

ZMIANY WIELKOŚCI PARAMETRÓW CHEMICZNYCH ORAZ STOPNIA MIKROBIOLOGICZNEGO ZANIECZYSZCZENIA SOKU GĘSTEGO PODCZAS JEGO SKŁADOWANIA

Teresa Sumińska, Małgorzata Kowalska

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego,

Zakład Cukrownictwa, ul. Inżynierska 4, 05-080 Leszno

teresa.suminska@ibprs.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań zmian wielkości parametrów fizykochemicznych i mikrobiologicznego zanieczyszczenia soku gęstego podczas jego przechowywania w zbiornikach.

Badania obejmowały oznaczanie: pozornej zawartości suchej substancji, pozornej zawartości sacharozy, inwertu, pH, zabarwienia, popiołu konduktometrycznego i soli wapniowych oraz analizy mikrobiologiczne obejmujące określenie liczby bakterii mezofilnych, pleśni, drożdży i bakterii wytwarzających substancje śluzowe.

Analizy fizykochemiczne przechowywanego soku gęstego nie wykazały jego istotnych zmian. Sok zachowywał stabilność i nie ulegał degradacji. Analizy mikrobiologiczne soku gęstego, nie wykazały również zmian stopnia mikrobiologicznego zanieczyszczenia.

Słowa kluczowe: przemysł cukrowniczy, sok gęsty, przechowywanie, zbiorniki.

CHANGES IN THE SIZE OF CHEMICAL PARAMETERS AND THE DEGREE OF MICROBIAL CONTAMINATION OF THICK JUICE DURING STORAGE

Summary

The article presents the results of research on changes in the size of physicochemical parameters and microbiological contamination of thick juice during its storage in reservoirs. The tests included determination of apparent content of dry substance, apparent sucrose content, invert, pH, color, conductometric ash and calcium salts as well as microbiological analyzes including determination of the number of mesophilic bacteria, mold, yeast, and bacteria producing mucous substances.

Physicochemical analyzes of stored dense juice did not show any significant changes. The juice was stable and not degraded. Microbiological analysis of dense juice also showed no change in the degree of microbial contamination.

Keywords: sugar industry, dense juice, storage, tanks.

WSTĘP

Stosunkowo niska trwałość buraków cukrowych jako surowca dla celów przetwórczych, pozostająca w ścisłym związku z warunkami atmosferycznymi, stwarza konieczność możliwie najszybszego ich przerobu w celu ograniczenia strat w masie i cukrze podczas przechowywania, jak również w celu zmniejszenia strat produkcyjnych podczas kampanii przerobowej dla osiągnięcia jak najlepszych wyników techniczno-produkcyjnych i ekonomicznych.

Jednym z rozwiązań, które przy dalszej rozbudowie i modernizacji istniejących cukrowni zostało wzięte pod uwagę to magazynowanie soku gęstego w zbiornikach - do przerobu na cukier po zakończeniu kampanii buraczanej (Góralczyk 1970) lub produkcji bioetylenu i bioetanolu (Kuhlmann T., 2014).

Sok gęsty powstaje wskutek zagęszczenia soku rzadkiego w wyparce. Razem z innymi odciekami powstającymi podczas procesu technologicznego produkcji cukru zasila warniki, w których dochodzi do krystalizacji sacharozy. Sok gęsty, przeznaczony do składowania odbiera się z wyparki i ogrzewa do około 90°C, aby ułatwić filtrację pod ciśnieniem, mającą na celu usunięcie drobnoustrojów i zawiesin.

Sok pompuje się do zbiornika magazynowanego, przy czym przed wejściem chłodzi się go w wymienniku ciepła. Wymiennik ciepła służy też potem do ogrzewania soku w czasie odbioru ze zbiornika i przerobu w fabryce. Należy dopilnować, aby soku przed wprowadzeniem do zbiornika nie ochłodzić poniżej temperatury otoczenia, bowiem może to spowodować problemy z krystalizacją (Mc Ginnis R.A. 1976).

Zbiorniki do magazynowania soku powinny być czyste i bezpośrednio przed użyciem dokładnie wysterylizowane, a sok kierowany do magazynowania oczyszczony i również sterylny. Stężenie soku powinno być możliwie bliskie punktu nasycenia, zależnego od czystości i temperatury magazynowania soku. Za wysoka gęstość, przekroczenie punktu nasycenia, albo za niska temperatura podczas magazynowania w regionach o zimnym klimacie mogą doprowadzić do krystalizacji podczas magazynowania. Należy dołożyć wszelkich starań, by nie dopuścić do skroplenia pary wodnej, a sok przed skierowaniem do

zbiorników magazynowych powinien być ochłodzony prawie do temperatury otoczenia. Zbiorniki projektuje się tak, żeby powierzchnia soku była możliwie najmniejsza po ich napełnieniu. W zbiornikach zapewnia się wymianę przefiltrowanego powietrza, co ma zapobiec skraplaniu się pary na ścianach i pod dachem zbiornika. Jedną z metod odgrodzienia syropu od oparów jest utrzymywanie warstwy oleju na powierzchni soku.(Dobrzycki, 1973).

Magazynowanie oczyszczonych gęstych syropów buraczanych ma wiele zalet:

- ♣ Surownia cukrowni może być rozbudowana bez konieczności powiększania produktowni, co daje możliwość zwiększenia przerobu dobowego cukrowni, bez dodatkowego kosztu na rozbudowanie produktowni.
- ♣ Cukrownia może produkować cukier przez dłuższy czas, a produkcja nie zależy od równomierności dostawy buraków do przerobu.
- ♣ Magazynowanie soku jest formą magazynowania cukru, ale zarówno tańszą jak i bezpieczniejszą niż magazynowanie cukru luzem, ponieważ nie ma ryzyka eksplozji pyłu. Produkcję cukru można tak rozłożyć, aby pokryć szczyty zapotrzebowania i dostosować program pakowania do bieżących potrzeb.
- ♣ Zdolność produkcyjna fabryki i wydajność wzrastają, gdyż przy magazynowaniu oczyszczonego soku produktownia oraz surownia nie są tak wzajemnie zależne od siebie. Jeżeli zdarzy się awaria w surowni, to praca produktowni może być podtrzymywana przy pełnej przepustowości przez zawracanie magazynowanego soku. Jeśli z jakiegokolwiek powodu zmniejszy się przepustowość produktowni, to surownia może pracować nadal z maksymalną zdolnością przerobową, a nadmiar wyprodukowanego soku kieruje się do magazynowania.
- ♣ Przechowując cały wyprodukowany sok i biorąc do produktowni tylko sok ze zbiorników, uzyskuje się możliwość pracy produktowni z całkowitą automatyzacją i sterowaniem przez maszynę matematyczną. Skład soku gęstego zasilającego produktownię jest niezmienny.
- ♣ Umiejętny dobór ilości oczyszczonego soku gęstego, kierowanego do magazynowania ułatwia regulację czystości i wyczerpanie melasu w optymalnych warunkach pracy produktowni. Zapewnia to wyższą wydajność cukru.(Dobrzycki J. 1984; Mc Ginnis R.A. 1976).

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Realizacja pracy obejmowała:

1. Analizy chemiczne obejmujące: pozorną zawartość suchej substancji, pozorną zawartość sacharozy, inwert, pH, zabarwienie, popiół konduktometryczny i sole wapniowe,
2. Analizy mikrobiologiczne określające liczbę bakterii mezofilnych, pleśni, drożdży, bakterii tworzących śluzy oraz przetrwalników bakterii mezofilnych i termofilnych tlenowych.

Materiał do badań stanowiły próbki soku gęstego transportowanego i przechowywanego od września 2017 do kwietnia 2018 roku w dwóch zbiornikach. Próbki pobierano z trzech poziomów zbiorników: kranik 1 – poziom dolny, kraniki 5, 6 – poziom środkowy, kranik 10 i 11 – poziom górny.

Oznaczenia wykonywano następującymi metodami:

- pozorna zawartość suchej substancji – metoda refraktometryczna
- pozorna zawartość sacharozy – metoda polarymetryczna
- zawartość inwertu – metoda miareczkowa
- pH- metoda potencjometryczna
- zabarwienie – metoda spektrofotometryczna
- popiół konduktometryczny – metoda konduktometryczna
- sole wapniowe – metoda miareczkowa

Analizy mikrobiologiczne próbek soku gęstego wykonano metodami:

- bakterie mezofilne – ICUMSA GS2/3-41(2011),
- pleśnie i drożdże – ICUMSA GS2/3-47(2013),
- bakterie tworzące śluzy – ICUMSA GS2/3-45(2002)
- przetrwalniki bakterii termofilnych tlenowych – ICUMSA GS2/3-49(1998).

Liczbę przetrwalników bakterii mezofilnych tlenowych oznaczono wg normy PN-91-A74855/12.

WYNIKI I DYSKUSJA

Podczas kampanii 2017/18 badany sok gęsty kierowano do specjalnych zbiorników, o pojemności 30 000 t, przeznaczonych do jego magazynowania. Przyjmując, że sok ten wykaże: pozorną zawartość substancji suchej $Bx=70\%$ i czystość $Cz=94\%$, to w zbiorniku zmagazynowane będzie:

- cukru ~20 000 t,
- suchej masy ~21 000 t,
- niecukrów ~1 000 t,
- wody ~9 000 t.

Sok przekazywany był do magazynowania przez około cztery miesiące (od września do grudnia 2017 r.).

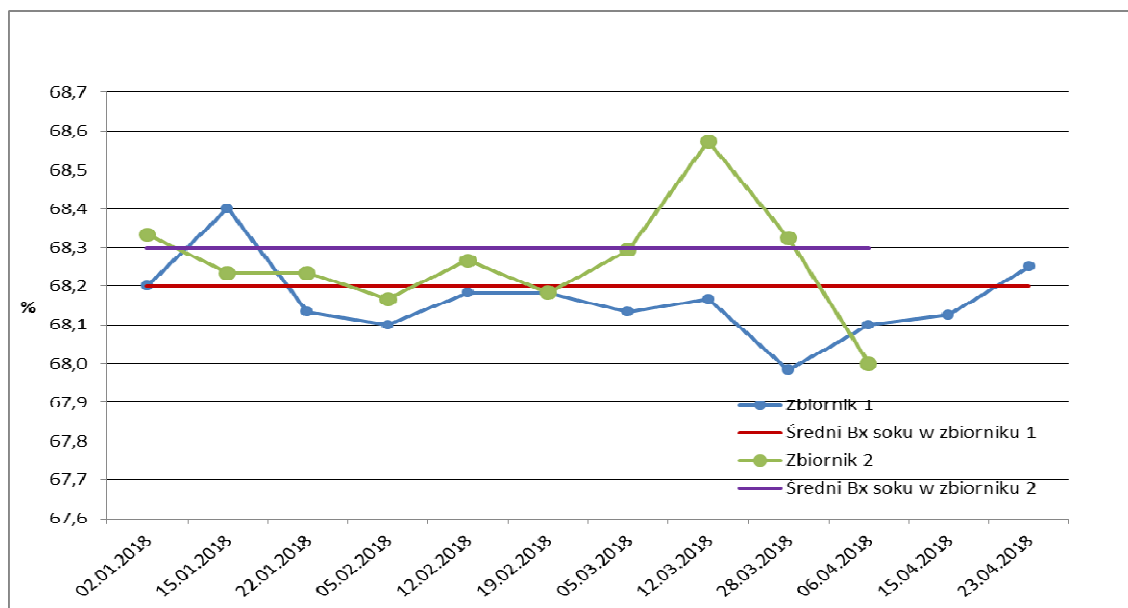
Tabela 1. Średnie parametry fizykochemiczne soku gęstego, kierowanego do magazynowania i przechowywanego w zbiornikach nr 1 i 2

Average physicochemical parameters of dense juice directed to storing and stored in tanks no 1 and 2

	Bx	Ck	Inwert	Popiół kondukto- metryczny	pH	Sole wapniowe	Zabarwie- nie	Czystość
	%					mg CaO/100Bx	IU ₄₂₀	%
Sok na odkład	68,19	63,88	0,16	1,68	9,2	34,2	2664	93,7
Zbiornik 1	68,13	63,9	0,13	1,68	9,2	23,4	2631	93,8
Zbiornik 2	68,20	64,0	0,13	1,66	9,2	25,6	2664	93,8

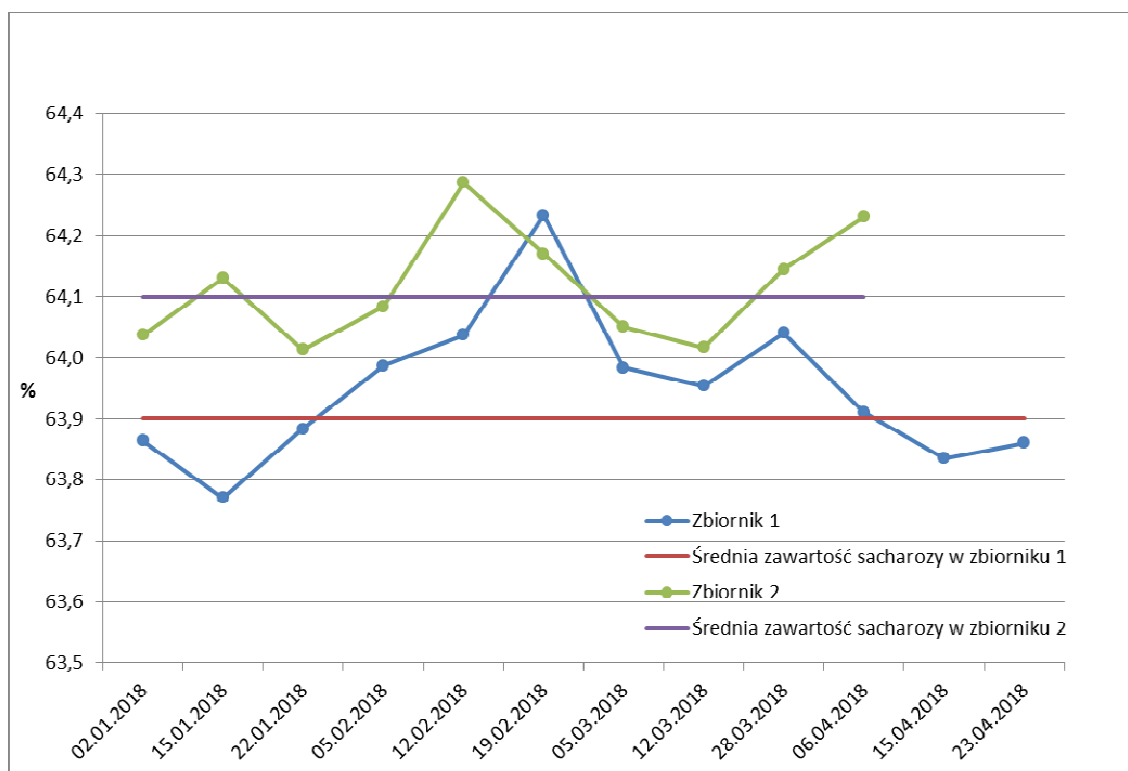
Objaśnienia: Bx- pozorna zawartość suchej substancji; Ck – pozorna zawartość sacharozy

Na kolejnych rysunkach przedstawiono zmiany jakim podlegały poszczególne parametry fizykochemiczne soku podczas przechowywania w okresie od stycznia do kwietnia 2018 r.



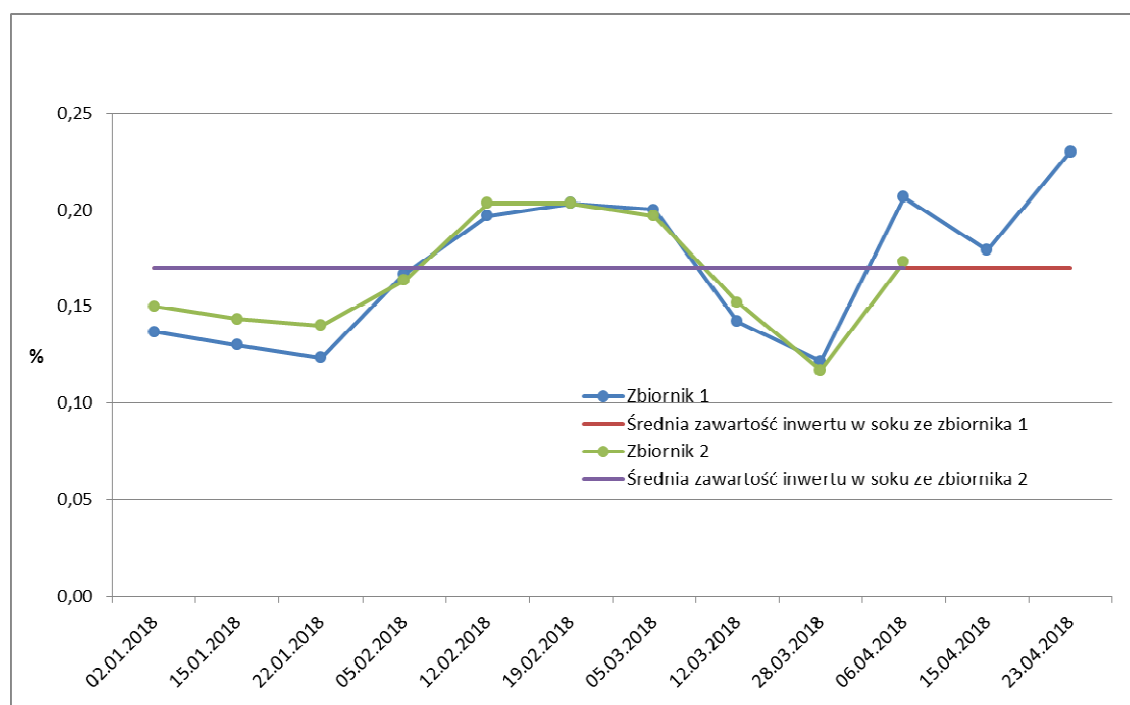
Rysunek 1. Zmiany pozornej zawartości suchej substancji Bx próbek soku gęstego (średnie z trzech kraników) pobieranych z dwóch zbiorników w okresie styczeń–kwiecień 2018 r.

Changes of Bx of dense juice samples (average from three stopcocks) collected from two tanks between January and April 2018.

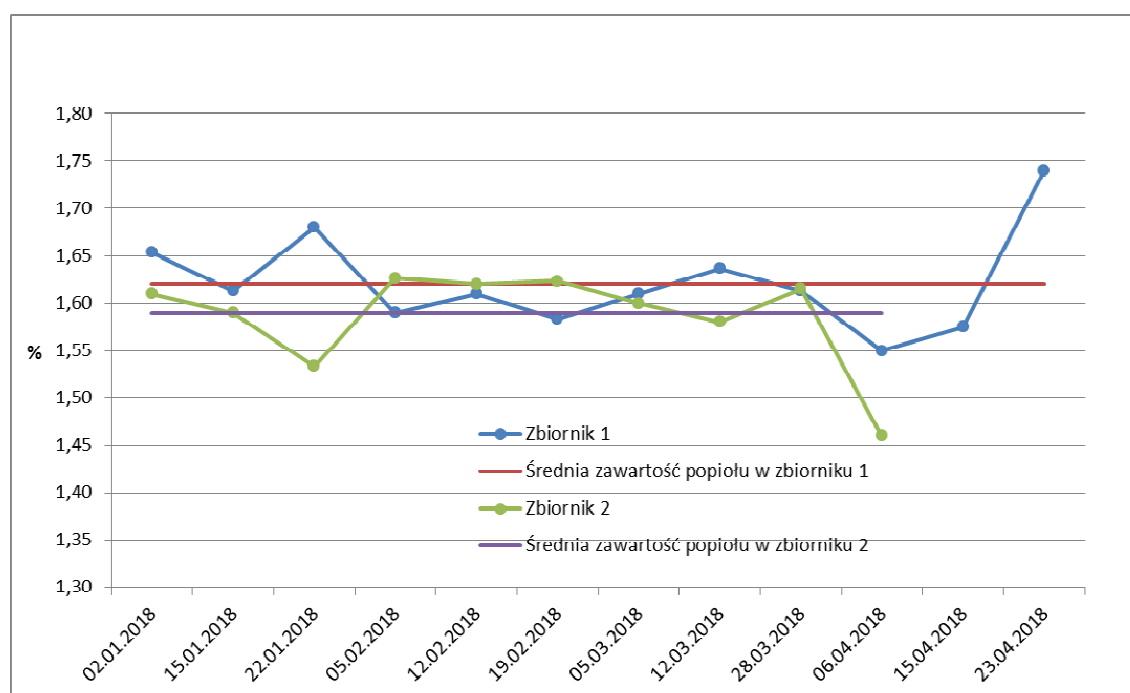


Rysunek 2. Zmiany zawartości sacharozy w próbkach soku gęstego (średnie z trzech kraników) pobieranych z dwóch zbiorników w okresie styczeń–kwiecień 2018 r.

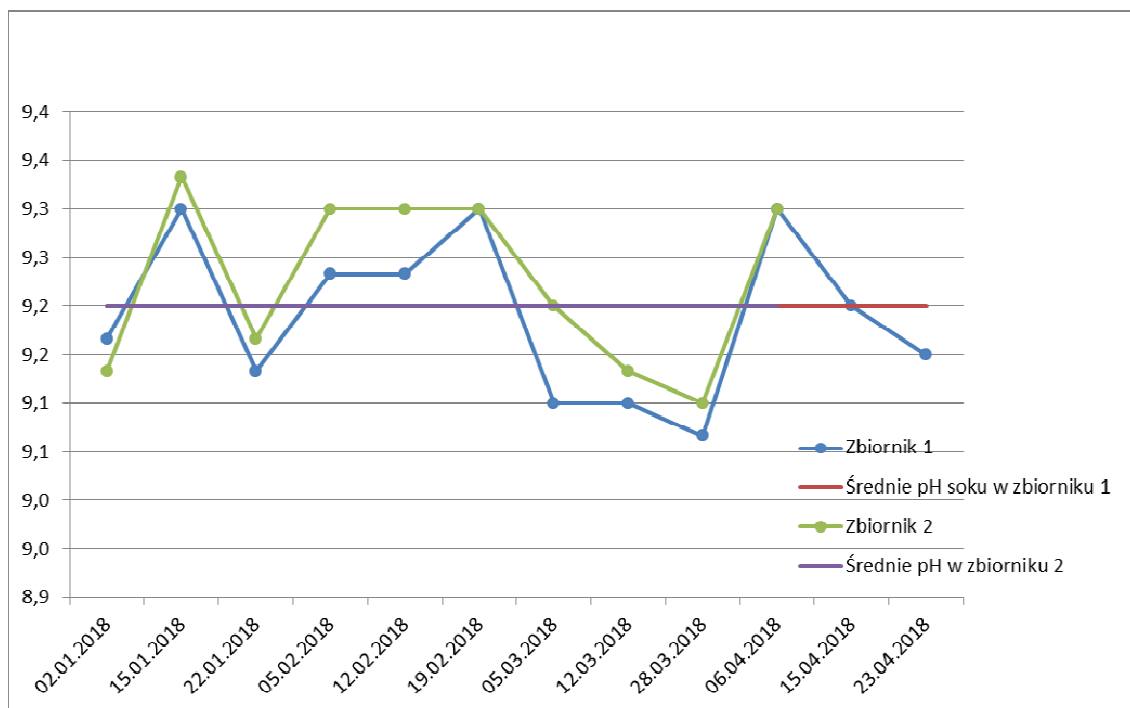
Changes of sucrose content in dense juice samples (average from three stopcocks) collected from two tanks between January and April 2018.



Rysunek 3. Zmiany zawartości inwertu w próbkach soku gęstego (średnie z trzech kraników) pobieranych z dwóch zbiorników w okresie styczeń–kwiecień 2018 r.
Changes of reducing sugars content in dense juice samples (average from three stopcocks) collected from two tanks between January and April 2018.

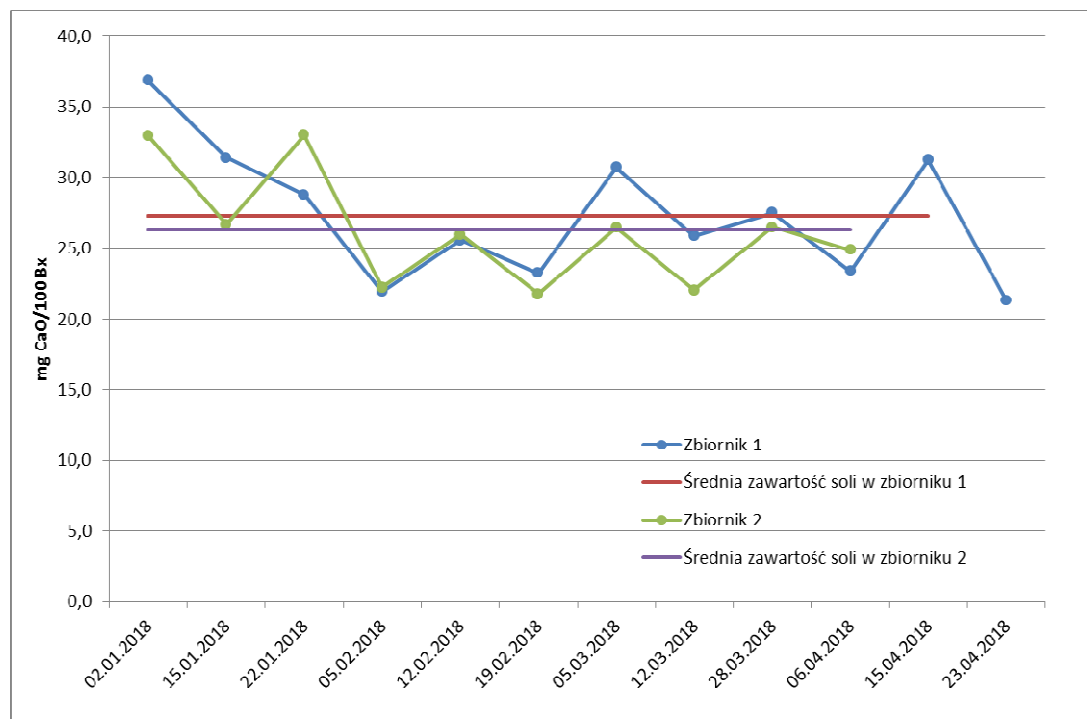


Rysunek 4. Zmiany zawartości popiołu w próbkach soku gęstego (średnie z trzech kraników) pobieranych z dwóch zbiorników w okresie styczeń–kwiecień 2018 r.
Changes of ash content in dense juice samples (average from three stopcocks) collected from two tanks between January and April 2018.



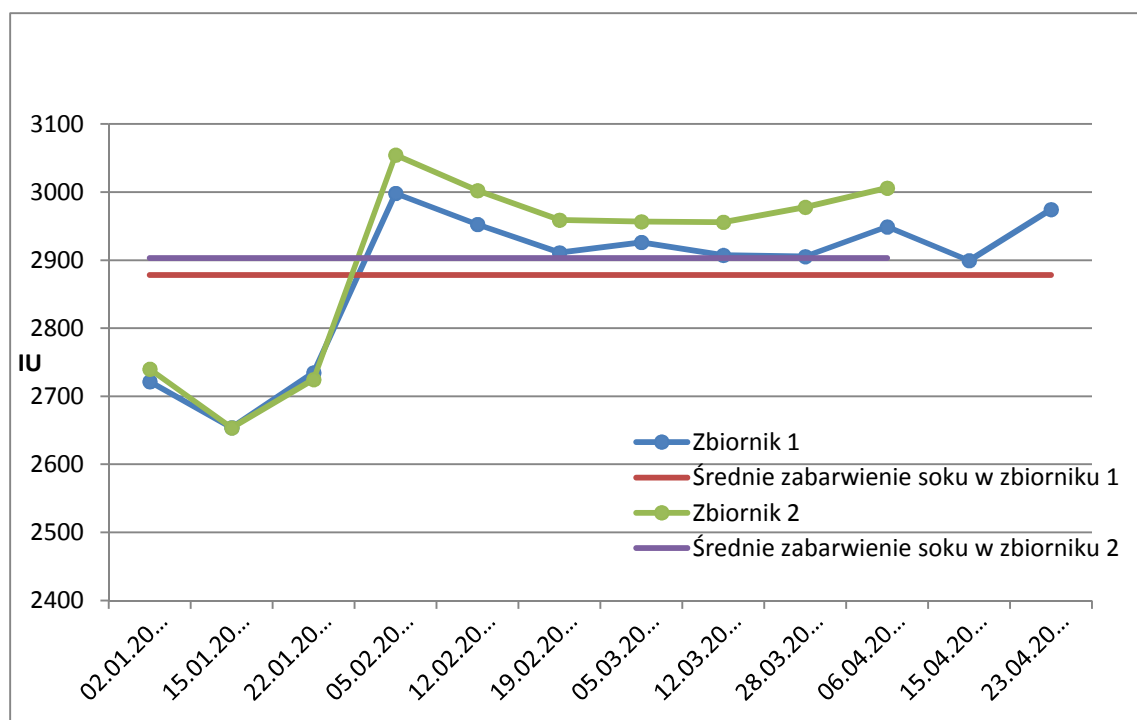
Rysunek 5. Zmiany pH próbek soku gęstego (średnie z trzech kraników) pobieranych z dwóch zbiorników w okresie styczeń-kwiecień 2018 r.

Changes of pH of dense juice samples (average from three stopcocks) collected from two tanks between January and April 2018.



Rysunek 6. Zmiany zawartości soli wapniowych w próbkach soku gęstego (średnie z trzech kraników) pobieranych z dwóch zbiorników w okresie styczeń-kwiecień 2018 r.

Changes of calcium salts content in dense juice samples (average from three stopcocks) collected from two tanks between January and April 2018.



Rysunek 7. Zmiany zabarwienia próbek soku gęstego (średnie z trzech kraników) pobieranych z dwóch zbiorników w okresie styczeń-kwiecień 2018 r.
Changes of the colouration of dense juice samples (average from three stopcocks) collected from two tanks between January and April 2018.

Na rysunkach nr 1, 2, 3, 4, 5, 6 i 7 przedstawiono jak kształtowały się zmiany parametrów fizykochemicznych przechowywanego w zbiornikach soku gęstego. Sok zachowywał stabilność i nie ulegał degradacji.

Tylko w przypadku dwóch parametrów zauważono wzrost wartości średniej przechowywanego soku. Dotyczy to zawartości inwertu i zabarwienia soku gęstego. Średnia zawartość inwertu w soku przesyłanym do zbiorników wyniosła 0,13% dla obu zbiorników. Do początku kwietnia 2018 roku wartość liczbową tego parametru wzrosła do 0,17%. Przyrost wyniósł więc ok. 30%. W tym samym czasie zabarwienie soku gęstego:

- przechowywanego w zbiorniku pierwszym wzrosło od 2631 IU do 2874, czyli o ok. 9%,
- przechowywanego w zbiorniku drugim wzrosło od 2664 do 2893, czyli również o ok. 9%.

Pozostałe parametry soku gęstego nie ulegały znaczącym zmianom.

Próbki soku gęstego poddano także analizom mikrobiologicznym. Główną przyczyną degradacji magazynowanego soku gęstego są drobnoustroje. Sok gęsty transportowany do zbiorników charakteryzował się zróżnicowanym stopniem mikrobiologicznego zanieczyszczenia. Liczba bakterii mezofilnych w soku gęstym kierowanym do zbiornika nr 2 (napełniony w pierwszej kolejności) była znacznie większa niż w soku gęstym, którym

napełniono zbiornik nr 1. Natomiast w próbkach soku gęstego kierowanego do zbiornika nr 1 stwierdzono większą liczbę przetrwalników bakterii mezofilnych i termofilnych niż w soku gęstym, którym napełniano zbiornik nr 2 (tabela 2).

Tabela 2. Mikrobiologiczne zanieczyszczenie soku gęstego kierowanego do zbiorników

Microbiological contamination of thick juice directed to tanks

Zbiornik	Bakterie mezofilne	Pleśnie	Drożdże	Bakterie tworzące śluzy	Przetrwalniki bakterii mezofilnych	Przetrwalniki bakterii termofilnych tlenowych
średnia liczba drobnoustrojów jtk/10 g próbki						
Zbiornik nr 2 (od 09.10.2017 r. do 02.11.2017 r.)	4,4x10 ³	0,7	0	0,7	12	9
Zbiornik nr 1 (od 21.11.2017 r. do 14.12.2017 r.)	25	0,25	0	0,25	58	56

Uzyskane wyniki (tabela 3 i 4) wskazują, że próbki soku gęstego przechowywanego w zbiorniku nr 2 zawierały większą liczbę bakterii mezofilnych (ok. 10³ jtk) i bakterii tworzących śluzy niż sok gęsty ze zbiornika nr 1. W próbkach soku gęstego ze zbiornika nr 1 stwierdzono większą liczbę przetrwalników bakterii niż w próbkach ze zbiornika nr 2. Sporadycznie, w badanych próbkach stwierdzano obecność pleśni i drożdży. Większą liczbę pleśni wykryto w próbkach pobranych z górnej części zbiorników, co może być spowodowane większym kontaktem soku z powietrzem. Z danych przedstawionych w materiałach z konferencji (Dzilińska M., 2017) liczba bakterii mezofilnych w zależności od zbiornika i roku wyniosła maksymalnie 200 jtk/10 g próbki. Pomimo znacznie wyższej liczby drobnoustrojów w badanych próbkach nie nastąpiła degradacja soku gęstego, czego potwierdzenie jest wysokie pH. Badania Heina W. i Pollacha G. (2002) dowodzą, że to drobnoustroje powodują spadek pH przechowywanego soku gęstego. Juste A. i inn., (2008) wykryli w magazynowanym soku bakterie z rodzaju: *Bacillus*, *Staphylococcus* i *Tetragenococcus*, natomiast w soku kierowanym do zbiorników: *Acinetobacter*, *Sporolactobacillus* i *Thermus*. Stwierdzili, że *Tetragenococcus halophilus* indukuje degradację soku gęstego, i że większość bakterii wykrytych w magazynowanym soku gęstym, obecna była także w powietrzu.

Badania przeprowadzone przez Zakład Cukrownictwa wykazały, że poziom mikrobiologicznego zanieczyszczenia podczas przechowywania soku gęstego w obu zbiornikach nie ulegał istotnym zmianom. Liczba drobnoustrojów w okresie przechowywania soku gęstego w obu zbiornikach utrzymywała się na stabilnym poziomie. Znacząca różnica w liczebności drobnoustrojów w niektórych próbkach może być spowodowana procesem poboru próbki soku gęstego.

Tabela 3. Mikrobiologiczne zanieczyszczenie soku gęstego w zbiorniku nr 2

Microbial contamination of thick juice in the tank 2

Data poboru próbki soku gęstego	Średnia liczba drobnoustrojów [jtk/10 g] w próbkach soku gęstego pobranych z trzech poziomów zbiornika					
	Bakterie mezofilne	Pleśnie	Drożdże	Bakterie tworzące śluz	Przetrwalniki bakterii mezofilnych	Przetrwalniki bakterii termofilnych tlenowych
23.09.2017	25	3	0	15	15	20
09.10.2017	$6,0 \times 10^3$	0	0	10	10	20
18.10.2017	$1,4 \times 10^4$	0	0	20	15	5
02.11.2017	$6,3 \times 10^3$	25	0	12	13	15
21.11.2017	$8,5 \times 10^3$	3	0	12	8	4
27.11.2017	$4,1 \times 10^3$	1	0	10	12	17
04.12.2017	$8,1 \times 10^3$	0	17	6	6	11
14.12.2017	$4,9 \times 10^3$	1	9	7	5	15
02.01.2018	$5,3 \times 10^3$	0	0	8	4	20
15.01.2018	$5,6 \times 10^3$	4	0	8	7	8
22.01.2018	$5,0 \times 10^3$	1	0	5	6	5
05.02.2018	$3,7 \times 10^3$	0	0	5	6	3
12.02.2018	$3,1 \times 10^3$	1	0	0	6	8
19.02.2018	$4,0 \times 10^3$	0	0	9	13	15
05.03.2018	$1,5 \times 10^3$	0	0	9	12	7
12.03.2018	$3,1 \times 10^3$	0	0	8	14	16
26.03.2018	$1,6 \times 10^3$	0	0	13	12	6
06.04.20018	$4,3 \times 10^3$	1	5	15	15	11

Tabela 4. Mikrobiologiczne zanieczyszczenie soku gęstego w zbiorniku nr 1

Microbial contamination of thick juice in the tank 1

Data poboru próbki soku gęstego	Średnia liczba drobnoustrojów [jtk/10 g] w próbkach soku gęstego pobranych z trzech poziomów zbiornika					
	Bakterie mezofilne	Pleśnie	Drożdże	Bakterie tworzące śluzę	Przetrwalniki bakterii mezofilnych	Przetrwalniki bakterii termofilnych tlenowych
21.11.2017	1	0	0	1	0	0
27.11.2017	67	1	2	0	2	43
04.12.2017	1	0	0	1	6	23
14.12.2017	4	1	1	1	20	32
19.12.2017	70	1	14	3	25	45
02.01.2018	40	0	1	2	15	47
15.01.2018	20	0	0	6	6	30
22.01.2018	23	0	0	3	13	23
05.02.2018	15	1	1	3	11	18
12.02.2018	28	0	0	0	17	70
19.02.2018	24	0	0	5	29	39
05.03.2018	27	0	0	1	35	43
12.03.2018	20	0	0	1	18	44
26.03.2018	22	0	0	2	16	26
06.04.2018	41	0	0	3	31	61
16.04.2018	17	0	0	3	22	60
21.04.2018	15	0	0	1	13	53

WNIOSKI

1. W czasie składowania soku gęstego w zbiornikach nie stwierdzono pogorszenia jego jakości mikrobiologicznej.
2. Analizy fizykochemiczne soku gęstego, przechowywanego w zbiornikach 1 i 2 nie wykazały jego istotnych zmian. Sok zachowywał stabilność i nie uległ degradacji.

3. Prawidłowym działaniem, zmierzającym do zapewnienia bezpieczeństwa zbiornika i soku, jest bieżące i sprawdzone w ruchu monitorowanie przez cały okres napelniania i magazynowania. Z przeprowadzonych badań wynika, że kontrola i nadzór nad zawartością zbiorników były prowadzone precyzyjnie i regularnie, stosownie do opracowanego programu.

PIŚMIENNICTWO

1. Butwiłowicz A. (1997). Metody analityczne kontroli produkcji w cukrowniach, IPC, Warszawa, 42 – 47, 61 – 62
2. Dobrzycki J. (1984). Chemiczne podstawy technologii cukru; WNT, Warszawa, 73–84
3. Dobrzycki J (1973). Poradnik inżyniera. Cukrownictwo. WNT. Warszawa, 157
4. Dzilińska M. (2017). Odkład soku gęstego i kontrola parametrów podczas jego składowania, STC Konferencje rok 2017. Seminarium dla kierowników laboratoriów 26-28.06.2017 Politechnika Łódzka
5. Góralczyk W. (1970). Aspekt gospodarczy magazynowania soku gęstego w świetle doświadczeń zagranicznych i pierwszych prób krajowych w Cukrowni Ostrowy. Gazeta Cukrownicza. 1970. Nr 12. 277-283
6. Hein W., Pollach G. (2002). Studies on Microbial Activities during Thick Juice Storage. Zuckerindustrie, s. 243-257
7. Juste A., Lievens B., Frans I., Klingeberg M., Michiels CW., Willems KA. (2008). Present knowledge of the bacterial microflora in the extreme environment of sugar thick juice. Food Microbiol. 6, 831-6
8. Kuhlmann T. (2014). European sugar beets: Future „crude” for the chemical industrie. Tokio, kwiecień 2014. <https://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/ Meta/Events/Invest/2014/ industry-2014-kuhlmann.pdf?v=2> dostęp 27.07.2018 r.
9. Mc Ginnis R.A. (1976). Cukrownictwo. WNT Warszawa. 263-236
10. PN-91/A-74855/12 Cukier. Metody badań. Badania mikrobiologiczne.
11. Zbiór przepisów analitycznych ICUMSA. (2011). Wydawnictwo Bartens Sp.z o.o.