

OCZYSZCZANIE SOKU SUROWEGO PRZY PRZEROBIE BURAKÓW CUKROWYCH O OBNIŻONEJ WARTOŚCI TECHNOLOGICZNEJ

Andrzej Baryga, Bożenna Poleć

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Darowskiego
Oddział Cukrownictwa
Zakład Analityki Cukrowniczej i Technologii Cukru
05-080 Leszno, ul. Inżynierska 4
dyrektor@inspcukr.pl

Streszczenie

Zbadano alternatywne metody oczyszczania soków cukrowniczych uzyskanych z buraków cukrowych zdegradowanych termicznie oraz metody oczyszczania soku surowego, zawierającego wielkocząsteczkowe związki chemiczne pochodzące z biochemicznej degradacji, utrudniające proces jego oczyszczania.

Porównanie wyników badań oczyszczania soku surowego metodą klasyczną z rezultatami oczyszczania z zastosowaniem oddzielania osadu po wstępnym nawapnianiu wskazało na możliwość zmniejszenia zabarwienia soku, zawartości soli wapniowych oraz wzrost czystości soku rzadkiego i efektu oczyszczania.

Zastosowanie preparatu blokującego proces ekstrakcji związków koloidowych z krajanki i przyspieszającego proces sedymentacji podczas rozdzielania faz gwarantuje obniżenie zawartości soli wapniowych, wzrost czystości soku rzadkiego i efektu oczyszczania.

Słowa kluczowe: oczyszczanie, sok surowy, sok rzadki, wartość technologiczna

PURIFICATION OF RAW JUICE DERIVED FROM SUGAR BEETS OF DECREASED TECHNOLOGICAL QUALITY

Summary

Examined alternative methods of treatment of sugar juice obtained from sugar beet thermally degraded, and the methods of treatment of raw juice containing from biochemical degradation of macromolecular compounds that hinder the process of purification.

Comparison of results obtained from purification of raw juice using classical method with the use of precipitation separation after preliminary liming indicated the possibility

of the decrease in juice colouration, calcium salt content and the increase in the purity of thin juice and purification efficiency.

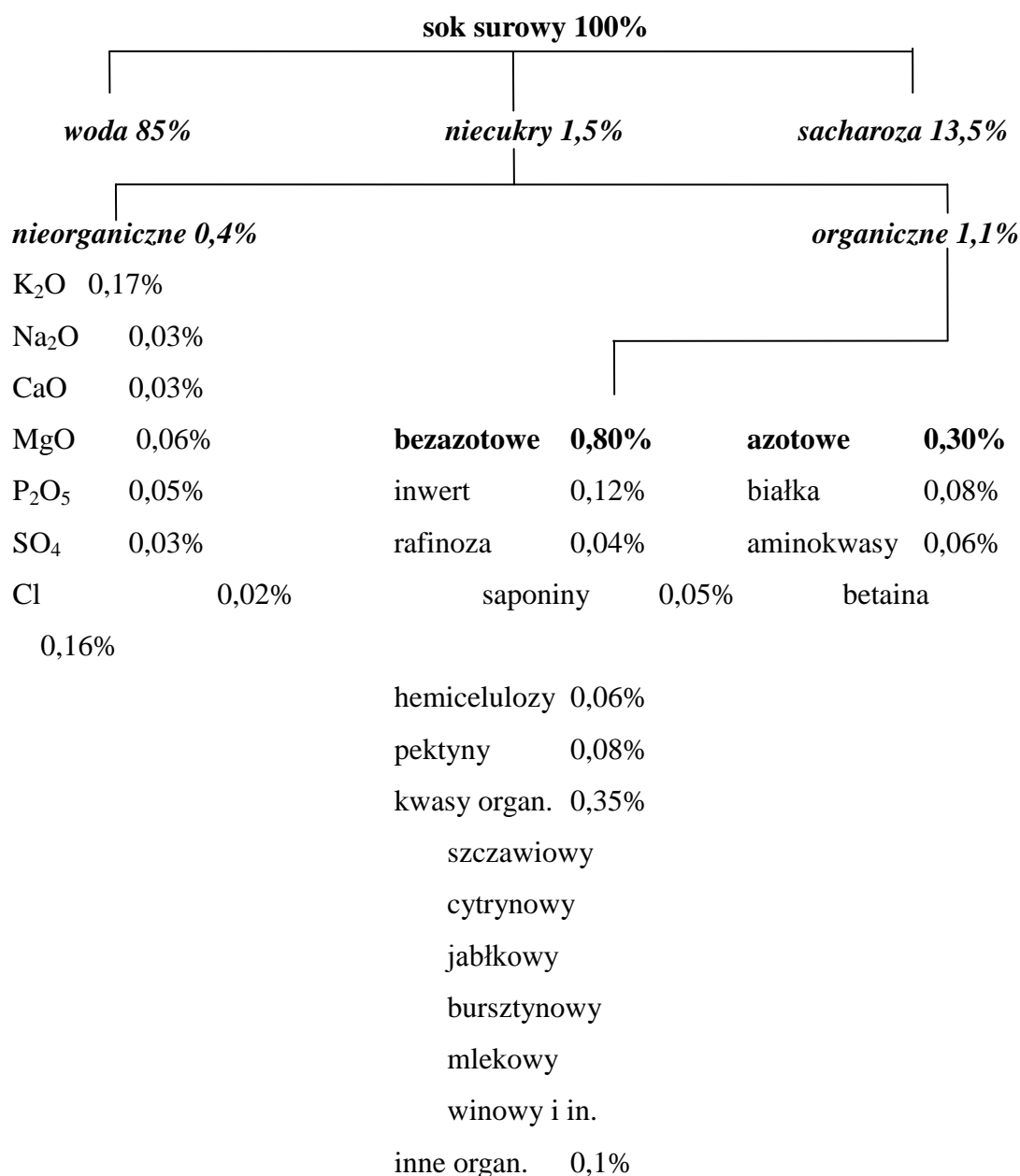
The use of the preparation blocking extraction of colloidal compounds from cossettes and accelerating sedimentation process during phase separation guarantees the decrease in calcium salts content, the increase in thin juice purity and purification efficiency.

Key words: purification, raw juice, thin juice, technological quality

WSTĘP

Skład chemiczny soku surowego zależy od wielu czynników, między innymi od odmiany i jakości buraków cukrowych oraz od sposobu prowadzenia procesu ekstrakcji. Niecukry występujące w soku surowym, których łączna zawartość waha się od 9 do 13% suchej substancji soku, są częściowo usuwane w procesie oczyszczania soku, jednakże część z nich przechodzi do melasu. Prawidłowo prowadzony proces oczyszczania soku warunkuje usuwanie zarówno koloidów, jak i pozostałych niecukrów.

Przeciętny skład chemiczny soku surowego przedstawia schemat 1.



Schemat 1. Skład chemiczny soku surowego
The chemical composition of raw juice

Do typowych czynników zewnętrznych prowadzących do nieodwracalnych zmian w składzie chemicznym materii korzeni buraków cukrowych i zamierania komórek oraz tkanek należą m.in.:

- wzrost temperatury podczas przechowywania buraków w kopcach,
- warunki, w których komórki tracą co najmniej 25% wody,
- porażenie buraków przez mrozy,

- gwałtowny wzrost temperatury zewnętrznej powodujący odwilż, związany z atakowaniem rozmrożonych korzeni przez bakterie wytwarzające śluzy, szczególnie z grupy *Leuconostoc* [Dobrzycki 1984].

Wymienione warunki, wywołujące zamieranie komórek i tkanek, powodują degradację buraków, która niezależnie od rodzaju czynnika zewnętrznego przebiega praktycznie podobnie. Skutki degradacji korzeni, wpływające na wystąpienie trudności w przebiegu procesu technologicznego oraz na wyniki techniczne i ekonomiczne cukrowni, ujawniają się głównie w postaci:

A – rozkładu sacharozy i wzrostu ilościowego inwertu.

Buraki zawierające 5% inwertu są już nieprzydatne do przetworzenia na cukier. Inwert, jako aktywny związek chemiczny, może być substratem służącym do tworzenia się kwasów organicznych, a także tworzyć z innymi niecukrami niepożądane substancje pogarszające jakość półproduktów i cukru konsumpcyjnego, jak np.:

- inwert + kwas mlekowy → sole wapniowe
- inwert + aminokwasy → substancje barwne

B – destrukcji miąższu korzeni.

Miąższ zawiera około 30% pektyn ulegających degradacji, zachodzącej głównie pod wpływem enzymów pektolitycznych pochodzących z pleśni [Waleriańczyk i Żero 2005]. Degradacja pektyn prowadzi aż do kwasu galakturonowego. Większość zdegradowanych pektyn trafia do osadów saturacyjnych, które wykazują konsystencję mazistą, powodując szybki wzrost ściśliwości, utrudniającej rozdział faz w procesie filtracji. Przez analogiczne przemiany, wywołujące podobne skutki procesowe, przechodzą arabany, których jest około 30% w ss. miąższu korzeni.

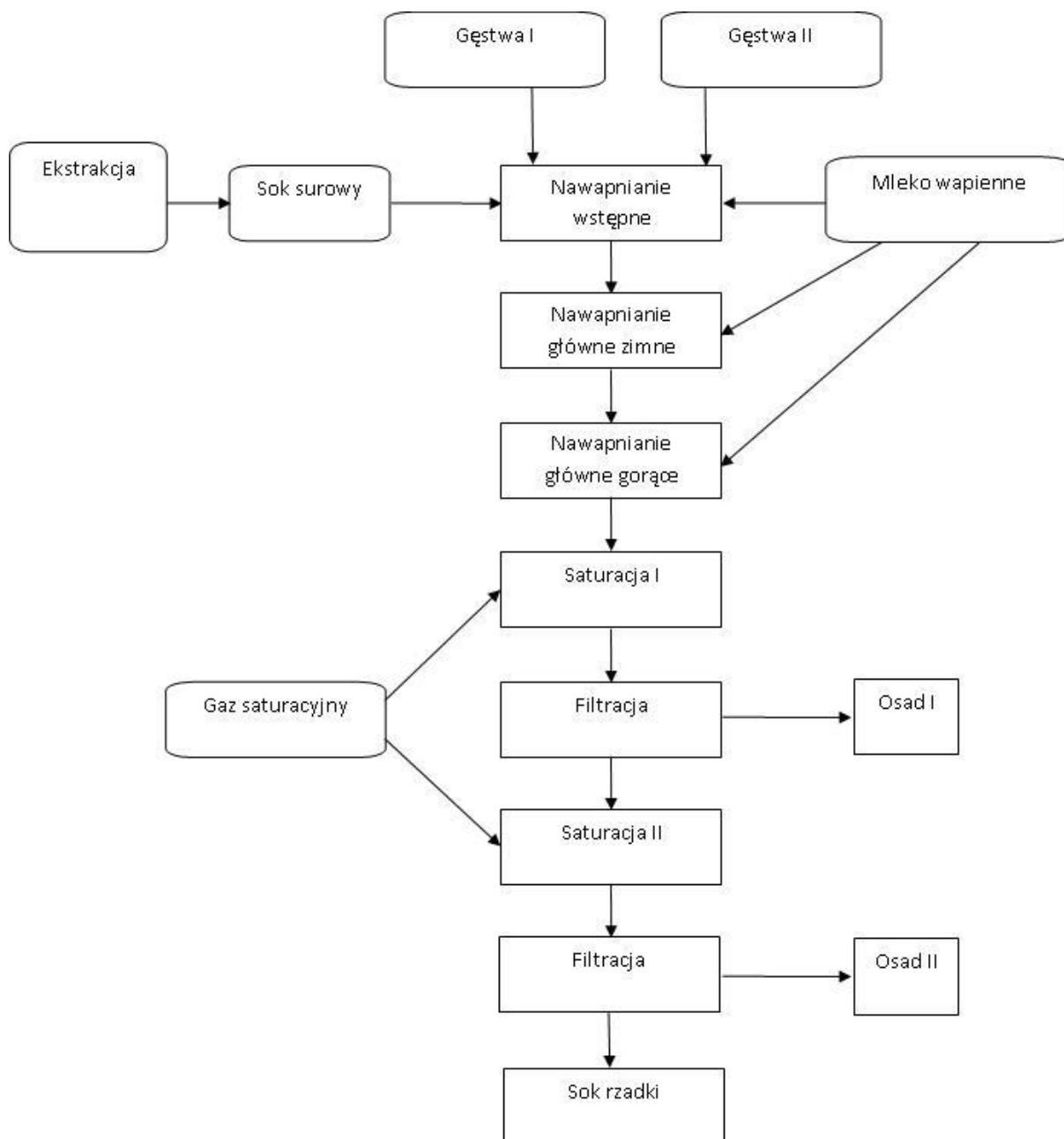
C – pojawiania się fermentacji śluzowej.

Końcowe produkty fermentacji śluzowej, tj. dekstrany i lewany, są wyjątkowo szkodliwe dla technologii przetworzenia buraków na cukier.

Decydujące znaczenie w cukrownictwie wykazują dekstrany. W soku cukrowniczym rozpuszcza się od 1 do 4 g dekstranu/dm³. Obecność tych polisacharydów w wodnych roztworach cukru powoduje gwałtowny wzrost oporów filtracji osadów tworzących się w oczyszczanych sokach, co nie tylko utrudnia ruch fabryki, lecz może doprowadzić nawet do jego całkowitego zatrzymania [Baryga i in. 2007–2010].

Przedstawione powyżej skutki degradacji buraków cukrowych wskazują na konieczność opracowania takiego sposobu oczyszczania, który umożliwiłby zarówno pracę

fabryki na przyzwoitym poziomie dobowego przerobu korzeni, jak i otrzymanie soków pozwalających uzyskać dobrą wydajność i jakość gotowego wyrobu. W związku z tym klasyczny schemat oczyszczania soku surowego (schemat 2) może okazać się niewystarczający do uzyskania soku rzadkiego, o prawidłowych parametrach do dalszego procesu technologicznego.



Schemat 2. Klasyczny schemat oczyszczania soku surowego
Classic raw juice purification scheme

Literatura podaje różne typy schematów oczyszczania soku surowego, które mogą być wykorzystywane do oczyszczania soków uzyskanych z surowca o obniżonej wartości technologicznej.

Oczyszczanie soku surowego z zastosowaniem wapna oraz dwutlenku węgla w metodzie klasycznej ma na celu zobojętnienie soku i usunięcie z roztworu jak największej ilości niecukrów, przede wszystkim niecukrów powierzchniowo czynnych, i koloidów. Ilość rozpuszczonych związków pektynowych w soku dyfuzyjnym, a zwłaszcza sposób ich wytrącania ma istotny wpływ na zdolność filtracyjną osadu saturacyjnego. Stopień dehydratacji osadu zależy od pH roztworu oraz od stopnia rozkładu łańcuchów pektynowych [Dobrzycki 1962 i 1984; Grabka i Baryga 1999]. W soku o dobrej jakości pod wpływem wapna zachodzi częściowa hydroliza pektyn. Następuje odszczepienie grup acetylowych oraz metylowych i powstają galaretowate sole wapniowe kwasu poligalakturonowego. W dalszym procesie ogrzewania uwalniają się z łańcucha kwas octowy, araban i galaktan. Wytrącają się w postaci osadu nierozpuszczalne sole wapniowe kwasu galakturonowego. Mają one charakter koloidowy i szybciej blokują pory w tkaninach filtracyjnych. Ponadto obecność substancji pektynowych w soku gęstym i w odciekach hamuje krystalizację cukru [Żero 1949; Nikiel 1968; Zagrodzki i Sz wajcowska 1970; Waleriańczyk i Żero 2005]. Problemem jest także zawartość inwertu w soku. Inwert podczas nawapniania ulega przemianie, tworząc w większości rozpuszczalne związki barwne. Przechodzą one razem z sokiem aż do melasu przez cały proces technologiczny, utrudniając jego przebieg. Także rafinoza towarzyszy sacharozie przez cały proces technologiczny, czego wynikiem jest duża odporność na działanie alkaliów, nawet w wysokiej temperaturze [Grabka i Baryga 1998; Grabka 1983; Waleriańczyk i Żero 2005]. Substancje białkowe należą do koloidów hydrofilowych, podobnie jak saponina, czynnych powierzchniowo i w związku z tym powodują pienie się soków. Pod wpływem Ca^{2+} następuje ich koagulacja. Zdenaturowane białko pod wpływem gorącego mleka wapiennego ulega dalszym zmianom: pękają łańcuchy (hydroliza alkaliczna) i powstają krótsze odcinki peptydów. Reakcja przebiega aż do rozpadu na proste aminokwasy i amidy. Produkty przejściowe hydrolizy nie są oddzielane wraz z osadem saturacyjnym i trafiają do melasu. Aminokwasy są szkodliwe, gdyż ich sole wapniowe są łatwo rozpuszczalne, a jedyną możliwością ich usunięcia jest adsorpcja na węglanie wapnia podczas I saturacji. Amidy rozkładają się pod wpływem gorącego wapna i powstają rozpuszczalne asparaginyany, glutaminiany i amoniak. Sole te stanowią element utrudniający krystalizację i przechodzą do melasu. Amoniak z kolei ulatnia się z soku,

obniżając jego pH [Jaworowski 1990; McGinnis 1976; Kubik i in. 1994; Zagrodzki i in. 1972 i 1974]. Grupę związków nieszkodliwych stanowią kwasy (szczawiowy, cytrynowy i winowy), których sole wapniowe są trudno rozpuszczalne w wodzie. Sole te są całkowicie wytrącone i pozostają w osadzie saturacyjnym. Substancje barwne są usuwane głównie przez osadzanie się na powierzchni węglanu wapniowego. Najłatwiej ulegają temu procesowi melanoidyny, natomiast stopień usunięcia produktów alkalicznego rozkładu inwertu zależy od ilości mleka wapiennego. Najtrudniej usuwalne są związki karmelowe [Praca zbiorowa 1979].

Stosowane dotychczas schematy oczyszczania soków surowych, pochodzących z buraków o obniżonej wartości technologicznej, nie są w wystarczającym stopniu efektywne.

Celem pracy było przeprowadzenie badań porównawczych oczyszczania soku surowego uzyskanego z buraków o obniżonej wartości technologicznej z zastosowaniem:

- klasycznej metody oczyszczania soku surowego,
- oczyszczania soku z oddzieleniem osadu po nawapnianiu wstępnym,
- oczyszczania soku z preparatem stanowiącym mieszaninę wysokocząsteczkowych związków polimerowych, przyspieszającego proces adsorpcji i sedymentacji niecukrów podczas rozdzielania faz.

W przeprowadzonych badaniach podjęto próbę opracowania zmodyfikowanego schematu oczyszczania soku surowego z zastosowaniem oddzielania osadu po nawapnianiu wstępnym i z wykorzystaniem preparatu przyspieszającego proces adsorpcji i rozdziału faz (schemat 3).

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiałem użytym do badań była krajanka i sok surowy pobrany w cukrowni podczas przerobu buraków o obniżonej wartości technologicznej. Dodatkowo w procesie ekstrakcji zastosowano mieszaninę wysokocząsteczkowych związków polimerowych („Nowe technologie”, Moskwa, Rosja) w celu minimalizacji dyfuzji koloidów z krajanki do soku surowego oraz przyspieszenia zdolności adsorpcyjnych i sedymentacyjnych wytrąconych niecukrów. Soki surowe poddawano procesowi oczyszczania z zastosowaniem oddzielania osadu po wstępnym nawapnianiu soku. Próby oczyszczania soku prowadzono w skali mikrotechnicznej w cukrowni, w aparacie przedstawionym na schemacie 4. Poszczególne oznaczenia były wykonane zgodnie z opracowaniem „Metody analityczne kontroli produkcji w cukrowniach” [Butwiłowicz i in. 1997].

W pracy wykonywano następujące oznaczenia:

Bx – pozorna zawartość suchej substancji, metoda refraktometryczna,

Ck – zawartość cukru, metoda polarymetryczna

Czystość soku – metoda obliczeniowa według wzoru:

$$Cz = \frac{Ck}{Bx} \times 100 [\%]$$

Gdzie:

Cz – czystość soku [%]

Ck – zawartość sacharozy w soku [%]

Bx – pozorna zawartość suchej substancji w soku [%]

Efekt oczyszczania – metoda obliczeniowa według wzoru:

$$E = \frac{Cz_{s.rz} - Cz_{s.s.}}{(100 - Cz_{s.s.}) \cdot Cz_{s.rz.}} \times 10000 [\%]$$

Gdzie:

E – efekt oczyszczenia [%]

Cz_{s.sur.}, Cz_{s.rz.} – czystości soku surowego i rzadkiego [%]

Sole wapniowe – metoda obliczeniowa według wzoru:

$$S_w = \frac{100 \cdot 100}{V \cdot Bx \cdot d} [\text{g CaO}/100 \text{ Bx}]$$

Gdzie:

S_w – zawartość soli wapniowych [gCaO/100Bx]

V – objętość soku zużyta do miareczkowania wersenianu dwusodowego 1/140 n [cm³]

Bx – pozorna zawartość suchej substancji w soku [%]

d – pozorna gęstość względna odpowiadająca danemu Bx soku [g/cm³]

Zabarwienie soku – metoda spektrofotometryczna, obliczona według wzoru:

$$Zab = \frac{A \cdot 10000}{Bx \cdot b \cdot d} [\text{IU}]$$

Gdzie:

Zab – zabarwienie soku [IU]

A – odczyt absorbancji na spektrofotometrze przy długości fali 560 nm

b – grubość kuwety [cm]

Bx – pozorna zawartość suchej substancji w soku [%]

d – pozorna gęstość względna odpowiadająca danemu Bx soku [g/cm³]

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 przedstawiono średnie wyniki z pięciu cykli badawczych oczyszczania soku surowego metodą klasyczną (schemat 2) oraz zastosowanie procesu oczyszczania z oddzieleniem osadu po nawapnianiu wstępnym. Porównując parametry soku rzadkiego, możemy zauważyć, że zastosowanie metody z oddzieleniem osadu powoduje zmniejszenie zabarwienia soku, zawartości soli wapniowych oraz wzrost efektu oczyszczania. Czystości soku rzadkiego, w przypadku usunięcia osadu po defekacji wstępnej, mają zbliżone wartości.

Tabela 1. Porównanie wyników badań z oczyszczania soku metodą klasyczną i z oddzieleniem osadu po nawapnianiu wstępnym
Comparison of the results of the classical method juice purification and separation of sludge after a preliminary liming

Wyszczególnienie	Sok surowy	Sok rzadki
Oczyszczanie soku surowego metodą klasyczną		
Bx [%]	15,6	15,6
Ck [%]	14,2	14,7
Cz [%]	91,02	94,23
Efekt oczyszczania [%]	nie oznaczano	37,9
Alkaliczność [g/100 ml]	nie oznaczano	0,01
pH	6,4	8,8
Sole wapniowe [mg CaO/100 Bx]	nie oznaczano	76
Zabarwienie [IU]	nie oznaczano	1438
Oczyszczanie soku surowego z oddzieleniem osadu po nawapnianiu wstępnym		
Bx [%]	15,6	16,08
Ck [%]	14,2	15,15
Cz [%]	91,02	94,22
Efekt oczyszczania [%]	nie oznaczano	37,8
Alkaliczność [g/100 ml]	nie oznaczano	0,013
pH	6,4	9,0
Sole wapniowe [mg CaO/100 Bx]	nie oznaczano	69
Zabarwienie [IU]	nie oznaczano	1337

Tabela 2. Porównanie wyników badań procesu ekstrakcji i oczyszczania soku surowego z oddzieleniem osadu po defekacji wstępnej bez dodatku i z dodatkiem rozcieńczonego preparatu przyspieszającego sedymentację
Comparison of the results obtained from the extraction process and juice purification without and with the precipitate separation after a preliminary liming with the addition of pre-diluted preparation accelerating

Wyszczególnienie analiz	Sok surowy	Sok rzadki
Parametry oczyszczania soku surowego z zastosowaniem ekstrakcji bez preparatu		
Bx [%]	8,52	9,21
Ck [%]	7,55	8,55
Cz [%]	88,62	92,83
Efekt oczyszczania [%]	nie oznaczano	39,85
Alkaliczność [g/100 ml]	nie oznaczano	0,013
pH	6,91	9,36
Sole wapniowe [mg CaO/100 Bx]	nie oznaczano	284
Zabarwienie [IU]	nie oznaczano	1563
Parametry oczyszczania soku surowego z zastosowaniem ekstrakcji z preparatem – dawka 0,04 ml (1A : 2B rozcieńczonego 100 razy)		
Bx [%]	8,64	9,58
Ck [%]	7,75	9,00
Cz [%]	89,70	93,95
Efekt oczyszczania [%]	nie oznaczano	43,92
Alkaliczność [g/100 ml]	nie oznaczano	0,008
pH	6,9	9,37
Sole wapniowe [mg CaO/100 Bx]	nie oznaczano	183
Zabarwienie [IU]	nie oznaczano	1738
Parametry oczyszczania soku surowego z zastosowaniem ekstrakcji z preparatem – dawka 0,08 ml (1A : 2B rozcieńczonego 100 razy)		
Bx [%]	8,54	9,05
Ck [%]	7,70	8,35
Cz [%]	90,16	92,27
Efekt oczyszczania [%]	nie oznaczano	23,24
Alkaliczność [g/100 ml]	nie oznaczano	0,005
pH	6,8	8,05
Sole wapniowe [mg CaO/100 Bx]	nie oznaczano	184
Zabarwienie [IU]	nie oznaczano	1301

W tabeli 2 zestawiono średnie wyniki z pięciu cykli badawczych procesu ekstrakcji i oczyszczania soku surowego z oddzieleniem osadu po defekacji wstępnej z wykorzystaniem preparatu przyspieszającego proces sedymentacji podczas rozdzielania faz. Zastosowany środek chemiczny dodawano do procesu ekstrakcji w różnych dawkach – od 0,04 ml do 0,2 ml, przygotowując wcześniej jego roztwór (dwuskładnikowa mieszanina różnych polimerów – składnika A i składnika B w stosunku 1:2, w 100-krotnym rozcieńczeniu). Porównując wyniki badań, można zauważyć, że dodatek 0,04 ml środka chemicznego do procesu ekstrakcji powodował obniżenie zawartości soli wapniowych z 284 mg CaO/100 Bx do 183 mg CaO/100 Bx oraz wzrost efektu oczyszczania z 39,8% do 43,9% i czystości soku rzadkiego z 92,8% do 93,9%. Zwiększenie dawki preparatu do 0,08 ml spowodowało spadek efektu oczyszczania w stosunku do ekstrakcji bez użycia preparatu z 39,8% do 23,2%, ale zmniejszenie zabarwienia soku rzadkiego z 1563 IU do 1301 IU.

Tabela 3. Porównanie wyników z procesu ekstrakcji i oczyszczania soku surowego z oddzieleniem osadu po defekacji wstępnej z dodatkiem stężonego preparatu przyspieszającego sedymentację
Comparison of the results obtained from the extraction process and juice purification with the precipitate separation after a preliminary liming and the use of concentrated preparation accelerating sedimentation

Wyszczególnienie	Sok surowy	Sok rzadki
Parametry oczyszczania soku surowego z zastosowaniem ekstrakcji krajanki bez preparatu		
Bx [%]	8,11	8,59
Ck [%]	7,15	7,85
Cz [%]	88,2	91,4
Efekt oczyszczania [%]	nie oznaczono	29,7
Alkaliczność [g/100 ml]	nie oznaczono	0,012
pH	6,7	9,7
Sole wapniowe [mg CaO/100 Bx]	nie oznaczono	511
Zabarwienie [IU]	nie oznaczono	3058

Parametry oczyszczania soku surowego z zastosowaniem ekstrakcji krajanki z preparatem stężonym – dawka 0,08 ml składnika A i 0,16 ml składnika B		
Bx [%]	8,15	8,83
Ck [%]	7,2	8,0
Cz [%]	88,3	90,6
Efekt oczyszczania [%]	nie oznaczono	21,7
Alkaliczność [g/100 ml]	nie oznaczono	0,012
pH	6,7	9,2
Sole wapniowe [mg CaO/100 Bx]	nie oznaczono	457
Zabarwienie [IU]	nie oznaczono	3008
Parametry oczyszczania soku surowego z zastosowaniem ekstrakcji krajanki z preparatem stężonym – dawka 0,16 ml składnika A i 0,16 ml składnika B		
Bx [%]	8,69	8,97
Ck [%]	7,9	8,35
Cz [%]	91,0	93,1
Efekt oczyszczania [%]	nie oznaczono	25,1
Alkaliczność [g/100 ml]	nie oznaczono	0,012
pH	6,8	9,5
Sole wapniowe [mg CaO/100 Bx]	nie oznaczono	298
Zabarwienie [IU]	nie oznaczono	1884
Parametry oczyszczania soku surowego z zastosowaniem ekstrakcji krajanki z preparatem stężonym – dawka 0,2 ml składnika A i 0,4 ml składnika B		
Bx [%]	14,88	15,4
Ck [%]	13,6	14,5
Cz [%]	91,4	94,16
Efekt oczyszczania [%]	nie oznaczono	34,1
Alkaliczność [g/100 ml]	nie oznaczono	0,015
pH	6,1	8,95
Sole wapniowe [mg CaO/100 Bx]	nie oznaczono	185
Zabarwienie [IU]	nie oznaczono	2021

W tabeli 3 zamieszczono średnie wyniki z pięciu cykli badawczych procesu ekstrakcji i oczyszczania z oddzieleniem osadu po wstępnym nawapnianiu bez dodatku i z dodatkiem stężonego preparatu i różnych ilości jego składników. Przy dawce 0,2 ml

składnika A i 0,4 ml składnika B nastąpiło obniżenie zabarwienia soku rzadkiego z 3058 IU do 2021 IU, soli wapniowych z 511 mg CaO/100 Bx do 185 mg CaO/100 Bx oraz podwyższenie czystości soku rzadkiego z 91,4% do 94,2% i efektu oczyszczania z 29,7% do 34,1%.

Podsumowując, należy stwierdzić, że doskonalenie sposobu oczyszczania soku znajduje każdorazowo odzwierciedlenie w postaci zaproponowanych innowacji aplikowanych do doskonalonego schematu technologicznego. Klasyczna metoda oczyszczania soku surowego zapewnia dobre rezultaty eliminacji niecukrów z oczyszczonego medium wyłącznie wtedy, gdy do przerobu trafiają buraki zdrowe o zróżnicowanej wartości technologicznej. Buraki zdegradowane termicznie w kopcach, przez wzrost temperatury powodującej odbudowę substancji pektynowych i białkowych oraz rozkład sacharozy do inwertu i kwasów organicznych, wymagają dostosowania procesów ekstrakcji cukru i oczyszczania soku surowego do stopnia destrukcji korzeni.

Ze względu na stosunkowo dużą zawartość w soku surowym wielkocząsteczkowych substancji o wysokim powinowactwie do wody, dominującego znaczenia nabiera zabieg defekosaturacji, umożliwiający dehydratację tych substancji i ich łatwiejszą aglomerację.

WNIOSKI

1. Zastosowanie oddzielania osadu po nawapnianiu wstępnym, prowadzonym za pomocą aktywowanej zawiesiny węgla wapniowego, potwierdziło możliwości uzyskania korzyści technologicznych w porównaniu z klasyczną metodą oczyszczania soku surowego.
2. Zastosowanie metody z oddzieleniem osadu po wstępnym nawapnianiu procesu oczyszczania soku zapewnia zmniejszenie zabarwienia soku i zawartości soli wapniowych oraz wzrost efektu oczyszczania.
3. Proces ekstrakcji i oczyszczania soku surowego z oddzieleniem osadu po nawapnianiu wstępnym można udoskonalić przez zastosowanie preparatu przyspieszającego proces sedymentacji podczas rozdzielania faz, uzyskując obniżenie zawartości soli wapniowych, wzrost efektu oczyszczania oraz czystości soku rzadkiego.

PIŚMIENNICTWO

1. Baryga A. i in. (2007–2010). Opracowanie sposobu oczyszczania soku surowego z oddzieleniem osadu po nawapnianiu wstępnym. (praca niepublikowana)

2. Butwiłowicz A. i in. (1997). *Metody analityczne kontroli produkcji w cukrowniach*. Warszawa: Wyd. Fundacja Rozwój SGGW
3. Dobrzycki J. (1984). *Chemiczne podstawy technologii cukru*. Warszawa: WNT
4. Dobrzycki J. (1962). *Oczyszczanie soków w przemyśle cukrowniczym*. Warszawa: WZPC i STC
5. Grabka J. (1983). *Aparaty w przemyśle cukrowniczym*. Łódź: WPL
6. Grabka J., Baryga A. (1999). *Oczyszczanie soku surowego aktywowanym osadem defekosaturacyjnym*. *Gazeta Cukrownicza*, 6, 101-104
7. Grabka J., Baryga A. (1998). *Oddzielanie miazgi buraczanej z soku surowego w aspekcie jakości soku rzadkiego*. *Gazeta Cukrownicza*, 10, 181-183
8. Jaworowski T. (1990). *Poradnik kontroli produkcji w cukrowniach. cz. I*. Warszawa: STC
9. Kubik C., Galas E., Sikora B. (1994). *Dekstranaza z *Penicillium fusiculosum* 72 – właściwości decydujące o możliwości jej wykorzystania w cukrownictwie*. *Gazeta Cukrownicza*, 6, 102-105
10. McGinnis R. A. (1976). *Cukrownictwo*. Warszawa: WNT
11. Nikiel S. (1968). *Próby oczyszczania soku z oddzieleniem osadu po wstępnej defekacji – przeprowadzone w Polsce*. *Gazeta Cukrownicza*, 1, 14
12. *Praca zbiorowa* (1979). *Przepisy kontroli fabrykacji w cukrowniach*. Warszawa: STC
13. Waleriańczyk E., Żero M. (2005). *Praktyczne przesłanki do weryfikacji zużycia CaO w cukrowniach*. *Gazeta Cukrownicza*, 6, 162-167
14. Zagrodzki S., Szwajcowska K. (1970). *Oddzielanie niecukrów skoagulowanych podczas defekacji wstępnej*. *Gazeta Cukrownicza*, 12, 283-285
15. Zagrodzki S., Szwajcowska K. (1972). *Usuwanie niecukrów po wstępnej defekacji i wstępnej saturacji soku surowego*. *Gazeta Cukrownicza*, 8, 197-199
16. Zagrodzki S., Szwajcowska K., Zagrodzki S. jr., Zagrodzka H. (1974). *Oczyszczanie soku surowego z wielokrotną karbonatacją wstępną*. *Gazeta Cukrownicza*, 5, 113-117
17. Żero W. (1949). *Wykorzystanie niecukrów soku dyfuzyjnego*. *Gazeta Cukrownicza*, 1, 41-47; 2, 105-108; 3, 147-158; 4, 209-212