرآیندهای چندمرحله‌ای، تشخیص سریع شرایط خارج از کنترل بسیار مهم است. ارائه یک راه حل مناسب برای این مشکل، مستلزم تشخیص وابستگی ساختاری مشخصات کیفی فرآیند است. برای این منظور می‌توان معمولاً از نمودار شوهارت و یا هر نمودار کنترلی تک متغیره‌ای استفاده کرد لیکن در اکثر فرآیندها، مراحل تولید دارای وابستگی درونی بوده و بنابراین سیگنال‌ها در نمودارهای فوق گمراه کننده می باشد.

یکی از مرسوم ترین روش ها برای کنترل کیفیت این فرایندها استفاده از نمودار T- square می باشد. نمودار T- square به شما این امکان را می دهد که تشخیص دهید دو یا چند متغیری که به هم وابسته هستند تحت کنترل می باشند یا نه. ولی استفاده از این نمودار محدودیت هایی دارد و به همین دلیل نمی‌توان در خیلی از موارد از T- square استفاده کرد. این محدودیت ها به شرح زیر است :

۱) در این رویکرد باید فرض شود که مشخصه های کیفی همه مراحل دارای توزیعِ نرمال هستند.

۲) وقتی که سیگنال "خارج از کنترل" داده می‌شود. معمولاً مشکل می شود تعیین کرد که کدام مولفه‌های فرایند خارج ازکنترل هستند.

۳) به دلیل اینکه هر مرحله تحت تاثیر مراحل قبل از خود می باشد انحراف با دلیل به مراحل بعد منتقل می‌شود و روی آماره T- square تاثیر می‌گذارد.

روش دیگر استفاده از نمودار علت و معلولی است که اولین بار توسط ژانگ (Wade & Woodall, 1993) پیشنهاد گردید. این روش برای یک مشخصه کیفی محصول، تنها مشخصه کیفی ماده اولیه موثر است مزیت این روش این است که زمانی که یک سیگنال خارج از کنترل داده شود، مشخص کردن مرحله‌ای که در شرایط خارج از کنترل می‌باشد، آسانتر است. در سال ۲۰۰۳ تاثیر داده های خود همبسته در فرآیندهای چندمرحله‌ای مورد بررسی قرار گرفت (Shu & Tsung, 2003) و آن ها به این نتیجه رسیدند که هنگامی که فرکانس نمونه برداری بالا باشد، خطای تصادفی در مرحله جاری فرآیند بعلت خودهمبستگی می‌باشد و بنابراین متغیر خروجی نیز دارای خود همبستگی است (Yang & Chung-Ming, 2005).

در حال حاضر یکی از متداولترین فرآیندهای چند مرحله‌ای در تولید محصولات غذایی، فرآیند تصفیه شکرخام در کارخانجات قند می‌باشد. در این فرآیند مراحل مختلف دارای توزیع های آماری مختلف می باشد. براساس آخرین آمار منتشر شده سالانه میزان قابل توجهی شکرخام بشرح جدول ۱ از خارج وارد کشور شده که در کارخانجات قند و در ایام غیر از بهره برداری چغندرقند تحت فرایند تصفیه قرار می‌گیرد (بی نام، ۱۳۹۱).

با توجه به آنکه کیفیت محموله‌های شکرخام وارداتی بسیار متغیر بوده، لذا اطمینان از ثبات کیفیت محصول شکر سفید تولیدی همواره از اهداف تصفیه کنندگان می‌باشد.

بعنوان مثال انواع شکرخام قابل عرضه در بازارهای جهانی در جدول ۲ ارائه گردیده است که مؤید تفاوت کیفی در آن‌ها می‌باشد (Rein, 2007).

در این تحقیق فرآیند تصفیه شکرخام را مورد بررسی قرار داده و با توجه به نرمال نبودن برخی از متغیرها و عدم امکان استفاده از نمودار T-Square در راستای دقت بیشتر و بر اساس تحلیل رگرسیونی، فرآیند کنترل کیفیت، الگوریتم علت و معلول (cause selecting) مورد بررسی قرار می‌گیرد (Sulek *et al*., 2006). این تحقیق در سال ۱۳۸۹ در کارخانه قند همدان، همزمان با انجام عملیات تصفیه شکر خام در یک دوره زمانی یک ماهه صورت پذیرفته است که طی آن ارتباط پارامترهای فرآیند در کیفیت محصول شکر سفید تولیدی مشخص گردیده است.

Archive of SID

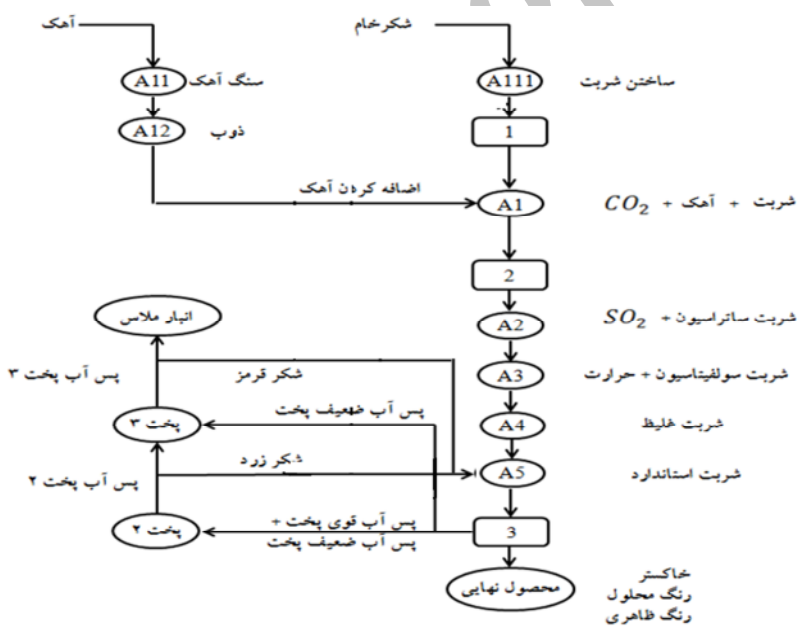
www.SID.ir

جدول ۱- واردات شکر از سال ۱۳۸۵ تا پایان سال ۱۳۹۰

سال	شکر سفید (هزارتن)	بها (دلار)	شکر خام (هزارتن)	بها (دلار)	جمع واردات (هزارتن)	جمع بها واردات (دلار)
۱۳۸۵	۶۷۵	۳۰۷۶۵۷۰۰۰	۱۸۰۶	۶۹۰۷۷۷۰۰۰	۲۴۸۱	۹۹۸۴۳۵۰۰۰
۱۳۸۶	۳۴۸	۱۳۳۳۰۹۳۴۴	۸۲۲	۲۷۴۴۶۱۳۶۷	۱۱۷۰	۴۰۷۷۷۰۷۱۰
۱۳۸۷	۱۰۳	۳۷۲۱۳۳۳۲	۹۹۸	۲۸۷۸۰۰۰۱۳	۱۱۰۱	۳۲۵۰۱۳۳۴۵
۱۳۸۸	۲۷	۸۸۱۹۹۰۶	۸۵۰	۳۱۵۸۲۶۱۱۴	۸۷۷	۳۲۴۶۴۶۰۲۰
۱۳۸۹	۰	۰	۱۸۰۵	۷۰۴۵۲۰۴۰۷	۱۸۰۵	۷۰۴۵۲۰۴۰۷
۱۳۹۰	۶	۳۷۹۹۵۱۰	۱۲۲۸	۷۵۲۱۰۵۳۳۴	۱۲۳۴	۷۵۵۹۰۴۸۴۴
جمع	۱۱۵۹	۴۹۰۷۹۹۰۹۲	۷۵۰۹	۳۰۲۵۴۹۰۲۳۵	۸۶۶۸	۳۵۱۶۲۹۰۳۲۶

جدول ۲- آنالیز نمونه برای کیفیت های مختلف شکرخام برای تصفیه

	درصدخلوص فوق العاده بالا		درصدخلوص خیلی بالا		درصدخلوص بالا		درصدخلوص پایین	
مشخصات کیفی	V-VHP	QHP	VHP	IHP	Brand 1	HP	LP	LP
کشور	برزیل	استرالیا	افریقای جنوبی	استرالیا	استرالیا	افریقای جنوبی	استرالیا	افریقای جنوبی
خلوص	۹۹/۶۵	۹۹/۶	۹۹/۳	۹۹/۳	۹۸/۹	۹۸/۹	۹۷/۸۵	۹۷/۸
رطوبت (g/100g)	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۱۸	۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۶۰	۰/۳۵
قندهای احیا شکر (g/100g)	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۲۷	۰/۵۰	۰/۵۱	۱/۱۰
خاکستر (g/100g)	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۴۵	۰/۲۰
رنگ (IU)	۴۵۰	۶۵۰	۱۵۰۰	۱۱۰۰	۱۸۰۰	۱۸۰۰	۳۳۰۰	۲۲۰۰
نشاسته (mg/kg)	۲۵۰	۴۰	۱۱۰	۵۰	۶۰	۱۱۰	۸۰	۱۱۰
دکستران (mg/kg)	۳۵۰	۲۰	۹۰	۲۰	۲۲	۹۰	۱۹	۹۰



شکل ۱- دیاگرام خط تولید تصفیه شکرخام

مواد و روش ها

فرآیند تصفیه شکرخام تابع اصول و براساس روش تصفیه کلاسیک بشرح شکل ۱ در کارخانه قند همدان انجام می گیرد.

- روش ارزیابی کیفیت شکر سفید

اصلی‌ترین پارامترهای موثر در کیفیت شکر سفید طبق استاندارد، میزان ساکاروز، مقدار املاح معدنی یا خاکستر، مقدار رنگ محلول و رنگ ظاهری می‌باشد که تماماً بر اساس روش‌های استاندارد در کارخانه قند همدان انجام گرفته است (بی نام، ۱۳۷۴).

www.SID.ir

- روش کنترل کیفی پارامترهای فرآیند

این پارامترها بشرح زیر بوده که بر اساس روش استاندارد در آزمایشگاه خط تولید کارخانه قند همدان صورت پذیرفته است.

بریکس: مقدار ماده خشک موجود در ۱۰۰ گرم محلول.

درجه خلوص: که نشان دهنده نسبت ساکاروز به بریکس در شربت‌ها می باشد.

- روش جمع آوری نمونه ها

طی یک ماه در عملیات تصفیه شکر خام مطابق با روش‌های نمونه برداری و مطابق با شرایط واقعی کنترل کیفی کارخانه قند همدان نمونه‌ها طبق زمان‌بندی متداول از خط تولید برداشته شده است. به این صورت که نمونه-های شربت هر ساعت و نمونه پخت‌ها و محصول شکر از هر بچ تولید انجام شده است.

- تجزیه و تحلیل آماری

روش آماری استفاده شده در این مقاله روش علت معمولی (Sulek *et al*., 2006) (cause - selecting) بر مبنای مقالات و روش‌های zhang می‌باشد که جهت بهبود مدل، خود همبستگی (autocorraliation) هم به آن اضافه شده است (Yang & Yang, 2005). مشخصه کیفی محصول و پارامترهای فرآیند شناسایی شده‌اند سپس خودهمبستگی موجود در مشخصه کیفی محصول با استفاده از محاسبه خود همبستگی بین باقیمانده‌ها (residuals) بدست آمده و اگر سطح a را ۰/۰۵ در نظر بگیریم R-sq (adj) مدل ۷۵٪ می باشد.

یافته ها

نتایج حاصل از مشخصه‌های کیفی عمده محصولات حد واسط از مرحله حل کردن شکرخام تا آغاز کریستالیزاسیون در جدول ۳ نشان داده شده است. کلیه نتایج بر اساس میانگین نتایج هر ساعت و نهایتاً بر اساس میانگین نتایج ۲۷ روزه گزارش شده است.

براساس جدول ۳ میانگین بریکس شربت خام برابر ۴۴/۱۸ درصد و در شربت استاندارد برابر ۶۲/۳۲ درصد می‌باشد. در عین حال بالاترین میانگین درجه خلوص مربوط به شربت استاندارد ۹۸/۴۷٪ تعیین شده است.

در جدول ۴ نتایج کیفیت شکر سفید تولیدی از جنبه پارامترهای موثر بر کیفیت نشان داده شده است. رنگ محلول و رنگ ظاهری و میزان خاکستر از مهمترین پارامترهای ارزیابی کیفیت شکر سفید می‌باشد که بر حسب پوان های برانشویک بیان شده است. همانطور که مشخص است در این جدول از آنالیز یک دوره ۲۷ روز محصول شکر سفید استفاده شده است که مشتمل بر میانگین آنالیز محصول تولیدی هر روز حاصل از ۱۵ نمونه شکر تولیدی بوده است. در بین عوامل موثر بر کیفیت شکر سفید، خاکستر بیشترین پوآن، رنگ ظاهری کمترین پوآن را با میانگین ۲/۱۸ بدست آورده است. خاطر نشان می‌گردد پایین بودن پوان برای هر مشخصه کیفی نشان دهنده کیفیت بهتر می‌باشد.

جدول ۳ - نتایج آنالیز کیفی ۳ نمونه شربت تولیدی در فرآیند تصفیه شکرخام

نوع شربت	درصد بریکس	درصد ساکاروز	درصد خلوص
شربت خام	۴۴/۱۸ ±۰/۸۹	۴۳/۵۳ ±۰/۸۸	۹۶/۳۶ ±۰/۹۶
شربت غلیظ	۶۳/۸۶ ±۱/۱۸	۶۲/۹۱ ±۱/۲۰	۹۸/۳۱ ±۰/۷۸
شربت استاندارد	۶۲/۳۲ ±۱/۱۸	۶۱/۳۷ ±۱/۱۸	۹۸/۴۷ ±۰/۰۷

جدول ٤- نتایج آنالیز کیفی محصول شکر سفید تولیدی حاصل از تصفیه شکر خام

پارامتر کیفی	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
پوان رنگ محلول	۴۰۵	۶/۵۳	۰/۲۹	۵/۸	۷
پوان رنگ ظاهری	۴۰۵	۲/۱۸	۰/۱۰	۲	۲/۴
خاکستر	۴۰۵	۷/۹۶	۰/۴۷	۷/۱	۸/۶
پوان مجموع	۴۰۵	۱۶/۶۷	۰/۶۷	۱۵/۵	۱۷/۸

Archive of SID

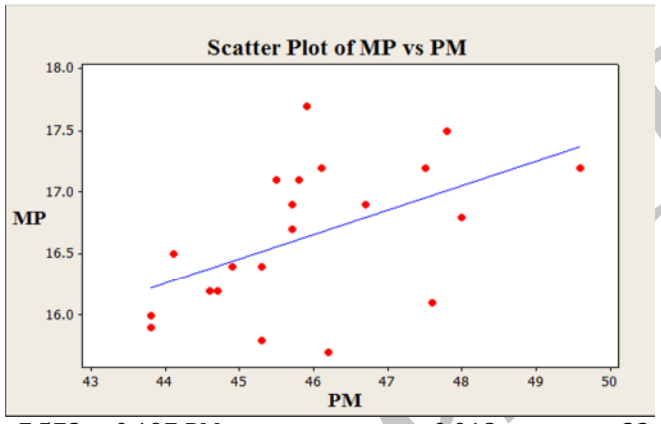
www.SID.ir

جدول ۵- آنالیز نمونه پختهای تولیدی بخش کریستالیزاسیون

شماره پخت	درصد بریکس	درصد ساکاروز	درصد خلوص	pH
پخت۱	۸۸/۷۴ ±۰/۱۶	۸۶/۲۸ ±۰/۱۶	۹۷/۲۵ ±۰/۱۶	۷/۱۰ ±۰/۰۶
پخت۲	۹۰/۸۴ ±۰/۱۶	۸۰/۵۹ ±۱/۷۸	۸۸/۴۶ ±۱/۲۱	۷/۲۲ ±۰/۰۹
پخت۳	۹۲/۹۵ ±۰/۲۳	۷۰/۳۴ ±۰/۶۲	۷۵/۶۶ ±۰/۵۹	-

جدول٦ - ظرفیت تصفیه شکرخام روزانه در دوره مورد مطالعه

	حداقل مصرف روزانه	حداکثر مصرف روزانه	میانگین روزانه	انحراف معیار	کل
شکرخام مصرفی(تن)	۳۶۷/۵	۵۶۰/۷	۵۰۵/۷	۳۸/۹	۱۳۶۵۴/۵
شکر سفید تولیدی(تن)	۳۵۰	۵۰۲/۹	۴۸۰/۵	۳۶/۰	۱۲۹۷۴



$MP = 7.572 + 0.197\ PM$ $\quad p_{value} = 0.018$ $\quad r_{sq_{(adj)}} = 22.18\%$

نمودار ۱- رابطه بین مجموع پوآن و قند ملاس

نتایج آنالیز مربوط به بخش کریستالیزاسیون با توجه به سیستم سه پختی در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج بدست آمده در این جدول بر اساس یک دوره ۲۷ روزه است که در هر روز نتایج حاصل از میانگین تعداد پختهای هر روز گزارش شده است. تعداد پخت های ۱، ۲ و ۳ در هر روز بترتیب ۱۵، ۱۰ و ۴ عدد می‌باشد. با توجه به محدودیت و کمی تعداد پخت ۳ ، pH پخت ۳ اندازه گیری نشده و در نتایج لحاظ نشده است.

در جدول ۶ مقادیر مصرف شکرخام ورودی به خط تولید و مقادیر شکر سفید تولیدی بصورت میانگین روزانه گزارش شده است که مؤید نوسانات ظرفیت فرآیند می‌باشد.

با توجه به تعداد پخت ۳ در دوره زمانی مورد مطالعه به میزان ۸ عدد می توان نتیجه گرفت که بطور میانگین به ازای هر ۱۷۰۷ تن شکرخام مصرفی یا به عبارت دیگر در ۳/۵ روز (۷ شیفت) یک پخت ۳ تولید گردیده است.

برای این کار بین مجموع پوآن (مشخصه کیفی محصول) و پارامترهای فرآیند به شرح ذیل نمودار Scatter plot رسم گردید و همچنین تحلیل رگرسیونی انجام شد. نتایج ذیل حاصل شد:

در نمودارهای ۱ تا ۳ مجموع پوآن با MP و پل ملاس با PM و پخت دوم 2nd P و بریکس خام BXR نشان داده شده است.

در نمودار ۱ بالا بودن میزان قند ملاس نشان دهنده عدم کریستالیزاسیون مناسب ساکاروز در داخل پخت‌ها می‌باشد که در خاتمه می‌توان انتظار داشت کیفیت شکر سفید تولیدی کاهش یافته و در نتیجه مجموع پوآن‌های کیفی شکر افزایش یابد. این امر تأیید تحقیقات گذشته می‌باشد که وجود ناخالصی‌ها مانع کریستالیزاسیون خواهد شد (Zhang *et al.*, 2012).

در نمودار ۲ باتوجه به آنکه کاهش pH در پخت منجر به تجزیه ساکاروز گردیده و تولید قند اینورت افزایش می‌یابد لذا تولید قند اینورت باعث تشدید رنگ خواهد شد بنابراین با توجه به رعایت pH مناسب می‌توان انتظار داشت مجموع پوآن‌های کیفی محصول تولیدی بهتر شود و

Archive of SID

www.SID.ir

از نزول بیش از حد pH اجتناب کرد که تأیید تحقیقات قبلی در این خصوص می‌باشد (Schaffler *et al.*, 2002).

در نمودار ۳ هر چقدر بریکس شربت خام بالاتر باشد زمان مورد نیاز جهت فرآیند اواپراسیون کوتاهتر خواهد شد لذا انتظار می‌رود کیفیت شربت حاصل از اواپراسیون مطلوب‌تر بوده و بنابراین مجموع پوآن‌های محصول شکر سفید پایین باشد که موید کیفیت مطلوب‌تر محصول تولیدی است.

با استفاده از سه پارامتر بالا بهترین مدلی که معنادار باشد و پیش بینی را انجام دهد به فرم زیر می‌باشد:

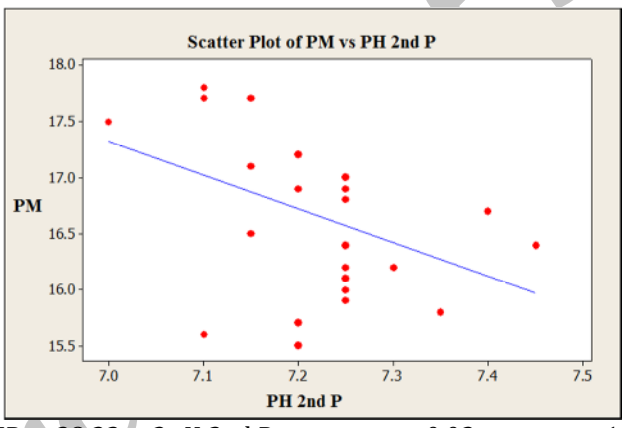
$$MP = 38.8 - 2.35\, pH_{(2ndP)} - 0.23\, BX_R + 0.109\, PM$$

که $R - sq_{adj}$ آن ٪۴۴/۴ می‌باشد که به دلیل پایین بودن قابل اتکا نیست.

برای رسیدن به مدل با کارایی بیشتر خودهمبستگی مجموع پوآن را نیز در نظر گرفته که مدل نهایی بصورت زیر اصلاح گردیده است:

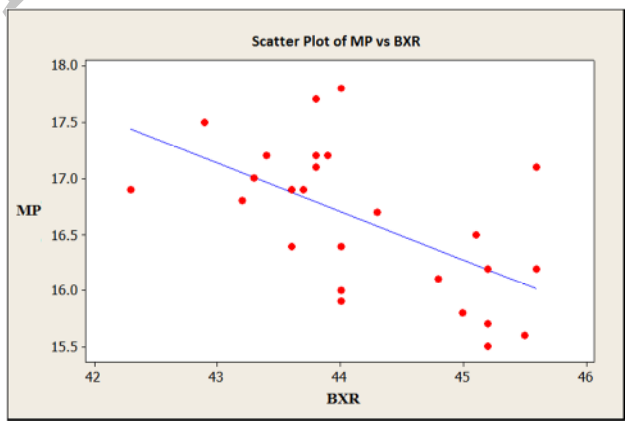
$$MP = 29.5 - 2.03\, pH_{(2nd\,P)} - 0.28\, BX_R + 0.106\, PM + 0.557 MP_4$$

که دارای $R - sq_{adj}$ ٪۷۴/۵ می‌باشد و در صنعت می‌توان از نتایج آن استفاده کرد کیفیت شکر به وسیله ۳ عامل رنگ، رنگ ظاهری و خاکستر سنجیده می‌شود که مجموع این ۳ عامل معرف کیفیت نهایی شکر است که مجموع پوآن نام دارد. طبق بررسی‌های انجام شده بین پارامترهای مراحل مختلف مجموع پوآن با pH پخت۲، قند ملاس و بریکس شربت رقیق رابطه دارد و همچنین به دلیل پیوسته بودن فرآیند مجموع پوآن با مجموع پوآن شکر ۴ دوره قبل رابطه دارد.



$MP = 38.32 - 3pH$ 2nd P $\quad p_{value} = 0.03 \quad r_{sq(adj)} = 14.3\%$

نمودار ۲- رابطه بین مجموع پوآن pH پخت دوم



$MP = 35.7 - 0.431$ BXR $\quad p_{value} = 0.002 \quad R_{Sq(adj)} = 31.8\%$

نمودار ۳- رابطه بین مجموع پوآن و بریکس رقیق

Archive of SID

www.SID.ir

با استفاده از مدل بالا می‌توان اطلاعات ذیل را حاصل کرد:

۱. کشف اینکه در چه مکان‌هایی از فرآیند به کنترل احتیاج است (در فاز اول اقدام به شناسایی پارامترهای مهم فرآیند گردید).

۲. کشف این مسأله که انحرافات با دلیل در کدام قسمت فرآیند رخ می دهد (اگر یکی از پارامترهای مهم فرآیند خارج از کنترل باشند).

۳. هر زمانی که در فرآیند ضمن تولید متوجه شدیم که فرآیند خارج از کنترل است با اقدام اصلاحی از تولید شکر کم کیفیت جلوگیری کنیم (با در دست داشتن مدل رگرسیونی مجموع پوآن می‌توان پارامترهای فرآیند را طوری تنظیم کرد که شکر تولیدی بهترین کیفیت را داشته باشد) که این امر در فرآیندهای پیوسته مانند فرآیند تصفیه شکر حیاتی می‌باشد.

بحث

در سده اخیر با توجه به رقابتی شدن بازار، تولید کنندگان تحت فشار بازار مجبور هستند همه روزه کیفیت محصولات خود را ارتقاء بدهند تا بتوانند در بازار مانده 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 نیل به اهدافشان کمک کنند. بسیاری از محصولاتی که در دهه‌های اخیر تولید می شوند حاصل فرایندهای چند مرحله‌ای هستند که در آن‌ها خاصیت آبشاری وجود دارد به این معنا که عملکرد فرایند در یک مرحله خاص تحت تاثیر عملکرد فرایند در مراحل پیش از آن قرار دارد و به عبارت 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، روش دیگر استفاده شده برای کنترل کیفیت این فرآیندها استفاده از نمودار T- square می‌باشد که مستلزم اینست که همه پارامترهای فرایند دارای توزیع نرمال باشند همچنین در این نمودارها زمانی که سیگنال "خارج از کنترل" داده می‌شود تعیین اینکه کدام مولفه های فرایند خارج از کنترل هستند دشوار می‌باشد که همین امر خصوصاً در سیستم های پیوسته که امکان توقف خط تولید وجود ندارد کارایی استفاده از این نمودارها را به شدت کاهش می‌دهد. برای کنترل کیفیت این فرآیند باید نمودار کنترل پارامترهای مشخصه‌های کیفی شناسایی شده رسم شود در صورتی که همه پارامترهای فرآیند تحت کنترل بوده ولی مشخصه کیفی محصول (مجموع پوان) خارج از کنترل باشد انحراف معناداری رخ نداده است و ماهیت فرآیند مجموع پوان را خارج از کنترل کرده که با سیستم فوق قادر به تشخیص آن نیستیم اما مزیت این روش در اینست که می‌توان با کنترل پارامترهای فرایند و تنظیم سایر پارامترهای فرآیند در مدل با اقدام اصلاحی از تولید محصول معیوب جلوگیری کرد که این امر با توجه به پیوسته بودن خط تولید و عدم امکان متوقف کردن خط، بهره‌وری را به شدت افزایش می‌دهد.

روش آماری استفاده شده در این مقاله روش مبتنی بر نمودار علت – معمولی (cause - selecting) است که با توجه به ماهیت فرایند و افزایش کارایی مدل پیش بینی، خود همبستگی بین مشخصه کیفی محصول نیز در نظر گرفته شده است.

مزایای این روش عبارتند از :

۱- اطلاعات تشخیصی راجع به موضوعی که در آن فرآیند بعدی خارج از کنترل است را پیش بینی می‌کند.

۲- می تواند رابطه پیچیده‌ای {حتی غیر خطی} بین متغیرها برقرار کند.

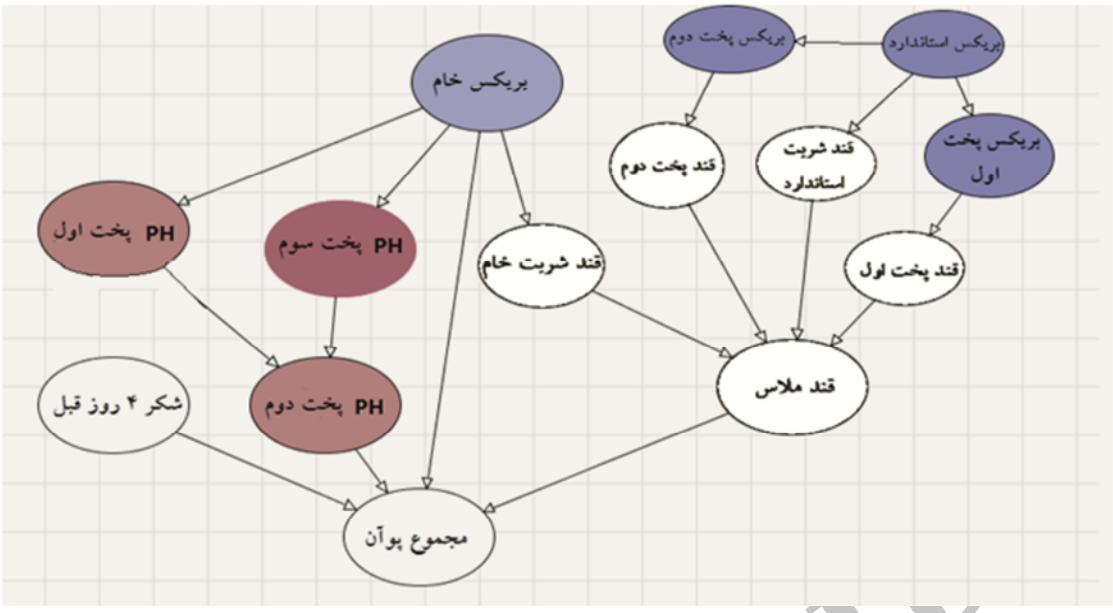
۳- خطوط هشدار اشتباه تاثیری از اندازه نمونه گرفته شده نمی گیرد.

۴- تغییر در میانگین متغیرها تاثیری بر خطوط رد ندارد.

با توجه به مدل حاصل از تحلیل رگرسیونی با داده‌های خود همبسته شبکه بیزین خط تصفیه شکر خام در شکل ۲ پیشنهاد می گردد.

شبکه بالا برای خط تولید شکر سفید از شکر خام رسم شده است. روابط آماری استفاده شده در این شبکه با استفاده از رگرسیون و به کمک داده‌های تولید ۱ ماه کارخانه به دست آمده‌اند. هدف از رسم این شبکه جلوگیری از تولید محصول با کیفیت پایین در حین عملیات تولید است به این ترتیب که در حین تولید، تولید محصول بی‌کیفیت را پیش‌بینی کنیم و اقدام اصلاحی انجام دهیم. استفاده از شبکه‌های بیزین نسبت به روشهای معمول در

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲- شبکه بیزین خط تصفیه شکر خام

کنترل کیفیت اینست که روابط موجود بین متغیرهای داخل فرآیند را از بین می برد و در نتیجه برای پیش‌بینی روش بهتری می‌باشد. همچنین با توجه به خاصیت آبشاری فرآیند در دراز مدت می توان علل خرابی‌ها را پیدا کرد.

نتیجه گیری

در این مقاله یک سیستم کنترل کیفیت خاص برای فرآیند تصفیه شکر طراحی شده است که بر مبنای روابط علت و معلولی و در نظر گرفتن داده‌های خودهمبسته (با توجه به ماهیت فرآیند) می‌باشد. برای رسیدن به مدلی که بتواند مشخصه کیفی محصول را براساس پارامترهای فرآیند پیش‌بینی کند ابتدا اقدام به شناسایی پارامترهای مهم فرآیند شد. سپس با استفاده از نرم افزار $minitab$ و روش تحلیل رگرسیونی یک مدل برای پیش بینی کیفیت محصول با استفاده از پارامترهای شناسایی شده طراحی شد.

منابع

بی نام. (۱۳۹۱). گزارش مجمع عمومی عادی سالیانه سال ۱۳۹۰ انجمن صنعتی کارخانه های قند و شکر ایران.

بی نام. (۱۳۷۴). موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ویژگی های شکر، استاندارد شماره ۶۹.

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 .

Rein, P. (2007). Cane Sugar engineering by Albert Bartens, pp 496-534.

Shu, L. & Tsung, F. (2003). On multistage statistical process control, Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineering 20. pp1-8.

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.

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.

Wade, M. R. & Woodall, W. H. (1993). A review and analysis of cause-selecting control charts, Journal of Quality Technology, 25(3), 161-169.

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.

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.

Archive of SID

www.SID.ir