

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



انتشارات، شماره ۶۵۵

کنترل کمی و کیفی و موازنه مواد در صنایع تولید قند و شکر

تألیف:

دکتر خلیل بهزاد

عضو هیات علمی دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر مصطفی شهیدی نوقابی

عضو هیات علمی پژوهشکده علوم و صنایع غذایی

دکتر محمد الهی

عضو هیات علمی دانشگاه فردوسی مشهد

سرشناسه:	بهزاد، خلیل، ۱۳۲۳ -
عنوان و نام پدیدآور:	کنترل کمی و کیفی و موازنه مواد در صنایع تولید قند و شکر /
مشخصات نشر:	تألیف خلیل بهزاد، مصطفی شهیدی نوقابی، محمد الهی.
مشخصات ظاهری:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۵.
فروست:	۱۸۴ ص: جدول.
شابک:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۶۵۵. (ISBN: 978-964-386-330-2)
وضعیت فهرست نویسی:	فیا.
یادداشت:	کتابنامه.
موضوع:	قند و شکر -- تولید و تصفیه.
موضوع:	Sugar--Manufacture and refining
موضوع:	قند و شکر -- تولید و تصفیه -- کنترل کیفی.
موضوع:	Sugar--Manufacture and refining--Quality control
شناسه افزوده:	شهیدی نوقابی، مصطفی.
شناسه افزوده:	الهی، محمد، ۱۳۴۹ -
شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد.
رده رکنگ:	۱۳۹۵ ک ۹ ب / ۳۷۷ TP
ه بندی:	۶۶۴/۱۱۷
شابک:	۴۲۲۱۹۶۶



انتشارات، شماره ۶۵۵

کنترل کمی و کیفی و موازنه مواد - صنایع تولید قند و شکر

تألیف

دکتر خلیل بهزاد - دکتر مصطفی شهیدی نوقابی - دکتر محمد الهی

ویراستار علمی

دکتر محمد حسین حداد خداپرست

وزیری، ۱۸۴ صفحه، ۱۰۰۰ نسخه، چاپ اول، تابستان ۱۳۹۵

امور فنی و چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

بها: ۱۰۰۰۰۰ ریال

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد،

سازمان مرکزی، جنب سلف سرویس یاس، تلفن: ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)

مؤسسه کتابیران: تهران، میدان انقلاب، خیابان نصرت، خیابان دکتر قریب، رسیده به خیابان

فرست، پلاک ۷ - تلفن: ۱۵-۶۶۵۶۶۵۱۰ (۰۲۱)

مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منبری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری،

شماره ۱۴۲ - تلفاکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰-۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

Email: fum.publication@yahoo.com

فهرست مطالب

۷	پیشگفتار.....
۱۱	فصل - روش های کنترل تولید.....
۱۱	۱- روش های کنترل خط تولید.....
۱۱	۱-۱- کنترل از طریق انجام آزمایش ها.....
۱۱	۱-۱-۱- نمونه برداری.....
۱۲	۱-۱-۲- دقت و صحت آزمایش ها و روش مؤثر بر آن.....
۱۵	۱-۲- رابطه بین آزمایشگاه و تولید.....
۱۵	۱-۳- کنترل تولید از طریق ثبت ادوات کنترل نظیر دما و فشار در بخش های مختلف.....
۱۵	۱-۴- کنترل خط تولید از طریق مشاهده.....
۱۶	۱-۵- کنترل خط تولید از طریق ثبت تولید و توقفها در دفاتر محاسبه.....
۱۶	۱-۶- کنترل خط تولید از طریق آمار عملکرد دهها و کل.....
۱۷	۲- وظایف مهندسان تولید.....
۱۸	۲-۱- رفع گلوگاه ها.....
۱۹	۲-۲- جلوگیری از نوسانات ظرفیت.....
۱۹	۳- متغیرهای مؤثر بر کیفیت تولید.....
۱۹	۳-۱- کیفیت چغندر قند.....
۲۰	۳-۱-۱- عوامل مؤثر بر کیفیت چغندر در مزرعه.....
۲۱	۳-۱-۲- ارزیابی چغندر قند در کارخانه.....
۲۳	۳-۱-۳- روش ارزیابی کیفیت چغندر از طریق فرمول.....
۲۷	۳-۲- تأثیر متغیرهای مختلف بر کیفیت چغندر قند.....
۲۷	۳-۲-۱- اثر قلیایی های طبیعی و آلفا آمینو ازت بر تشکیل ملاس.....
۲۸	۳-۲-۲- اثر قلیایی های طبیعی بر ضریب قلیایی (Alk) و فرایند تولید.....
۲۸	۳-۲-۳- اثر آلفا آمینو ازت بر فرایند تولید.....
۲۹	۳-۲-۴- اثر رافینوز بر کیفیت چغندر و اثر آن در فرایند تولید.....
۲۹	۳-۲-۵- تأثیر میکروارگانیزم ها بر کیفیت چغندر ذخیره شده و اثر آن در فرایند تولید.....
۳۳	۳-۲-۶- تأثیر عیار و درصد افت بر فرایند تولید.....
۳۷	۳-۲-۷- تأثیر سیلو کردن چغندر بر کیفیت چغندر و اثر آن بر فرایند تولید.....
۳۸	۳-۳- تأثیر کنترل مراحل مختلف تولید قند و شکر بر بازده و کیفیت محصول.....
۳۸	۳-۳-۱- کنترل سیلو.....
۳۹	۳-۳-۱-۱- ارتفاع چغندر سیلو شده.....
۴۱	۳-۳-۱-۲- رطوبت نسبی.....

۴۱	۳-۳-۱-۱-۱-۳- صاف بودن سطح چغندرهای سیلو شده
۴۱	۳-۳-۱-۱-۱-۴- درجه‌بندی کردن
۴۱	۳-۳-۱-۱-۱-۵- پر بودن سیلو
۴۲	۳-۳-۱-۱-۱-۶- ایجاد شبنم در سیلو
۴۲	۳-۳-۱-۱-۱-۷- ارتفاع دیواره سیلو
۴۲	۳-۳-۱-۱-۱-۸- شکستگی چغندر
۴۴	۳-۳-۲- کنترل مرحله خلال گیری
۴۴	۳-۳-۳- کنترل مرحله شربت گیری (دیفوزیون)
۵۰	۳-۳-۴- کنترل مراحل تصفیه شربت
۵۰	۳-۳-۵- کنترل آهک خور اول
۵۳	۳-۳-۶- کنترل آهک خور دوم (اصلی)
۵۴	۳-۳-۷- کنترل کربناتاسیون اول
۵۴	۳-۳-۸- کنترل کربناتاسیون دوم
۵۴	۳-۳-۹- کنترل ته نشینی و صاف کردن (خصوصیات گل تشکیل شده)
۵۵	۳-۳-۱۰- کنترل پرس‌های ممبران و گل کریناته
۵۷	۳-۳-۱۱- کنترل شربت رقیق
۵۷	۳-۳-۱۲- کنترل شربت غلیظ
۵۹	۳-۳-۱۱- کنترل کیفی کربناتاسیون
۶۲	۳-۴- موازنه رنگ در تولید قند و شکر
۶۲	۳-۴-۱- موازنه رنگ در تولید شکر
۶۳	۳-۴-۲- موازنه رنگ در تولید شکر
۷۰	۳-۴-۳- موازنه رنگ در تولید شکر
۷۳	۴- مشخصات کیفی چغندر و شربت و بررسی عوامل مؤثر بر آن
۷۳	۴-۱- چغندر قند
۷۳	۴-۱-۱- بعضی مشخصات کیفی
۷۳	۴-۱-۲- عوامل تعیین کننده کیفیت
۷۴	۴-۱-۱- کاشت، داشت، برداشت چغندر
۷۶	۴-۱-۲- عوامل مؤثر در نگهداری چغندر بر سیاه
۷۸	۴-۱-۳- وضعیت چغندر
۷۹	۴-۲- اثر کیفیت چغندر بر کارایی تولید
۸۱	۴-۳- اثر عوامل تکنولوژیکی بر کیفیت شربت و شکر تولیدی
۸۴	آهک خور اول
۸۴	عوامل مؤثر در آهک خور اول
۸۵	مشخصات کیفی شربت خروجی از آهک خور اول
۸۵	تصفیه شربت و مصرف انرژی
۸۵	آهک‌خور دوم (اصلی)
۸۶	عوامل مؤثر در آهک خور دوم
۸۶	کربناتاسیون اول
۸۷	عوامل مؤثر در کربناتاسیون اول
۸۷	مشخصات کیفی شربت خروجی از کربناتاسیون یک
۸۸	کربناتاسیون دوم
۸۸	عوامل مؤثر در کربناتاسیون دوم
۸۸	مشخصات کیفی شربت خروجی از کربناتاسیون دوم
۸۸	سولفیتاسیون
۸۸	عوامل مؤثر در سولفیتاسیون
۸۹	اوپراسیون
۸۹	عوامل مؤثر در اوپراسیون
۸۹	مشخصات کیفی شربت خروجی از اوپراسیون
۸۹	متغیرهای مؤثر در مصرف انرژی در اوپراتور

فصل ۲ - موازنه مواد و کنترل کمی کارخانه‌های قند..... ۹۱

- ۱- مقدمه ۹۱
- ۲- اصول محاسبات مواد در جریان و شماها ۹۴
- ۳- بخش دیفیوزیون ۱۰۴
- ۳-۱ محاسبه مقدار شربت خام یا کشتش دیفیوزیون ۱۰۵
- ۳-۱-۱ با استفاده از داده‌های تفاله پرس شده ۱۰۶
- ۳-۱-۲ با استفاده از موازنه ساکارز ۱۰۶
- ۳-۱-۳ با استفاده از موازنه جرم ۱۰۶
- ۳-۱-۴ با استفاده از درصد خلوص ۱۰۶
- ۳-۱-۵ با استفاده از ماده خشک ۱۰۷
- ۳-۲ محاسبه مقدار تفاله پرس شده ۱۰۷
- ۳-۲-۱ با استفاده از موازنه ساکارز و ماده خشک ۱۰۷
- ۳-۲-۲ با مشخص بودن مقدار مارک ۱۰۷
- ۳-۲-۳ با استفاده از موازنه ساکارز ۱۰۸
- ۳-۲-۴ در صورت معلوم بودن مقدار خلال قند گرفته شده (تفاله تر) ۱۰۸
- ۳-۲-۵ با استفاده از موازنه ماده خشک ۱۰۸
- ۳-۳ محاسبه مایع غندی ۱۰۹
- ۳-۳-۱ با موم بودن مقدار تفاله پرس شده ۱۰۹
- ۳-۳-۲ با استفاده از موازنه ماده خشک و ساکارز ۱۰۹
- ۳-۳-۳ با استفاده از موازنه ساکارز ۱۰۹
- ۳-۳-۴ با استفاده از درصد خلوص ۱۰۹
- ۳-۴ محاسبه مقدار قند استخراج شده ۱۱۰
- ۳-۴-۱ با استفاده از موازنه ساکارز ۱۱۰
- ۳-۴-۲ با استفاده از درصد خلوص ۱۱۰
- ۳-۴-۳ با استفاده از موازنه ساکارز و ماده خشک ۱۱۰
- ۳-۵ محاسبه مقدار خلال قند گرفته شده (تفاله تر) ۱۱۱
- ۳-۵-۱ با استفاده از ماده خشک در صورت مشخص بودن مقدار تفاله پرس شده ۱۱۱
- ۳-۵-۲ با استفاده از ساکارز در صورت مشخص بودن مقدار تفاله پرس شده ۱۱۱
- ۳-۵-۳ با استفاده از مقدار ماده خشک و ساکارز ۱۱۱
- ۳-۶ محاسبه مقدار آب تفاله حاصل از پرس ۱۱۱
- ۳-۶-۱ با توجه به معلوم بودن تفاله تر و تفاله پرس شده ۱۱۲
- ۳-۶-۲ با استفاده از ساکارز ۱۱۲
- ۳-۶-۳ با استفاده از ماده خشک ۱۱۲
- ۳-۶-۴ با استفاده از ماده خشک، در صورت معلوم بودن مقدار تفاله پرس شده ۱۱۲
- ۳-۶-۵ با استفاده از ساکارز، در صورت معلوم بودن مقدار تفاله پرس شده ۱۱۲
- ۳-۷ محاسبه مقدار آب تازه لازم ۱۱۳
- ۳-۸ محاسبه مواد غیر قندی استخراج شده ۱۱۳
- ۴- تفاله خشک ۱۱۵
- ۴-۱ مقدار تفاله خشک تولیدی ۱۱۵
- ۴-۲ مقدار آب تیخیر شده ۱۱۵
- ۴-۳ مقدار تفاله ملاس رده شده ۱۱۶
- ۴-۴ مقدار ملاس اضافه شده ۱۱۶
- ۵- تصفیه شربت ۱۱۶
- ۵-۱ ضریب تصفیه ۱۱۷
- ۵-۲ تولید شیر آهک ۱۱۸
- ۵-۳ موازنه مواد در تصفیه شربت ۱۲۰
- ۵-۴ محاسبه مقدار گل برگشتی ۱۲۱
- ۵-۵ محاسبه میزان CO_2 استفاده شده ۱۲۲
- ۵-۶ میزان گل کربناتاسیون تشکیل شده ۱۲۳
- ۵-۷ محاسبه مقدار آب شیرین ۱۲۳

- ۵-۸- میزان تغلیظ گل ۱۲۴
- ۵-۹- محاسبه میزان سود یا سودا اضافه شده به شربت ۱۲۵
- ۵-۱۰- محاسبه مقدار شیر آهک مصرف شده در آهک خور اول ۱۲۶
- ۵-۱۱- محاسبه مقدار شیر آهک مصرف شده در آهک خور اصلی ۱۲۶
- ۵-۱۲- محاسبه مقدار گل تشکیل شده در کریستالیزاسیون اول ۱۲۷
- ۵-۱۳- محاسبه مقدار آب شیرین ۱۲۷
- ۵-۱۴- محاسبه مقدار گل تشکیل شده در کریستالیزاسیون دوم ۱۲۷
- ۵-۱۶- محاسبه مقدار آب شیرین ۱۲۷
- ۶- محاسبات اواپراسیون ۱۲۸
- ۶-۱- محاسبه شربت غلیظ ۱۲۸
- ۶-۲- محاسبه مقدار آب تبخیر شده ۱۲۸
- ۷- محاسبات کریستالیزاسیون (طبّاحی) ۱۲۹
- ۸- محاسبات تکمیلی ۱۴۳
- ۸-۱- تعیین مقدار آب تبخیر شده ۱۴۳
- ۸-۲- مقدار کریستال تولیدی در هر یخت ۱۴۳
- ۸-۳- محاسبه تعداد آپارات لازم در هر قسمت از کریستالیزاسیون ۱۴۴
- ۸-۴- محاسبه زمان سلفتریفوز لازم ۱۴۵
- ۸-۵- محاسبه حر بدست آمده یا بازده سلفتریفوز ۱۴۵
- ۸-۶- محاسبه مقدار آب تازه شده به پخت آخر در سرد کننده (رفریژانت) ۱۴۶
- ۸-۷- محاسبه قند بری از ملاس ۱۴۷
- ۸-۸- محاسبه مقدار شکر باقی مانده استحصال شده ۱۴۹
- ۸-۹- محاسبه حجم ملاس ۱۵۲
- ۸-۱۰- تعیین مقدار قند در جریان هر قسمت کریستالیزاسیون (طبّاحی) ۱۵۶
- ۸-۱۱- تعیین نسبت قند به موازنه بندی ۱۵۷
- ۸-۱۲- تعیین نسبت قند به خاکست ۱۵۸
- ۸-۱۳- محاسبه مقدار شکر استحصالی ۱۵۸
- ۸-۱۴- تعیین ضایعات ۱۶۵
- ۸-۱۵- محاسبه بازده برای کارخانه‌هایی که همراه جود قند خام کار می‌کنند ۱۶۶
- ۹- دستورالعمل تهیه گزارش ده روزه یا عملکرد کارخانه ۱۶۹
- منابع ۱۷۷

پیشگفتار

یکی از موارد مهم که در آینده نه چندان دور می‌تواند، بسیاری از مسائل را حل نموده و بدین طریق وابستگی صنعتی را به خارج از کشور قطع نماید ایجاد ارتباط بین دانشگاه و صنعت است. شکوفایی صنعت در کشورهای پیرامون صنعت، مرهون ارتباط نزدیک دانشگاه با صنعت بوده، به طوری که صاحبان صنایع با ایجاد ارتباط مستقیم با دانشگاه و با طرح مسائل جدید، زمینه را برای تحقیقات جدید فراهم می‌آورند و صنعت با استفاده از پژوهش‌های انجام یافته، کیفیت و بازده تولید را افزایش می‌دهد. امروزه شعار صنعت در کشورهای پیشرفته افزایش کیفیت، بازده و کاهش ضایعات و قیمت تمام شده می‌باشد. کشورهای که شعار مذکور را وجه همت خود قرار داده و صنایع خود را منطبق با علوم و تحقیقات جدید تجهیز می‌کنند، می‌توانند ادعای رقابت با محصولات مشابه خود را در دنیا داشته باشند. تجربه نشان داده است صنایعی که سالیان دراز متحول نشده و با همان علوم و فنون قدیم و بدون تحقیقات علمی و کاربردی به کار خود ادامه داده‌اند، دچار رکود اقتصادی شده‌اند که از آن جمله می‌توان به صنایع شوربای، وپای شرقی، که در نهایت فروپاشی آنها را در پی داشت، اشاره کرد.

یکی از صنایعی که در ایران، سالیان دراز بدون تغییر و تحول باقی مانده است، صنعت قند می‌باشد. با توجه به این که کنترل تولید و محاسبات در صنعت قند، از اهمیت زیادی برخوردار است، لذا به کارگیری مطالب کتاب حاضر، می‌تواند راهگشای تولیداتی در صنعت قند با بیشترین کیفیت و کمترین قیمت تمام شده باشد. برای نیل به این هدف، لازم است که مهندسان تولید نه تنها به فناوری مسلط باشند، بلکه از اقتصاد صنعتی و محاسبه قیمت تمام شده نیز مطلع باشند.

از آنجایی که در صنعت قند حدود ۷۰ درصد قیمت تمام شده محصول مربوط به ماده اولیه بوده و بقیه آن در رابطه با هزینه‌های سوخت، دستمزد، مواد کمکی و مصرفی، برق، تعمیرات، استهلاک و نظایر آن است، بنابراین افزایش استحصال، کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت محصول

و توجه به عوامل مؤثر در هر کدام از اهمیت زیادی برخوردار است. تأثیر عوامل مذکور بر قیمت تمام شده و کیفیت محصول، ثابت و یکسان نمی باشد. به عنوان مثال، کیفیت چغندر به عواملی نظیر عیار (درصد قند خلال)، سدیم، پتاسیم، آلفا آمینو اسید وابسته بوده و استحصال در خط تولید متأثر از کیفیت چغندر می باشد. علاوه بر این، مدت زمان صرف شده از برداشت چغندر تا تحویل به کارخانه، شرایط نگهداری چغندر در سیلو و توجه به عوامل مؤثر در فرایند نیز از عواملی هستند که تأثیر گسترده ای بر کیفیت و کمیت محصول می گذارند. با توجه به موارد فوق این نتیجه حاصل می شود که اعمال کنترل های لازم از لحظه برداشت تا تحویل به کارخانه و از بدو ورود به کارخانه تا تولید محصول نهایی و عرضه به بازار هم از لحاظ تولید محصول با کیفیت و هم از لحاظ اقتصادی بودن تولید آن، از اهمیت بالایی برخوردار است. برای کنترل خط تولید، عوامل مؤثر بسیاری وجود دارد که برای تولید محصول مناسب، توجه به هر یک از آنها لازم و ضروری است و هر گونه بی توجهی به این عوامل منجر به کاهش استحصال و کیفیت خواهد شد. به عبارت دیگر، وظیفه تکنولوژیست، ابداع و حفظ شرایط بهینه در خط تولید است.

محاسبات فنی جهت استخراج ارنش قندسازی، بر پایه نتایج آزمایش های انجام گرفته در آزمایشگاه کنترل تولید انجام می پذیرد. لذا نمونه برداری صحیح از خط تولید و انجام آزمایش های صحیح و دقیق از اهمیت بالایی برخوردار است. برای انجام محاسبات فنی لازم است که نمونه برداری از قسمت های مختلف خط تولید نظیر ماده خام ورودی (خلال چغندر یا نیشکر خرد شده)، شربت ها، پخت ها، شکرها (سفید، زرد، خام)، پساب ها، ملاس و محصول نهایی تولیدی (تفاله خشک یا باگاس) انجام پذیرد. تنها در صورتی می توان به مؤثر بودن کنترل فرایند تولید بر کیفیت و بازده محصول امید داشت که اعداد و نتایج آزمایش های انجام شده از صحت و دقت لازم برخوردار باشند.

کتاب حاضر در دو فصل روش های کنترل تولید و موازنه مواد در صنعت قند نگارش شده است که می تواند کمک شایانی در کاهش ضایعات و افزایش استحصال و کیفیت در واحدهای تولیدی قند و شکر کشور باشد، چرا که با وجود قدمت بیش از صد ساله این صنعت در ایران، هنوز استحصال برخی از کارخانه های قند مورد سؤال است. از این رو امید است که این مجموعه بتواند کمکی هر چند اندک در پیشبرد این صنعت باشد و برای دانشجویان و محققان مفید واقع گردد.

لازم به ذکر است برای تدوین روش های محاسباتی در صنعت قند، منابع معتبر بسیار اندکی در دسترس بوده و با توجه به اینکه اصول این محاسبات بر اساس موازنه جرم در اصول مهندسی صنایع غذایی استوار است، لذا هدف این مجموعه ارائه روش های متداول مورد استفاده برای محاسبه مواد در صنعت قند به همراه مثال هایی می باشد که از کتاب های معتبر در زمینه صنعت قند

استخراج گردیده است. بدیهی است علی رغم تلاش‌های فراوان، مولفان کتاب حاضر را عاری از اشکال ندانسته و از تمامی فرهیختگان محترم تقاضا می‌شود با بیان نظرات ارزنده خود ما را در بهبود هر چه بیشتر کتاب در چاپ‌های بعدی یاری رسانند.

خلیل بهزاد

مصطفی شهیدی نوقایی

محمد الهی

دانشگاه فردوسی مشهد. پاییز ۱۳۹۴

www.ketab.ir