PORÓWNANIE METOD ODWAPNIANIA SOKÓW

Helena Zaorska

Instytut Chemicznej Technologii Żywności Politechniki Łódzkiej
Łódź, Polska

Stosowane od wielu lat metody oczyszczania soków są stale ulepszane [2, 6]. Wielokrotne nawapnianie soków oraz kilkakrotna karbonatacja stały się już metodami klasycznymi. Wprowadza się jednak nadal pewne modyfikacje, które powodują polepszenie rezultatów oczyszczania a tym samym poprawiają jakość oczyszczonych soków [10, 16]. Najlepsze wyniki uzyskuje się dzięki wstępnemu nawapnianiu i wielokrotnej karbonatacji a następnie głównemu nawapnianiu i karbonatacji soków wobec możliwie wysokiego pH, około 11. Metoda ta umożliwia najlepsze usunięcie niecukrów z soków surowych przy określonej sumarycznej dawce wapna [19].

Jak wiadomo, prowadzenie ostatniej karbonatacji w warunkach optymalnego pH powoduje wytrącenie maksymalnej ilości soli wapniowych z oczyszczonego soku [13, 20]. Zastosowanie dowapniania soku przed ostatnią karbonatacją podnosi efekt oczyszczania a również zmniejsza końcową zawartość soli wapniowych w oczyszczonym soku [12].

Pomimo stosowania prawidłowego sposobu oczyszczania soków za pomocą wielokrotnego nawapniania i wielokrotnej karbonatacji, nie zawsze następuje dobre odwapnienie soku, całkowicie zabezpieczające powierzchnię ogrzewalną stacji wyparnej przed zarastaniem. W końcowym okresie kampanii, a także gdy zbyt wcześnie rozpoczyna się kampanię, przerabiane są buraki o gorszych własnościach technologicznych. Soki pochodzące z takich buraków, po oczyszczeniu klasycznymi metodami, zawierają zawsze zbyt dużo soli wapniowych. Konieczne jest wtedy stosowanie dodatkowych metod odwapniania, które umożliwiają optymalne usunięcie soli wapniowych z soków.

W cukrowniach stosuje się różne metody dodatkowego odwapniania

oczyszczonych soków. Aby można było jednoznacznie określić przydatność poszczególnych metod odwapniania, postanowiono porównać wyniki, jakie można uzyskać za ich pomocą.

RODZAJE SOKÓW SUROWYCH PODDAWANYCH ODWAPNIANIU

Podczas badań prowadzonych w dawnej Katedrze Cukrownictwa Politechniki Łódzkiej, kontynuowanych w Instytucie Chemicznej Technologii Żywności, zwrócono specjalną uwagę na konieczność odwapniania soków w końcowym okresie długotrwałych kampanii, gdy zawodzą klasyczne metody oczyszczania soków.

W celu ułatwienia porównania rezultatów poszczególnych metod oczyszczania i odwapniania do rozważań i obliczeń wybrano soki surowe o nieco niższej czystości, gdyż najczęściej takie soki trudno jest dobrze odwapnić. Wybrano dwa rodzaje soków surowych: o czystości 89 i o czystości 88. Soki surowe o czystości około 89 nazwano sokami *A*, natomiast soki surowe o czystości około 88 nazwano sokami *B*. W przypadkach gdy porównywane soki miały nieco inną czystość, przeliczano uzyskane średnie rezultaty w stosunku do soków o czystości 89 lub 88. Dzięki temu można było w możliwie obiektywny sposób stwierdzić występujące różnice.

Porównywane soki nie miały niestety jednolitego składu chemicznego, co wpłynęło na pewne odchylenia w uzyskanych wynikach. Z tego względu we wszystkich wyliczeniach zastosowano odpowiednie poprawki, zestawiając do porównań soki o możliwie zbliżonej zawartości poszczególnych kationów. Jak wiadomo skład kationów wpływa w decydujący sposób na przebieg procesu odwapniania i na ilość cukru pozostającego w melasie. Wprowadzone uogólnienia są obciążone pewnymi błędami, jednakże uważam, że pozwalają na obiektywne porównanie i ocenienie rezultatów stosowania różnych metod odwapniania soków.

METODY ODWAPNIANIA OCZYSZCZONYCH SOKÓW

Metoda 1

Za podstawową metodę służącą do porównania z innymi metodami przyjęto klasyczną metodę oczyszczania i końcowego odwapniania soków za pomocą ostatniej karbonatacji wobec optymalnego pH. W metodzie tej stosuje się wodorotlenek wapniowy i dwutlenek węgla, bez wprowadzania do soku innych chemikaliów. W wielu przypadkach metoda ta daje zadowalające rezultaty i zabezpiecza stację wyparną przed zarastaniem, zwłaszcza gdy przerabia się soki o dużej czystości, uzyskane z doj-

rzałych, zdrowych buraków. Metoda ta stosowana do oczyszczania i odwapniania soków w końcowym okresie kampanii jest nieodpowiednia, gdyż nie zabezpiecza stacji wyparnej przed zarastaniem. Otrzymywane oczyszczone i odwapnione soki zawierają wtedy powyżej 70 mg CaO/100 g substancji suchej.

W końcowym okresie kampanii metoda pozwalała na uzyskanie efektu oczyszczenia ponad 40% przy sokach surowych o czystości 89, a nieco poniżej 40% przy sokach surowych o czystości 88. Nie uzyskiwano jednakże dostatecznego odwapnienia soku. Przy czystościach soku surowego około 89 pozostawało w oczyszczonym soku blisko 100 mg CaO w przeliczeniu na 100 g suchej substancji, a przy czystościach soku surowego 88 lub nieco niżej, zawartość soli wapniowych w oczyszczonym soku przekraczała 150 mg CaO na 100 g suchej substancji.

Metoda 2

Najdawniejszym sposobem dodatkowego odwapniania soków było stosowanie odpowiedniej dawki sody, która pozwalała na wyraźne zmniejszenie zawartości soli wapniowych w sokach, a tym samym na zabezpieczenie stacji wyparnej przed zarastaniem [3].

W metodzie 2 oczyszczania i odwapniania soków dodawano dużą dawkę sody bezpośrednio przed ostatnią karbonatacją prowadzoną przy optymalnym pH soków. Dodawano 150 miliwali sody na każde 100 miliwali soli wapniowych pozostających w soku po oczyszczaniu i odwapnianiu metodą klasyczną (metoda 1).

W przypadku gdy soki surowe miały czystość około 89, efekt oczyszczania soków wynosił analogicznie jak w metodzie klasycznej ponad 40%, natomiast ilość soli wapniowych była mniejsza i wynosiła poniżej 40 mg CaO na 100 g suchej substancji. Podczas oczyszczania soków *B*, uzyskano analogiczny jak w metodzie klasycznej efekt oczyszczania soków poniżej 40%, natomiast ilość soli wapniowych tylko nieznacznie przekraczała 40 mg CaO na 100 g suchej substancji.

Metoda 3

Metoda ta polega na dodatkowym odwapnianiu soku, po prawidłowo wykonanej ostatniej karbonatacji, za pomocą kationitu polistyrenowego w cyklu sodowym [1, 4, 5]. Metoda ta nie zmienia zasadniczo efektu oczyszczania soków. Jest to zrozumiałe, gdyż nie następuje usunięcie a tylko wymiana jonów wapniowych a także częściowo jonów potasowych na jony sodowe. Podczas oczyszczania i odwapniania soków surowych o czystości 89 zawartość soli wapniowych zostawała obniżona do 20 mg

CaO/100 g s.s. W przypadku soków surowych o czystości 88 ilość soli wapniowych została obniżona do zawartości ponad 25 mg CaO/100 g s.s.

Do regeneracji kationitu polistyrenowego stosuje się 10% roztwór chlorku sodowego, co powoduje powstawanie pewnej ilości ścieków. Konieczne jest również przemywanie złoża, wskutek czego następuje rozcieńczenie odwapnionych soków [7, 21].

Metoda 4

W metodzie tej po klasycznym oczyszczeniu soków, stosuje się do końcowego odwapnienia niewielki dodatek amoniaku oraz sody [17, 18]. Metoda charakteryzuje się małym zużyciem chemikaliów, ponieważ amoniak lub też węglan amonowy stosuje się metodą kołową. Również ilość zużywanej sody jest niewielka, gdyż potrzebna jest ona jedynie do uzyskania pożądanej alkaliczności soku gęstego.

W celu dobrego odwapnienia wystarczy użycie poniżej 80 miliwali sody na każde 100 miliwali soli wapniowych w soku, uprzednio oczyszczonym metodą klasyczną (metoda 1). Odwapnianie soku metodą 4 nie powoduje powstawania ścieków. Metoda umożliwia niewielkie podwyższenie czystości soku a zawartość soli wapniowych w soku, niezależnie od czystości soku surowego, wynosi około 25 mg CaO/100 g suchej substancji.

Na rys. 1 przedstawiono schemat odwapniania soków metodą 4.

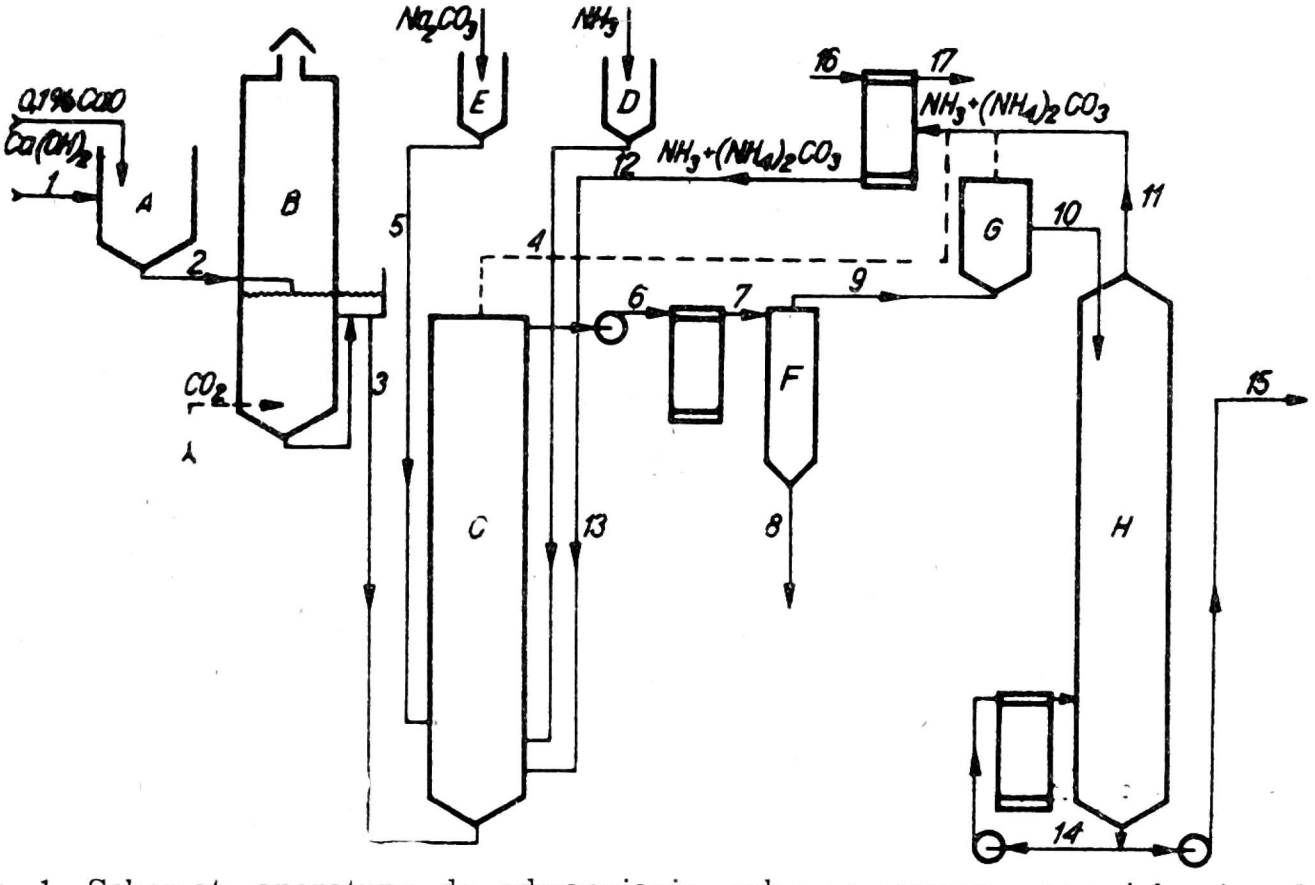
Metoda 5

Metoda ta polega na analogicznym jak w metodzie 4 odwapnianiu soku za pomocą dodatku amoniaku i sody, a następnie poddaniu oczyszczonego i odwapnionego soku procesowi odbarwiania za pomocą ziarnistego węgla aktywnego, metodą wielokolumnową [14, 15, 23]. W metodzie 5 stosuje się takie same ilości chemikaliów jak w metodzie 4. Wykorzystaną podczas odbarwiania kolumnę węglową, przed regeneracją przemywa się niewielką ilością wody w celu usunięcia soku spomiędzy ziaren węgla. Wskutek tego następuje niewielkie rozcieńczenie soku. Podobnie jak w metodzie 4 nie tworzą się ścieki.

Dzięki odbarwianiu soków i usunięciu koloidów następuje podwyższenie czystości soków, zostają usunięte związki powierzchniowo czynne, a także następuje pewne zmniejszenie zawartości jonów sodowych, potasowych i wapniowych. Oczyszczając, odwapniając i odbarwiając tą metodą soki surowe o czystości 89 uzyskuje się sumaryczny efekt oczyszczania ponad 45% a zawartość soli wapniowych w sokach wynosi poniżej 20 mg CaO/100 g s.s. W przypadku, gdy soki surowe mają czystość około

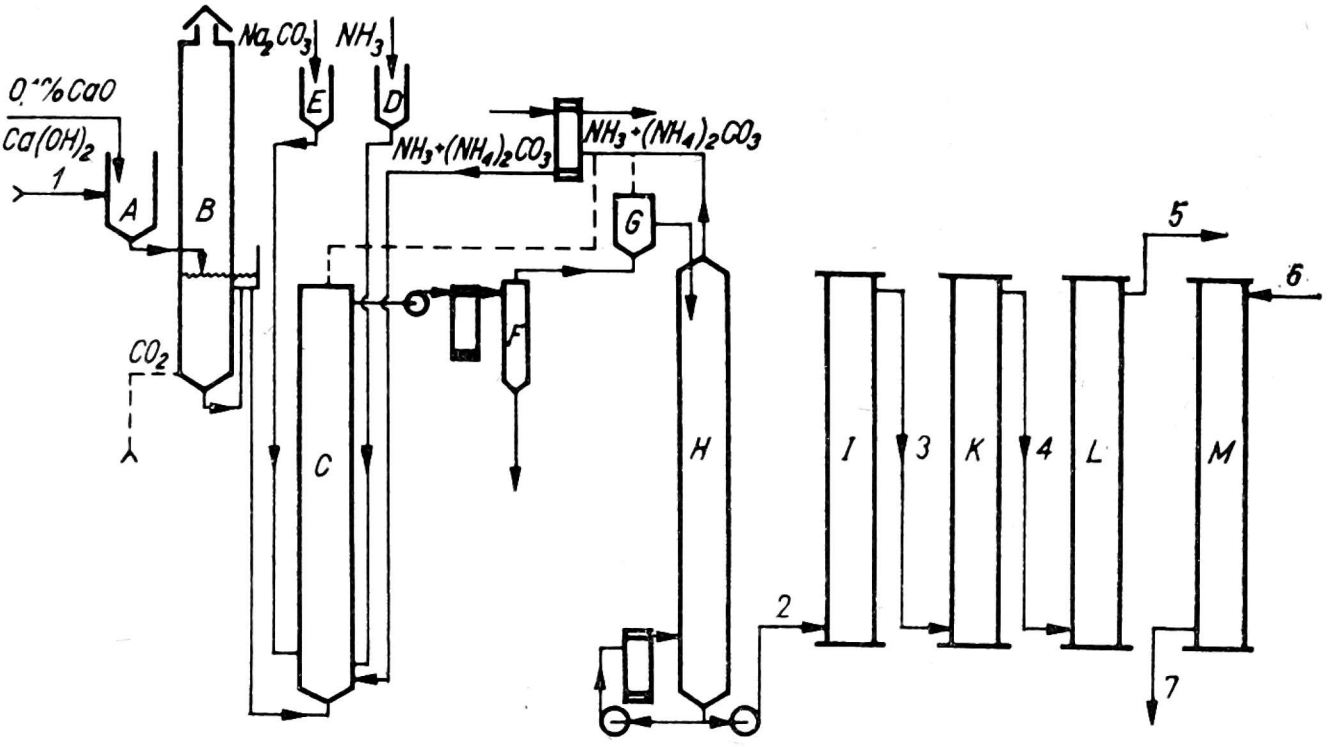
88, uzyskuje się efekt oczyszczania około 45% a zawartość soli wapniowych nieco przekracza 20 mg CaO/100 g s.s.

Na rys. 2 przedstawiono schemat odwapniania i odbarwiania soków metodą 5.



Rys. 1. Schemat aparatury do odwapniania soku za pomocą amoniaku i sody (metoda 4)

A — naczynie do dowapniania filtratu soku po głównej karbonatacji, *B* — aparat do ostatniej karbonatacji odwapniającej, *C* — reaktor odwapniający za pomocą amoniaku, węglanu amonowego i sody, *D* — zasobnik do dozowania roztworu stężonego amoniaku, *E* — zasobnik do dozowania sody w celu utrzymania prawidłowej alkaliczności, *F* — filtr prętowy ciśnieniowy do oddzielania osadu węglanu wapniowego, *G* — zasobnik filtratu odwapnionego soku, *H* — kolumna do regeneracji węglanu amonowego i amoniaku z soku, *1* — filtrat soku po głównej karbonatacji, *2* — dowapniony sok wprowadzany do ostatniej karbonatacji, *3* — zawiesina soku po ostatniej karbonatacji o bardzo niskiej alkaliczności, *4* — roztwór amoniaku wprowadzany do reaktora, *5* — roztwór sody wprowadzany do reaktora, *6* — odwapniony sok z zawiesiną węglanu wapniowego przed zagrzaniem, *7* — gorąca zawiesina kierowana do filtru, *8* — zagęszczona zawiesina węglanu wapniowego zawrócona do wstępnego nawapniacza, *9* — klarowny filtrat odwapnionego soku, *10* — odwapniony sok wprowadzany do kolumny usuwającej węglan amonowy i amoniak, *11* — para wodna bogata w amoniak i węglan amonowy usunięty z soku, *12* — wodny rozwtór amoniaku i węglanu amonowego usuniętego z soku, *13* — zawrócony do reaktora amoniak i węglan amonowy, *14* — sok cyrkulujący w celu ogrzania kolumny regenerującej amoniak i węglan amonu, *15* — gorący odwapniony sok do dalszego ogrzewania przed stacją wyparną, *16* — sok po wstępnym nawapnianiu do wstępnego podgrzania, *17* — sok po wstępnym podgrzaniu oparami z kolumny regeneracyjnej



Rys. 2. Schemat aparatury do odwapniania soku za pomocą amoniaku a następnie odbarwiania aktywnym węglem ziarnistym sposobem wielokolumnowym (metoda 5) *A* — naczynie do dowapniania filtratu soku po głównej karbonatacji, *B* — aparat do ostatniej karbonatacji odwapniającej, *C* — reaktor odwapniający za pomocą amoniaku, węglanu amonowego i sody, *D* — zasobnik do dozowania roztworu stężonego amoniaku, *E* — zasobnik do dozowania sody w celu utrzymania prawidłowej alkaliczności, *F* — filtr prętowy ciśnieniowy do oddzielania osadu węglanu wapniowego, *G* — zasobnik filtratu odwapnionego soku, *H* — kolumna do regeneracji węglanu amonowego i amoniaku z soku, *I* — kolumna czołowa z wykorzystanym ziarnistym węglanem aktywnym, *K* — kolumna z częściowo wykorzystanym ziarnistym węglem aktywnym, *L* — kolumna ze świeżym lub regenerowanym ziarnistym węglem aktywnym, *M* — kolumna z wykorzystanym węglem przemywana przed elektrotermiczną regeneracją, *1* — filtrat soku po głównej karbonatacji, *2* — odwapniony sok przed wielokolumnowym przeciwprądowym odbarwianiem, *3* — odwapniony sok wstępnie odbarwiony, *4* — mocno odbarwiony sok po odwapnieniu, *5* — odwapniony i głęboko odbarwiony sok przed zagęszczeniem, *6* — skropliny do usuwania soku z przestrzeni międzyziarnowej w kolumnie, *7* — rozcieńczony sok, wypływający z kolumny węglowej przed regeneracją, kierowany do przygotowania mleka wapiennego

WPŁYW METODY ODWAPNIANIA NA ZAWARTOŚĆ KATIONÓW W OCZYSZCZONYCH SOKACH

Zależnie od stosowanej metody oczyszczania otrzymuje się soki o różnej zawartości soli wapniowych. Przy stosowaniu niektórych metod, również czystości otrzymanych soków wykazują pewne różnice. Największe jednak zmiany można stwierdzić w zawartości kationów sodowych, potasowych, i wapniowych w oczyszczonych sokach [8].

Porównując wyniki analizy soków oczyszczonych i odwapnionych pięciu przedstawionymi metodami zwrócono uwagę na zawartość soli wap-

niowych, zawartość niektórych kationów oraz czystość otrzymanego soku. Zawartość soli wapniowych wyrażono w przeliczeniu na 100 g suchej substancji, natomiast zawartość poszczególnych kationów wyrażono w przeliczeniu na 100 g cukru znajdującego się w oczyszczonym soku. Średnie wielkości wyliczone z wyników analitycznych zestawiono w tab 1, oddzielnie dla soków surowych *A*, o nieco wyższej czystości około 89, a oddzielnie dla soków surowych *B*, o nieco niższej czystości około 88.

Tabela 1

Porównanie zawartości kationów sodowych, potasowych i wapniowych w sokach odwapnionych różnymi metodami

Metoda oczyszczania	mg CaO na 100 g s.s.	Zawartość jonów w miliwalach na 100 g cukru				Czystość	Efekt oczyszczania %
		Na^+	K^+	Ca^{2+}	$Na^+ + K^+ + Ca^{2+}$		
		Oczyszczanie soków surowych *A*					
1	98	3,22	26,42	3,76	33,40	93,2	41,0
2	39	8,85	26,42	1,49	36,76	93,2	41,0
3	20	6,81	25,82	0,77	33,40	93,2	41,0
4	23	6,22	26,42	0,88	33,52	93,3	41,9
5	18	6,14	26,06	0,60	32,80	93,8	46,5
		Oczyszczanie soków surowych *B*					
1	161	3,46	27,00	6,24	36,70	92,3	38,8
2	47	12,82	27,00	1,82	41,64	92,3	38,8
3	26	9,86	25,83	1,01	36,70	92,3	38,8
4	27	8,46	27,00	1,04	36,50	92,4	39,7
5	21	8,37	26,62	0,70	35,69	93,1	45,6

Zgodnie z przyjętymi założeniami do porównania użyto soki, w których metodą klasyczną (metoda 1) nie udawało się obniżyć zawartości soli wapniowych poniżej 70 mg CaO/100 g s.s. Tego rodzaju soki łatwo było odwapnić pozostałymi czterema przedstawionymi metodami.

Jak wynika z danych tab. 1, suma kationów sodowych, potasowych i wapniowych, wyrażona w miliwalach na 100 g cukru zawartego w soku, nie ulega większym zmianom, zwłaszcza przy odwapnianiu soku surowego *A*. Obserwuje się natomiast wyraźne różnice w zawartości poszczególnych kationów w sokach odwapnionych różnymi metodami. Zgodnie z założeniem uznano klasyczną metodę 1 jako metodę odniesienia. Efekty oczyszczania soków metodami 1, 2 i 3 były analogiczne, w granicach błędu. Metoda 4 powodowała niewielkie podwyższenie czystości soku. Metoda 5 powodowała wyraźne podwyższenie czystości soku, a także znaczne przyspieszenie krystalizacji cukrzyc [11, 22].

Porównując wyniki oczyszczania i odwapniania soku surowego *B*, stwierdzono po oczyszczeniu soku metodą 2, wyraźne zwiększenie sumarycznej ilości miliwali kationów w stosunku do ilości kationów znajdujących się w sokach oczyszczonych innymi metodami. Czystość soków oczyszczonych metodami 1, 2 i 3 były analogiczne. W soku oczyszczonym metodą 4 stwierdzono nieco wyższą czystość a w soku oczyszczonym metodą 5 wyraźne podwyższenie czystości.

Jak wiadomo skład kationów w oczyszczonym soku jest analogiczny do składu kationów w melasie otrzymanym z tegoż soku. Z tego względu szczegółowo rozważano zagadnienie składu kationów, których obecność decyduje o czystości otrzymanego melasu.

WPŁYW METODY ODWAPNIANIA SOKÓW NA ILOŚĆ CUKRU POZOSTAŁEGO W MELASIE

Skład kationów znajdujących się w soku, przechodzących następnie do melasu, decyduje o ilości cukru zatrzymanego w tymże melasie. Natomiast ilość otrzymanego melasu jest zależna od czystości soków oczyszczonych. Należy dodać, że nawet niewielkie różnice w zawartości poszczególnych kationów wyraźnie wpływają na ilość cukru, jaka wykrystalizuje z cukrzycy ostatniego rzutu.

W oddzielnych badaniach stwierdzono, jaką można uzyskać czystość melasu przy takiej samej zawartości różnych kationów: potasowego, sodowego i wapniowego [8, 9]. Na podstawie tych prac można przyjąć, że

1 wal jonów potasowych zatrzymuje w melasie 341 g cukru,

1 wal jonów sodowych zatrzymuje w melasie 300 g cukru,

1 wal jonów wapniowych zatrzymuje w melasie 228 g cukru.

Podane liczby dotyczą jedynie określonego składu anionów i innych niecukrów w badanych sokach. W przypadku odwapniania tego samego soku, składy anionów i niecukrów są zbliżone, zatem różnice w ilości cukru zatrzymanego w melasie będą głównie zależne od składu kationów w oczyszczonym soku.

Uwzględniając podane zależności, obliczono ilość cukru zatrzymanego w melasie, pozostałym po krystalizacji cukru z soków oczyszczonych i odwapnionych metodą 1. W przypadku soków *A*, zostanie zatrzymane w melasie 1787 kg cukru w przeliczeniu na 100 ton buraków. W przypadku soków *B*, pozostanie w melasie 1955 kg cukru w przeliczeniu na 100 ton buraków.

Zgodnie z liczbami podanymi w tab. 1, w oczyszczonych sokach, odwapnionych różnymi metodami, ulegną zmianie ilości poszczególnych kationów. Jak wiadomo skład kationów decyduje o zwiększeniu lub zmniejszeniu ilości cukru zatrzymywanego dodatkowo w melasie. Zmia-

ny ilości zatrzymanego cukru można obliczyć w stosunku do ilości cukru znajdującego się w soku oczyszczonym posługując się liczbami z tab. 1, przedstawiającymi ilość kationów w stosunku do 100 g cukru w soku. Na tej podstawie można obliczyć ilość cukru dodatkowego zatrzymanego w melasie, pochodzącym z soków oczyszczonych różnymi metodami, w przeliczeniu na 100 ton buraków.

Tabela 2

Wpływ metody oczyszczania, odwapniania i odbarwiania soków na ilość cukru pozostałego w melasie (wskutek zmiany składu kationów)

Metoda oczyszczania	Oczyszczanie soku surowego *A*			Oczyszczanie soku surowego *B*		
	ilość cukru zatrzymanego w melasie			ilość cukru zatrzymanego w melasie		
	dodatkowo na 100 g cukru w soku oczyszczonym	dodatkowo na 100 t buraków	sumarycznie na 100 t buraków	dodatkowo na 100 g cukru w soku oczyszczonym	dodatkowo na 100 t buraków	sumarycznie na 100 t buraków
	g	kg	kg	g	kg	kg
1	—	—	1787	—	—	1955
2	+1,17	+180	1967	+1,80	+270	2225
3	+0,19	+28	1815	+0,32	+50	2005
4	+0,06	+8	1795	+0,16	+25	1980
5	—1,06	—167	1620	—1,37	—205	1750

W tab. 2 przedstawiono wpływ metody oczyszczania, odwapniania i odbarwiania soków na ilość cukru pozostającego w melasie, wskutek zmiany składu kationów w sokach i melasie. Obliczenia zostały wykonane na podstawie danych z tab. 1.

W przypadku oczyszczania soku surowego *A* o czystości 89 metodą 1 zostaje zatrzymane w melasie 1787 kg cukru w przeliczeniu na 100 ton buraków. Po oczyszczeniu i odwapnieniu takiego samego soku surowego metodą 2 zostanie dodatkowo zatrzymane w melasie 1,17 g cukru w przeliczeniu na 100 g cukru w soku oczyszczonym, czyli około 180 kg w przeliczeniu na 100 ton przerobionych buraków. W sumie pozostanie w melasie 1967 kg cukru w przeliczeniu na 100 ton buraków.

Analogicznie po oczyszczeniu i odwapnieniu metodą 2 soku surowego *B*, ilość cukru dodatkowo zatrzymanego w melasie wyniesie 1,80 g w przeliczeniu na 100 g cukru w soku. W przeliczeniu na 100 ton buraków wyniesie to 270 kg cukru dodatkowo zatrzymanego w melasie. Wynika z tego, że podczas gdy z soku oczyszczonego metodą 1 zostanie zatrzymane w melasie 1955 kg cukru w przeliczeniu na 100 ton buraków, to po oczyszczeniu i odwapnieniu soku metodą 2 zostanie dodatkowo za-

trzymane w melasie 270 kg cukru, czyli w sumie wyniesie to 2225 kg cukru w przeliczeniu na 100 ton buraków.

W melasie otrzymanym z soków oczyszczonych i odwapnionych metodą 3 zostanie zatrzymane również nieco więcej cukru. W przypadku soków *A* zostanie dodatkowo zatrzymane w melasie 28 kg cukru w przeliczeniu na 100 ton buraków, czyli łącznie 1815 kg cukru. W przypadku soków *B* zostanie dodatkowo zatrzymane 50 kg cukru w przeliczeniu na 100 ton buraków, czyli łącznie 2005 kg.

Stosunkowo niewielka ilość cukru zostanie dodatkowo zatrzymana w melasie w przypadku oczyszczania soków metodą 4. Dla soków *A* wyniesie to dodatkowo 8 kg cukru, to znaczy, że łącznie zostanie zatrzymane 1795 kg cukru w przeliczeniu na 100 ton buraków. Dla soków *B* wyniesie to dodatkowo 25 kg cukru, czyli łącznie zostanie zatrzymane 1980 kg w przeliczeniu na 100 ton buraków.

Oczyszczenie, odwapnienie i odbarwienie soków metodą 5 nie powoduje zwiększenia ilości cukru w melasie, przeciwnie następuje zmniejszenie ilości cukru. W przypadku soków *A* zostanie zatrzymane o 167 kg cukru mniej, czyli łącznie 1620 kg cukru w przeliczeniu na 100 ton buraków. W przypadku soków *B* ilość zatrzymanego cukru zmniejszy się o 205 kg, czyli razem zostanie zatrzymane tylko 1750 kg w przeliczeniu na 100 ton buraków.

Na podstawie liczb przytoczonych w tab. 2 można stwierdzić, że metody 4 i 5 umożliwiają nie tylko prawidłowe odwapnienie soków, ale wpływają również na zwiększenie ilości cukru otrzymanego z buraków.

ZESTAWIENIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

Porównanie rezultatów pięciu metod oczyszczania i odwapniania soków pozwoliło na zestawienie średnich wyników oczyszczania soków surowych *A* i soków surowych *B*. W tab. 3 podano czystość odwapnionych soków, zawartość soli wapniowych, pH, procentową zawartość inwertu oraz zabarwienie soków wyrażone w ekstynkcji właściwej mierzonej przy długości fali 560 nm. Podano również czystość melasu, liczbę ton 50% melasu otrzymanego ze 100 ton przerobionych buraków, liczbę kg cukru pozostałego w melasie a także zmiany ilości cukru zatrzymanego w melasie, odniesione do ilości cukru w melasie z soków oczyszczonych metodą 1. W dalszej części tabeli podano również ilość zużytych chemikaliów w postaci sody, soli kuchennej lub amoniaku, ilość ścieków oraz ilość wody, którą dodatkowo wprowadza się do soku rzadkiego podczas przemywania złoża. Wszystkie te wielkości obliczono w stosunku do 100 ton przerobionych buraków.

Porównując wyniki oczyszczania soków poszczególnymi metodami,

Tabela 3

Porównywanie metod odwapniania oczyszczonych soków

Metoda oczyszczania	Oczyszczanie soków surowych *A*					Oczyszczanie soków surowych *B*				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Czystość odwapnionego soku	93,2	93,2	93,2	93,3	93,8	92,3	92,3	92,3	92,4	93,1
mg CaO na 100 g s.s.	98	39	20	23	18	161	47	26	27	21
Stężenie jonów wodorowych, pH	8,9	9,2	8,9	9,0	8,7	9,0	9,4	8,9	9,0	8,6
Inwert, g na 100 g s.s.	0,047	0,047	0,049	0,048	0,050	0,056	0,056	0,060	0,059	0,062
Zabarwienie, ekstynkcja właściwa 560 nm	0,137	0,150	0,142	0,148	0,029	0,168	0,180	0,171	0,178	0,035
Czystość melasu	61,20	63,40	61,50	61,70	61,25	61,00	64,00	61,60	61,60	61,00
Otrzymano 50-procentowego melasu, ton	3,575	3,935	3,630	3,590	3,240	3,910	4,450	4,010	3,960	3,500
Pozostało cukru w melasie, kg	1787	1967	1815	1795	1620	1955	2225	2005	1980	1750
Różnica ilości cukru w melasie w stosunku do wyników metody 1, kg	—	+180	+28	+8	—167	—	+270	+50	+25	—205
Zużycie chemikaliów:										
soda, kg	—	45,2	—	24,6	24,6	—	76,7	—	41,0	41,0
amoniak, kg	—	—	—	3,0	3,0	—	—	—	5,0	5,0
sól kuchenna, kg	—	—	190	—	—	—	—	310	—	—
Pozostało ścieków, l	—	—	3000	—	—	—	—	5000	—	—
Ilość dodanej wody, którą trzeba odparować, l	—	—	1300	—	1000	—	—	2150	—	1000

Ilości mas są obliczone w stosunku do 100 t przerobionych buraków.

należy stwierdzić, że stosując metodę 2 do soków o dużej zawartości soli wapniowych, otrzymuje się soki oczyszczone o nadmiernie wysokim pH. Zbyt mała dawka sody nie gwarantuje dobrego odwapnienia. Ilości inwertu w sokach są podobne we wszystkich metodach postępowania, pod warunkiem prawidłowego ich wykonania. Zabarwienie soków jest wielokrotnie niższe przy stosowaniu metody 5. Także ilość melasu i cukru zatrzymanego w melasie są najmniejsze w wyniku stosowania metody 5. Największą ilość chemikaliów zużywa się w metodzie 3, w której do odwapniania stosuje się kationit polistyrenowy, regenerowany solą kuchenną. Metoda 2 charakteryzuje się dużym zużyciem sody. Najmniejsze ilości chemikaliów zużywa się w metodach 4 i 5. Ilość potrzebnej w tych metodach sody jest prawie o połowę mniejsza od ilości sody niezbędnej w metodzie 2, natomiast dodatkowo trzeba użyć niewielką ilość amo-

niaku. Metoda 3 charakteryzuje się tworzeniem pewnej ilości ścieków mocno zasolonych, pozostałych po regeneracji kationitu. Metoda 3 i 5 powodują pewne rozcieńczenie soków, gdyż konieczne jest wypchnięcie soku z przestrzeni międzyziarnowej, a następnie przemycie kolumny napełnionej kationitem lub węglem aktywnym przed regeneracją. Rozcieńczenie soków jest jednak niewielkie, wobec czego prawie nie wpływa na koszt metody odwapniania.

Podczas porównywania metod oczyszczania, odwapniania i odbarwiania soków należałoby również porównać koszt zainstalowanej aparatury oraz koszty eksploatacyjne a także koszty remontów urządzeń. Wydaje się, że najdroższe inwestycje i koszty remontu są związane z 3 metodą odwapniania soków.

WNIOSKI

Metoda 1 daje bardzo dobre rezultaty w przypadku przerabiania buraków zdrowych, zwłaszcza gdy czystość soku surowego jest duża. Metodę tę można stosować w tych przypadkach, gdy zawartość soli wapniowych w soku odwapnionym jest niższa od 70 mg CaO/100 g s.s. Metoda nie wymaga dodatkowej aparatury a jedynie prawidłowego wykonania kolejnych operacji jednostkowych.

Metoda 2 również nie wymaga stosowania dodatkowej aparatury. Metoda ta powoduje znaczne zwiększenie strat cukru w melasie, zwłaszcza przy dużej zawartości soli wapniowych w oczyszczonym soku. W takim przypadku obserwuje się nadmierną alkaliczność oczyszczonych soków, cukrzyc a nawet cukru białego.

Metoda 3 pozwala na prawidłowe odwapnienie soków, jednakże wymaga ona zużycia dużej ilości chemikaliów w postaci chlorku sodowego. Metoda ta powoduje powstawanie znacznych ilości zasolonych ścieków a także wyraźne zwiększenie strat cukru w melasie. Konieczne jest ustawienie drogiej aparatury, która wymaga kwalifikowanej obsługi w czasie eksploatacji a po każdej kampanii następuje kosztowny remont aparatury.

Metoda 4 wymaga ustawienia dodatkowej aparatury. Charakteryzuje się bardzo małym zużyciem chemikaliów, natomiast powoduje minimalne zwiększenie strat cukru w melasie. Nie tworzą się ścieki ani nie następuje rozcieńczenie soków. Stosując tę metodę, można nawet podczas bardzo długich kampanii, otrzymać zawsze dobrze odwapnione soki.

Metoda 5 daje najlepsze rezultaty odwapniania i odbarwiania a równocześnie wymaga tylko niewielkiej ilości chemikaliów. Metoda ta nie powoduje tworzenia się ścieków. Straty cukru w melasie są o około 10% mniejsze niż w metodzie 1. Konieczne jest ustawienie dodatkowej apa-

ratury, której eksploatacja jest stosunkowo prosta. Zaletą metody 5 jest możność otrzymania soków o pięciokrotnie niższym zabarwieniu. Należy dodać, że uzyskane soki zupełnie się nie pienią, co ułatwia proces zagęszczania soków a także krystalizację cukrzyc. Własności te są szczególnie istotne podczas przerabiania buraków o niskiej wartości technologicznej, np. buraków uszkodzonych mrozem lub długo przechowywanych.

LITERATURA

1. Hartl H.: Zucker, 1959, t. 12, s. 534
2. Kowalski M., Kozakowski S.: D. R. P., 138693, 1901
3. Solon K.: Gaz. cukr., 1930, t. 67, s. 264
4. Stransky P., Valter V.: Listy cukrovar., 1959, t. 75, s. 246
5. Waleriańczyk E., Kopera K., Jarzęcki J.: Gaz. cukr., 1959, t. 61, s. 271
6. Zagrodzki S.: Gaz. cukr., 1961, t. 63, s. 75
7. Zagrodzki S., Zaorska H., Marczyński J., Szwajcowska K.: Gaz. cukr. 1961, t. 63, s. 353
8. Zagrodzki S., Zaorska H.: Sucr. Belge, 1961, t. 81, s. 137, Ind. Sacc. Ital., 1962, t. 55, s. 223
9. Zagrodzki S., Zaorska H., Marczyński J., Szwajcowska K.: Gaz. cukr., 1962, t. 64, s. 34
10. Zagrodzki S., Zaorska H.: Gaz. cukr., 1963, t. 71, s. 45
11. Zagrodzki S., Zaorska H.: Int. Sugar J., 1965, t. 67, s. 300, 337; Ind. Sacc. Ital., 1965, t. 58, s. 315; Gaz. cukr., 1967, t. 75, s. 209
12. Zagrodzki S., Makowski J.: Gaz. cukr. 1966, t. 74, s. 261
13. Zagrodzki S.: Gaz. cukr., 1966, t. 74, s. 25
14. Zagrodzki S., Zaorska H., Zagrodzki S. M. jr: Pat. P. 57969, 1969; Sucr. Belge, 1968, t. 87, s. 695; Gaz. cukr. 1969, t. 77, s. 77; Sacharn. promyszl. 1969, t. 43, nr 2, s. 11; Zucker, 1969, t. 22, s. 136
15. Zagrodzki S., Zaorska H., Zagrodzki S. M. jr: zgł. Pat. 144671, 1970
16. Zagrodzki S., Zagrodzki S. M. jr: Z. Zuckerind., 1971, t. 21, s. 329
17. Zagrodzki S., Zaorska H., Zagrodzki S. M. jr, Makowski J.: Pat. P. 65252, 1971
18. Zagrodzki S., Zaorska H.: 21. Konf. Techn. BSC, Eastbourne 1972; Zucker, 1972, t. 25, s. 753
19. Zagrodzki S., Zaorska H., Zagrodzki S. M. jr, Szwajcowska K.: zgł. Pat., 1973
20. Zaorska H.: Rocz. Technol. Chem. Żywn., 1958, t. 3, s. 93; Zucker, 1958, t. 11, s. 330
21. Zaorska H.: Rocz. Technol. Chem. Żywn., 1964, t. 10, s. 167
22. Zaorska H.: Int. Sug. J., 1968, t. 70, s. 99
23. Zaorska H.: 21. Konf. Techn. BSC, Eastbourne 1972; Zucker, 1973, t. 26, s. 189

Г. Заорска

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ДЕКАЛЬЦИНАЦИИ СОКОВ

Резюме

В конце производственного сезона часто перерабатывается свекла характеризующаяся худшими технологическими качествами. Обычно это свекла, которая чрезмерно долго хранилась или подвергалась действию мороза. В таких случаях классические методы очистки соков, заканчивающиеся хорошо выполненной последней карбонатацией, не являются достаточными для удаления кальциевых солей из соков. Необходимо применять дополнительные методы декальцинации соков.

На основании многолетних исследований сравнивали результаты разных методов декальцинации соков с большим содержанием кальциевых солей. Диффузионные соки имели доброкачественность 89 и 88. После очистки классическим методом (метод 1), эти соки содержали 98 мг CaO/100°Bx и 161 мг CaO/100°Bx. Сравнивали эффекты следующих методов декальцинации: 2) добавление соды в большом количестве; 3) декальцинация соков с помощью полистирольного катионита в натриевой форме; 4) декальцинация соков по новому методу с применением аммиака и соды; 5) декальцинация соков аммиачным методом в сочетании с обесцвечиванием сока с помощью зернистого активного угля.

В очищенных соках сравнивали содержание кальциевых солей, щелочность соков, содержание инвертного сахара, а также окраску. Сравнивали также доброкачественность и количество мелассы, потери сахара в мелассе, расход химикатов, образование сточных вод и степень разбавления соков.

Установлено, что наилучшие результаты декальцинации соков достигаются в случае применения аммиака и небольших количеств соды. Дополнительное обесцвечивание соков с помощью зернистого активного угля вызывает уменьшение количества сахара в мелассе и, следовательно, повышение выхода сахара из свеклы на больше чем 1%. Оба метода не вызывают образования сточных вод.

H. Zaorska

COMPARISON OF JUICE DELIMING METHODS

Summary

During the final period of beet campaign, beets of lower technological quality are often processed. They are usually beets, which were kept too long or affected by frost. In such case the classical juice purification methods, followed by a well-performed final carbonatation, are not sufficient to remove lime salts from the juice. Thus the use of additional deliming methods is essential.

On the basis of the several-year research, the results of various methods of deliming juices with a high content of lime salts were compared. Raw juices had a purity of 89 or 88. Upon purification by the classical method (method 1), the juice contained still 98 mg CaO/100°Bx or 161 mg CaO/100°Bx. The following

deliming methods were compared: 2) energetic soda treatment, 3) juice deliming at use of polistyrene cation exchanger in sodium cycle, 4) juice deliming by a recently developed method using ammonia and soda, 5) juice deliming by the ammonia method in connection with decolorizing juice by granular activated carbon.

In the purified juice, the content of lime salts, juice alkalinity, invert content and colour index were compared. The purification and the amount of final molasses, molasses sugar loss, use of chemicals, amount of waste waters and juice dilution degree were compared as well.

It has been confirmed that the best results of juice deliming were reached at use of ammonia and a small amount of soda. An additional juice decolorization by means of granular carbon caused a decrease in the amount of molasses sugar and thus an increase of the sugar yield from beets by over 1%. Both methods do not give waste waters.