نشریه پژوهشهای صنایع غذایی ایران، سال ۱۳۸۸، جلد۵، شماره ۱، ص ۵۷-۶۲

بررسی تصفیه آب حاصل از شستشوی گاز در لاور و پمپ های گاز CO_2 کارخانه های قند با استفاده از شیر آهک

روح الله بهزاد[۱]، خلیل بهزاد[۲]، مصطفی مظاهری تهرانی[۳] و مصطفی شهیدی نوقابی[۴*]

تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۲۶ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۱۹

چکیده

یکی از مهمترین قسمت های ایجاد فاضلاب و آلودگی کارخانجات قند، آب شستشوی گاز Co_2 در کوره های آهک مازوت سوز و پمپ های مرتبط با آن می باشد. مقدار مصرف آب در این بخش در حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد وزن چغندر است که از نظر مقدار، قابل توجه است. مخلوط شدن دوده با آب ایجاد کلوئید در فاز مایع می کند که به سادگی قابل جداسازی نمی باشد. این آب به دلیل سیاه بودن در قسمت های بعدی قابل استفاده نیست. در این پژوهش به منظور تصفیه این فاضلاب از شیر آهک استفاده شد. نمونه فاضلاب از دو کارخانه قند تربت حیدریه و جوین تهیه شد. شیر آهک به صورت مستقیم به این فاضلاب اضافه شد و رابطه بین pH با مقدار شیرآهک، سرعت ته‌شینی دوده، حجم لجن و درصد انعقاد مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که همبستگی بالایی بین میزان شیرآهک و پارامترهای تعیین شده وجود داشته و می توان بر اساس معادلات به دست آمده سرعت ته نشینی دوده، حجم لجن و درصد انعقاد را برآورد نمود. همچنین مشخص شد که در pH =۱۱/۶۵ می توان دوده را کاملا از آب خارج، و آب شفاف و زلالی به دست آورد.

واژه های کلیدی: تصفیه فاضلاب، کارخانه قند، کوره های آهک مازوت سوز

مقدمه

برای تصفیه شربت در کارخانه های قند، از آهک و گاز حاصل از تکلیس سنگ آهک استفاده می شود. سنگ آهک در اثر مجاورت با انرژی گرمایی حاصل از سوختن ترکیباتی نظیر کک، مازوت و یا گاز طبیعی ، تولید گازی می کند که ترکیبی از گازهای Co_2, Co, O_2, N_2 و نیز اجسامی نظیر گرد و غبار و دوده است. درصد این مواد ثابت نبوده و بسته به نوع سوخت مصرفی ، روش و نوع تکنولوژی متفاوت است. گزارش کینمو و همکاران حاکی از آن است که چنانچه آهک و یا سنگ آهک مرطوب باشد، به همراه گاز مقداری بخار آب نیز وجود خواهد داشت (۵). همچنین چنانچه گرمای مورد نیاز تکلیس سنگ آهک از طریق سوختن مازوت تأمین شود، وجود دوده همراه گاز خروجی از کوره اجتناب ناپذیر است. دمای گازهای خروجی از کوره آهک $100^{o}C$ است، لیکن دمای این گازها در اکثر کوره های آهک مازوت سوز حدود $350^{o}C$ است. این گازها بوسیله آب در لاور شسته شده و از طریق پمپ گاز به کربناتاسیون هدایت می شود (۵ و ۱۴).

یکی از عمده ترین فاضلاب ها در کارخانه های قند،

۱- دانشجوی دکترای محیط زیست دانشگاه پوناهند

۲و۳- استادیاران گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشجوی دوره دکتری گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(*- نویسنده مسئول: Email: Shahidi_mostafa@yahoo.com)

آب شستشوی گاز، در لاور و نیز پمپ های گاز می باشد. لاور برای شستشو و کاهش دمای گاز به کار می رود و ساختار پمپ های گاز کوره آهک به طریقی طراحی شده است که مکش و رانش گاز بوسیله آبی که وارد پروانه های پمپ می شود، انجام می گیرد و به این طریق گاز به دوده آغشته می شود. دوده در فاز مایع ماده به حالت کلوئید در می آید که در این حالت به سادگی قابل ترسیب و جداسازی نخواهد بود. به علت تأثیر منفی این ترکیب روی فرآیند و کیفیت محصول، مصرف مجدد این آب در سایر بخش های کارخانه مقدور نیست و لذا این آب مستقیماً وارد فاضلاب کارخانه می شود. چون حجم این فاضلاب نسبتاً زیاد است، لذا باعث افزایش حجم فاضلاب و بالارفتن هزینه های طراحی و ساخت تصفیه خانه می شود. در خصوص کاهش مصرف آب در صنعت قند تحقیقاتی انجام گرفته است که در ادامه به برخی از مهمترین آنها اشاره می شود.

کولاچ در سال ۱۹۸۰ آلودگی‌های مهم و قوانین مربوط به فاضلاب را تشریح نموده است (۶). کامپف در سال ۱۹۸۰ بیلان مصرف آب را در نقاط مختلف خط تولید و استفاده چندگانه و مجدد از فاضلاب و روش تصفیه آن را بیان نموده است (۴). مقدار آب مصرفی پمپ های گاز بوسیله ورنر (۱۵)، اشنایدر (۱۴) و آتورنکلکتیو (۱) ، در لاور بین ۳/۵ تا ۱۲ و در پمپ های گاز بین ۱۵ تا ۲۰ درصد و جمعاً حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد نسبت به چغندر مصرفی برآورد گردیده است. به عنوان مثال اگر مصرف چغندری در کارخانه قند در سال ۲۰۰۰۰۰ تن در نظر گرفته شود، در این صورت حجم فاضلاب حاصل از شستشو و پمپ های گاز بین ۶۰ تا ۷۰ هزار متر مکعب می شود که با توجه به محدود بودن دوران ۱۰۰ تا ۱۲۰ روزه بهره برداری حجم فاضلاب قابل توجهی را تشکیل می دهد.

به منظور کاهش مصرف آب و کاهش حجم فاضلاب تولیدی کارخانه های قند و به عبارت دیگر، استفاده بهینه از آب، تحقیقاتی در زمینه جداسازی ذرات ریز دوده از فاضلاب لاور و پمپ های گاز کوره آهک در کارخانه قند تربت حیدریه در سال ۱۳۸۲آغاز شد. از آنجائیکه تا کنون تحقیقاتی در این خصوص انجام نشده بود، لذا اطلاعات و منابع قابل توجهی در دسترس قرار نداشت. به همین علت برای جداسازی دوده و بازیافت این مقدار آب که در سطح ایران در حدود ۱۵۰۰۰۰۰ متر مکعب است، مواد افزودنی مختلفی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج آزمایشات اولیه نشان داد که دوده از طریق آهک قابل جداسازی می باشد. لذا در مرحله بعد شرایط و سرعت جداسازی دوده از آب با استفاده از شیر آهک مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این پژوهش بهینه سازی شرایط تصفیه آب حاصل از شستشوی گاز در لاور و پمپ های گاز CO_2 کارخانه های قند با استفاده از شیر آهک، به منظور کاهش مصرف آب و کاهش حجم فاضلاب کارخانه های قند می باشد.

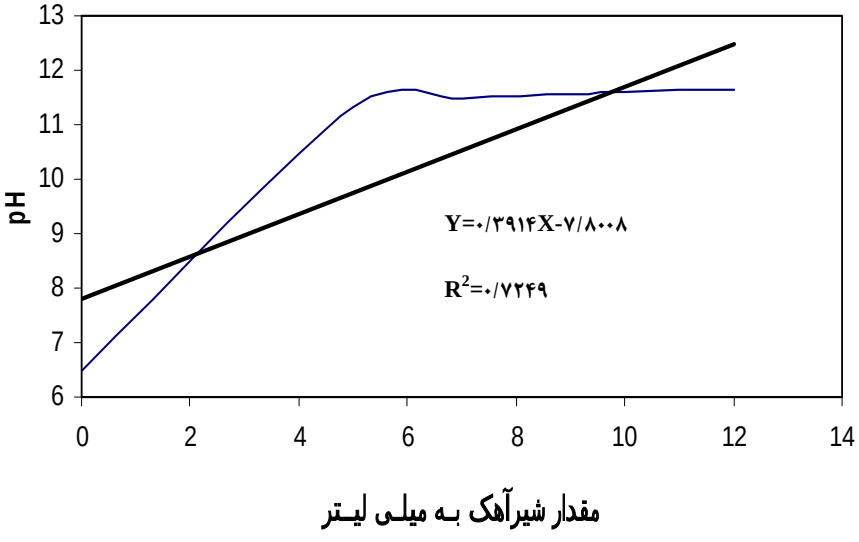
مواد و روش ها

برای انجام آزمایشات دو کارخانه قند تربت حیدریه و جوین در نظر گرفته شد. pH آب فاضلاب خروجی از لاور و پمپ گاز به دلیل ترکیب گاز CO_2 با آب و تولید اسید کربنیک حدود ۶/۵ است. این فاضلاب محتوای ۰/۰۵ درصد دوده است که به صورت ذرات معلق در آب بوده و در شرایط عادی ته نشین نمی شوند. نمونه گیری از آب حاصل از شستشوی گاز در لاور، در سه زمان مختلف و به صورت کاملا تصادفی انجام گرفت و تیمارهای مختلف برای هر بار نمونه گیری، بر روی نمونه ها اعمال گردید. جهت انجام هر آزمایش مقدار ۱۰۰۰ میلی لیتر از نمونه فاضلاب را برداشته و پس از افزودن مقادیر مختلف شیر آهک با درجه بومه ۲۰، صفات مختلفی نظیر pH، سرعت ته

نشینی، حجم لجن و درصد انعقاد، براساس روش های آزمایشگاهی ایکومزا در سال ۱۹۹۴ اندازه گیری شد (۲). آزمایشات در قالب فاکتوریل و بر پایه طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام گرفت و میانگین صفات مورد بررسی از طریق آزمون چند دامنه دانکن و توسط نرم افزار MSTATC مقایسه شد و نتایج آنالیز در این مقاله توسط نرم افزار اکسل به صورت منحنی ارائه شده است.

نتایج و بحث

شکل ۱ رابطه بین pH و مقدار شیر آهک مصرف شده با بومه ۲۰ و بر حسب میلی لیتر در آب همراه با دوده را نشان می دهد. نتایج آزمایشات با ضریب اطمینان ۷۲٪ =R^2 نشان می دهد که رابطه بین افزایش مقدار شیر آهک با pH، خطی بوده و معادله Y=۰/۳۹۱۴X+۷/۸۰۰۸ برای آن صادق است. در این رابطه X مقدار pH و Y مقدار شیر آهک مصرف شده بر حسب میلی لیتر می باشد. با توجه به اینکه گاز خروجی از کوره آهک در لاور و پمپ با آب شسته می شود، لذا طبق گزارش اشنایدر در سال ۱۹۶۸ حدود ۲٪ گاز Co2 با آب ترکیب شده و تولید اسید کربنیک می کند. بنابراین pH آب ورودی به لاور و پمپ گاز که حدود ۷/۵ تا ۸ است در هنگام خروج از آنها ۶/۵ کاهش می یابد. گزارش اشنایدر (۱۴) و پل (۷ و ۸) نشان می دهد که شیر آهک در اثر توقف در مخازن یونیزه شده و به یون Ca++ و OH- تبدیل می شود. در اثر افزودن شیر آهک به آب آغشته به دوده، بخشی از آن صرف خنثی شدن حالت اسیدی آب و ساخته شدن کلسیم کربنات می شود و اثری روی جداسازی دوده نمی گذارد. جداسازی دوده از pH =۱۰/۹ شروع شده که احتمالاً طبق گزارش ولف (۱۶)، هنری (۳)، پری (۹)، رینفلد و همکاران (۱۰ و ۱۱)، پل و همکاران (۷ و ۸) به دلیل وجود یون کلسیم و تشکیل ابر الکتریکی اطراف کلسیم کربنات است که باعث ایجاد بار الکتریکی مثبت در کلسیم کربنات می شود که در این حالت سطح لازم و مناسب برای جذب فراهم می شود. چون دوده از سطح کوچک گرافیک تشکیل شده و به صورت تصادفی توزیع شده است، لذا ساختار آن ایزوتروپیک بوده و از ویژگی های جالبی برخوردار است . مثلا این ذرات ریز دوده می توانند جذب یکدیگر شده و درشت شوند و با عناصر دیگر تشکیل پیوند دهند.



شکل ۱. نمودار تغییرات PH با مقدار شیر آهک برای ۱۰۰۰ میلی لیتر فاضلاب

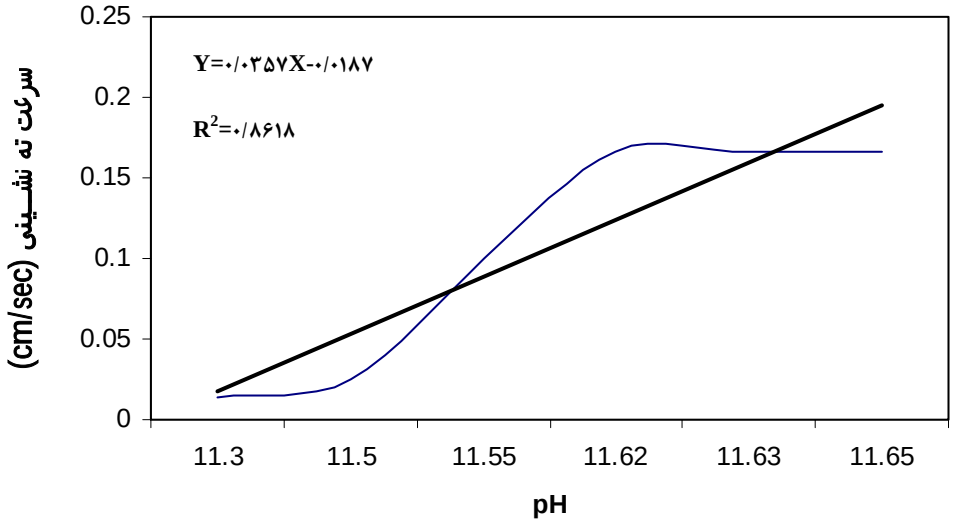
بنابراین از این خاصیت استفاده شده و ذرات دوده پس از فعل و انفعالات اولیه، جذب سطح کلسیم کربنات با بار الکتریکی مثبت می شوند و به این طریق ایجاد رسوب نموده و آب شفاف و زلالی به دست می آید که در نقاط دیگر کارخانه مثل سیستم آکواپورا قابل استفاده است. برای محاسبه مقدار آهک مورد نیاز، محققی به نام ورنر (۱۵) جدولی ارائه نموده است که مقدار CaO در هر لیتر شیر آهک با توجه به بومه آن قابل محاسبه است.

شکل ۲ رابطه بین pH و سرعت ترسیب دوده را بر حسب سانتی متر بر ثانیه نشان می دهد. نتایج آزمایشات حاکی از آن است که کوآگولاسیون کلوئید دوده در pH =۱۰/۹ شروع شده و در pH =۱۱/۶۵ خاتمه یافته است، بطوریکه ۱۰۰٪ دوده به همراه آهک در تغییر pH به میزان ۰/۷۵(یعنی از ۱۰/۹ تا ۱۱/۶۵) جدا و به همراه آهک رسوب کرده است و آب شفاف و زلالی به دست آمده است. گزارش اشنایدر (۱۴) و آتورن کلکتیو در (۱) و رینفلد و همکاران در سال (۱۲ و ۱۳) در مورد جداسازی مواد کلوئیدی شربت با اضافه کردن شیر آهک و جدا شدن این مواد در دامنه محدودی از pH، موید نتایج حاصل از این تحقیق می باشد. با توجه به اینکه بین pH و سرعت ترسیب رابطه خطی با همبستگی بسیار بالا وجود دارد، لذا با ضریب اطمینان R^2=٪۸۶ می توان با استفاده از معادله جدید Y=۰/۰۳۷۵X+۰/۰۱۸۷ رابطه بین pH و سرعت ترسیب دوده را برآورد نمود. در این رابطه X به عنوان pH و Y به عنوان سرعت ترسیب دوده بر حسب سانتی متر بر ثانیه است.

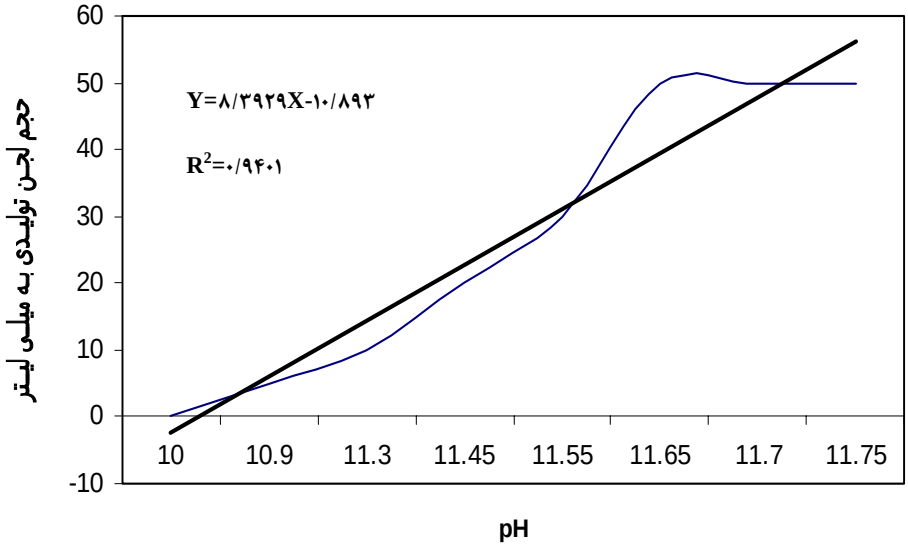
شکل ۳ رابطه بین pH و حجم لجن تولیدی را بر حسب میلی لیتر نشان می دهد. همان طوریکه در شکل ۳ ملاحظه می شود تا pH=۱۰ اثری از جداسازی ذرات معلق دوده مشاهده نمی شود. جداسازی لجن از pH=۱۰/۹ شروع می شود که در این نقطه حجم لجن ۵ میلی لیتر است. در pH=۱۱/۶۵ حجم لجن به دلیل جداسازی کامل ذرات دوده به ۵۰ میلی لیتر رسید و با افزودن شیر آهک و افزایش pH در فاضلاب در حجم لجن تغییری حاصل نشد و ثابت باقی ماند. در این شکل نیز با ضریب اطمینان R^2 =۰/۹۴ می توان از معادله خطی Y=۸/۳۹۲۹X-۱۰/۸۹۳ برای تعیین حجم لجن بر اساس pH استفاده نمود. شکل ۴ نمودار تغییرات درصد انعقاد نسبت به pH را نشان می دهد. همان طور که ملاحظه می گردد، انعقاد و جذب ذرات معلق دوده از pH=۱۰/۹ شروع شده و در pH=۱۱/۶۵، تمام دوده موجود در نمونه جذب آهک شده است. نتایج نشان داد که رابطه خطی، با همبستگی بسیار بالا بین pH و درصد انعقاد وجود دارد، به طوری که با ضریب اطمینان بسیار بالا R^2=٪۹۷ می توان از معادله خطی Y=۱۱۸/۳۷X-۱۲۹۸/۲ ، درصد انعقاد را محاسبه نمود. در این رابطه X مقدار pH و Y درصد انعقاد می‌باشد.

نتیجه گیری

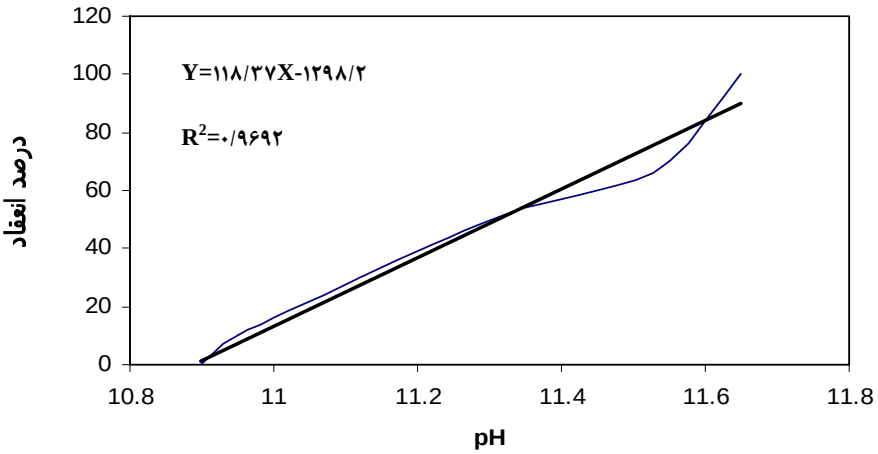
مقایسه نمودار ۱ تا ۴ نشان می دهد که برای جداسازی دوده از آب فاضلاب لاور و پمپ های گاز کوره آهک می توان از شیر آهک استفاده نمود و در pH=۱۱/۶۵ تمام ذرات دوده جذب آهک شده و آب زلال و شفافی به دست می آید. همچنین با توجه به معادلات خطی بدست آمده، همبستگی شدیدی بین pH با مقدار شیر آهک، سرعت ترسیب دوده، حجم لجن و درصد انعقاد وجود دارد. تحقیقات فوق از نظر عملی در دو کارخانه قند تربت حیدریه و جوین به مرحله اجرا گذاشته شد و نتایج حاصل از صنعت منطبق با نتایج تحقیق می باشد.



شکل ۲ . نمودار تغییرات ته نشینی نسبت به pH



شکل ۳. نمودار تغییرات حجم لجن تولیدی نسبت به pH (جهت ۱۰۰۰۰ میلی لیتر فاضلاب)



شکل ۴. نمودار تغییر درصد انعقاد نسبت به pH

منابع

1) Autorenkollektiv. 1984. Die zuckerherstellung verlag VEB FachbochverlagLeipzig.3 Auflage 543-561.
2) ICUMSA. 1994. The Determination of the Polarisation sugar beet by the clarifying agent –official. In: International Connision for uniform methods as of sugar analysis: Methods Book, Metho GS6-3. Verlag Dr. A. Bartens, Berlin 1-3.
3) Henry, J. 1966. Ueber die saftreinigung mit kalk und kohlensaeure in der Rueben zuckerind. Nr. 10, 571-578.
4) Kampf, H. 1980. Abwassereaufbereitung in der biochemishen Industrie. Zuckerind, 105 Nr. 8/733-735.
5) Kinemov, G. and G. Wyltschev. 1982. Entropie und Exergie Von feuchtem Carbonatationsgas. Zuckuerind. 107 Nr. 3. 205-209.
6) Kollatsch, D. 1980. Einige Anmerkungen zum neuesten Stand der Wassergesetzgebung zu den Moeglichkeiten der Abwasserreinigung in der zuckuerindustrie: zuckerind, 105 Nr. 8/727-732.
7) Poel, P. W. Van der, H. Schiwek, and T. Schwarz. 1998. Sugar Technology Beet and cane Manufactures. Verlag Dr. A. Bartens, Berlin.
8) Poel, W, H. Van der. Schiweck, and T. Schwarz. 2000. Zuckertechnologie Rueben-und Rohrzucker-herstellung. Verlag. Dr. Albert Bartens. Berlin.
9) Prey, V. Andres, H. Braunsteiner, and W. Holle, H. 1971. Die chemie der Saftreinigung: Zuckerind.Nr.7, 323-328
10) Reinefeld, E. and F. Schneider. 1978: Analytische Betrieskontrolle der zuckerindustrie Teil A und B. Verlag Dr. Bartens. Berlin.
11) Reinefeld, E., F. Schneider, K. Thielecke, and R. D. Hoffmann. 1980. Untersuchungen ueber die bei der technischen Reinigung Von Zuckersaeften auftretende faellung sowie ueber den Einfluss der Einzelkomponenten auf die Abtrenbarkeit. Zuckerind 105 Nr. 2/139-148
12) Reinefeld, E., F. Schneider, k. Thielecke, and D. Hoffmann. 1980. Untersuchungen ueber die bei der Aechnischen Reinigung Von Zuckersaften auftretende faellung sowie ueber den Einfluss der Einzelkomponenten auf die Abtrenbarkeit. Zuckerind 105 Nr. 2-143.
13) Reinefeld, E., and Schneider, F. 1983: Analytische Betriebskontrolle der Zuckerindustie Teil C. Verlag Dr. Bartens. Berlin.
14) Schneider, F. 1968: Technologie des Zuckers. Zweite Auflage. Verlag M, H. Schaper Hannover.
15) Werner, E. 1966: zuckertechniker Taschenbuch. Verlag Dr. Albert Bartens. Berlin. S 54.
16) Wolf, w. 1965: Einige kriterien zur saftreinigung mittels kalk und kohlen saeure, Zuckerind. Nr. 10, 574-578.