

1. Wprowadzenie

Straty oznaczone cukru podczas ekstrakcji zależą od warunków prowadzenia procesu. Na ich wartość można oddziaływać przez dobór temperatury, odciaгу, stopnia rozwinięcia powierzchni krajanki determinującego także jej grubość. Straty nieoznaczone wynikają z błędów popełnianych przy pomiarach masy i polaryzacji, a także są przejawem działania enzymów i mikroorganizmów. Szczególne znaczenie mają straty wynikające z występujących zakażeń mikrobiologicznych. Zakażenia mikrobiologiczne mają wpływ zarówno na straty cukru w procesie technologicznym jak i na jego końcową jakość. Z tych powodów analiza zakażeń mikrobiologicznych jak i możliwości ich eliminowania są bardzo istotne dla technologów.

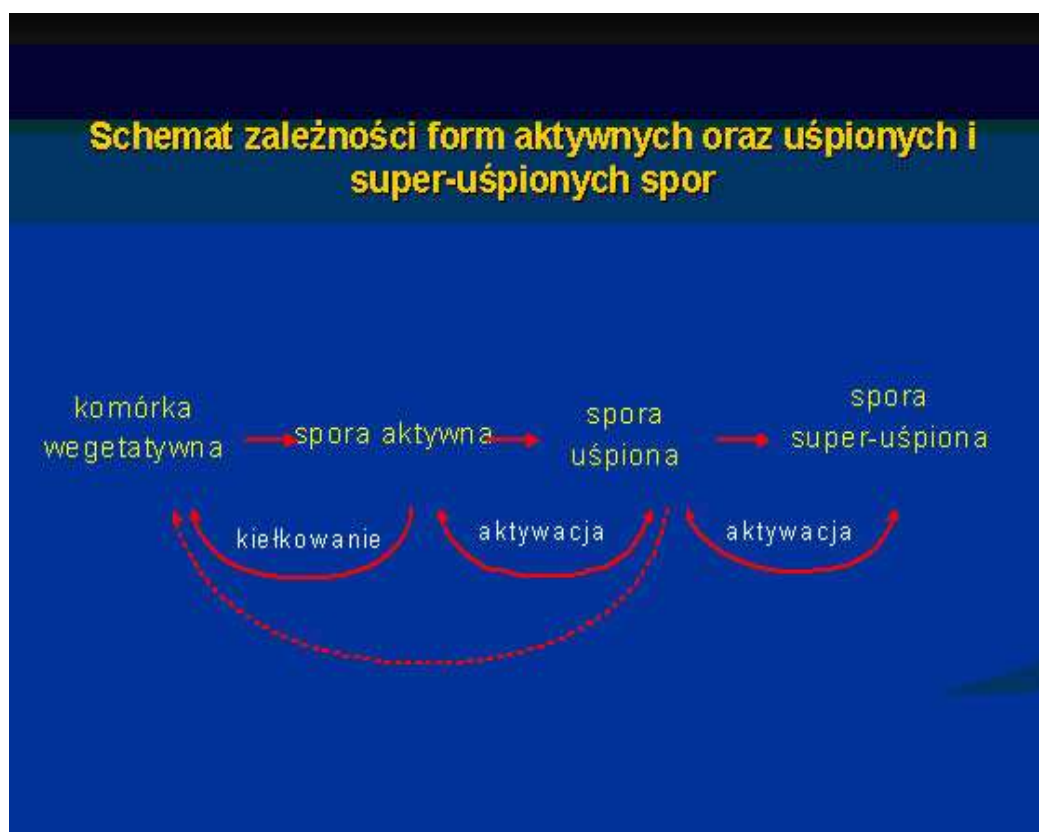
2. Rodzaje drobnoustrojów i ich termolabilności

Temperatura ma bardzo duży wpływ na drobnoustroje, które dzieli się na trzy podstawowe grupy:

Tabela 1. Podział drobnoustrojów ze względu na temperaturę ich rozwoju

drobnoustroje	temperatura rozwoju [°C]	
	optymalna	maksymalna
psychrofile	15 - 20	20 - 30
mezofile	20 - 37	40 - 45
termofile	45 - 60	60 - 95

Średnia temperatura, dla każdej grupy inna, sprzyja rozwojowi drobnoustrojów, a wysoka (dla termofili zwykle powyżej 120 °C) powoduje ich inaktywację. Jak wynika z powyższej tabeli 1, w cukrowniczych ekstraktorach termofile nie giną i są tam dobre warunki do ich rozwoju. Szczególnie trudne do inaktywacji są spory termofili, które w danej populacji mogą występować w trzech stanach fizjologicznych:

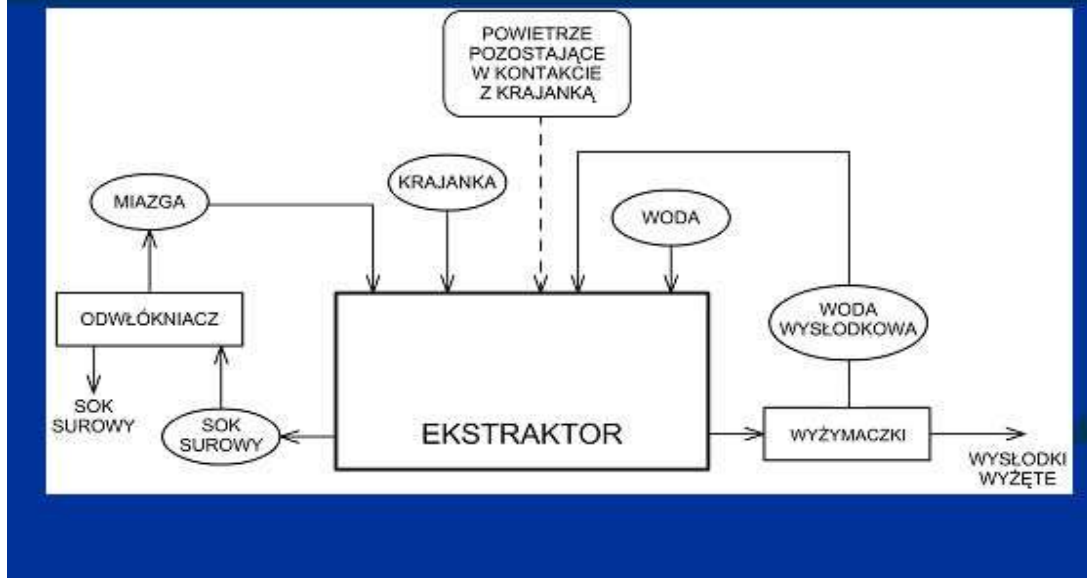


Najłatwiej można zainaktywować spory zaktywowane, trudniej uśpione, najtrudniej superuśpione. Na proces inaktywacji drobnoustrojów bardzo istotny wpływ ma skład środowiska, a szczególnie pH oraz obecność cukru, soli itp.

3. Zakażenia mikrobiologiczne w procesie ekstrakcji

Do ekstraktora drobnoustroje są wprowadzane głównie z krajanką buraczną oraz wodą wysłodkową, a w mniejszym stopniu z wodą zasilającą oraz z otaczającego powietrza (rys. 1).

Źródła zakażeń mikrobiologicznych zawartości ekstraktora



Rys. 1. Źródła zakażeń mikrobiologicznych w ekstraktorze

Jeśli jako wodę zasilającą stosuje się kondensaty, to ich czystość mikrobiologiczną można uzyskać łatwo. Natomiast eliminowanie zakażeń mikrobiologicznych wprowadzanych z krajanką buraczaną oraz wodą wysłodkową jest bardzo trudne i z tego powodu powszechnie są stosowane środki odkażające. Warto tu zwrócić uwagę na dobór środka odkażającego szczególnie pod kątem eliminacji drobnoustrojów termofilnych. Jest to uzasadnione tym, że warunki panujące w ekstraktorach sprzyjają rozwojowi drobnoustrojów termofilnych, a nawet tworzeniu ich spor, które przy obecnych rozwiązaniach technologiczno-aparaturowych przechodzą nawet do cukru i melasu.

Zakażenia mikrobiologiczne zawartości ekstraktora powodują:

- ubytek sacharozy i glukozy,
- powstawanie produktów ubocznych metabolizmu drobnoustrojów,
- zagrożenie zakażeniami kolejnych etapów procesu technologicznego.

Ubytek sacharozy przekłada się bezpośrednio na straty produkcyjne. Daje się tu rozróżnić sacharozę zużytą przez drobnoustroje i sacharozę, która przejdzie do melasu w wyniku oddziaływań metabolitów. Pewnym pośrednim skutkiem zakażeń mikrobiologicznych

są także konsekwencje oddziaływań między środkami służącymi do inaktywacji drobnoustrojów, a składnikami soku. Doniesień literaturowych na ten temat brak. Wiadomo jednak, że np. formalina wprowadzona do soku jako reduktor działa podobnie do inwertu zwiększając zabarwienie i twardość soku. Stąd jej przedawkowanie było niekorzystne nie tylko ze względu na jej koszt. Można podejrzewać, że inne środki sterylizujące nie są zupełnie obojętne dla jakości soku. Na przykład obecne w wielu preparatach silne utleniacze, dodane do soku przysparzają substratów reakcji nieenzymatycznego brunatnienia. Zachowując obiektywność należy jednak zauważyć, że stosowane dawki dezynfektantów nie są bardzo duże i udział niepożądanych reakcji nie powinien być znaczący.

Produkty metabolizmu drobnoustrojów powodują:

- zwiększenie wydajności melasu,
- pienienie się soków i zakłócenia przepływu faz (produkty gazowe w rodzaju CO_2 , H_2 , H_2S),
- zwiększenie kwasowości soku surowego prowadzące do podwyższenia twardości soku oczyszczonego.

Zwiększenie kwasowości może być postrzegane jako częściowo pozytywne ze względu na poprawę mechanicznych właściwości wysłodków, a więc lepsze ich wyzzymanie. Skutek ten można by uznać jako całkowicie pozytywny gdyby kwasowość soku surowego rosła jedynie z powodu zużycia przez drobnoustroje tylko cukrów prostych znajdujących się w burakach.

4. Stosowane w przemyśle metody inaktywacji drobnoustrojów podczas ekstrakcji

Inaktywacja drobnoustrojów w ekstraktorze może być dokonywana dwiema metodami. Stosuje się periodyczne, uderzeniowe dawki dezynfektantu albo prowadzi się proces odkażania w sposób ciągły. Spośród wielu dezynfektantów można wymienić wykorzystywaną dawniej formalinę. W ostatnich latach w wielu krajach nie dopuszcza się jej już do stosowania. Odkażanie ekstraktora prowadzi się też perhydrolem, preparatami których bazą jest kwas nadoctowy oraz ekologicznymi preparatami roślinnymi (np. chmielowymi).

Ciągłe dozowanie preparatu dezynfekującego nie wydaje się do końca uzasadnione. Trudno jest podejrzewać, że istnieje techniczna możliwość zapewnienia dzięki takiemu

dozowaniu ściśle określonego stopnia jałowości. Mamy wtedy do czynienia albo z jałowością bardzo wysoką i praktycznie nie naruszonymi cukrami prostymi zawartymi w soku, albo z narastającym zakażeniem wymagającym zwiększenia dawki preparatu. Stosując dezynfektant w sposób uderzeniowy unika się niebezpieczeństwa wyhodowania mutantów odpornych na określony preparat. Dobierając odpowiedni próg jałowości ekstraktora umożliwia się zużycie przez drobnoustroje całej glukozy, a może też części fruktozy do wytworzenia kwasów. Te proste cukry, będąc substratami reakcji barwnych Malliarada, przeszkadzają w dalszych etapach procesu technologicznego i zwykle są rozkładane dopiero podczas oczyszczania soku.

5. Sposoby określania stopnia mikrobiologicznego zakażenia zawartości ekstraktora

Zakażenia mikrobiologiczne mogą być oznaczane kilkoma sposobami. Najdokładniejszą metodą jest klasyczna analiza mikrobiologiczna czyli określenie liczby drobnoustrojów w znanej objętości roztworu. Ze względu na pracołłonność analizy i uzyskiwanie jej wyniku po długim czasie, metoda ta nie nadaje się do stosowania w warunkach przemysłowych. Do pośrednich, określających skutki działalności drobnoustrojów metod oceny stopnia zakażenia zawartości ekstraktora należą:

- pomiar zmian wartości pH,
- oznaczanie zawartości kwasu mlekowego,
- oznaczanie zawartości azotynów,
- chemiczne oznaczanie zawartości związków redukujących,
- elektrochemiczne określanie wartości potencjału redoks.

6. Stosowane w polskim cukrownictwie rozwiązania pozwalające na utrzymywanie kontrolowanego poziomu jałowości w ekstraktorze

W Zakładzie Cukrownictwa Politechniki Łódzkiej oraz w kilku cukrowniach przeprowadzono badania mające na celu sprawdzenie przydatności do kontrolowania stopnia mikrobiologicznego zakażenia zawartości ekstraktora pomiaru potencjału redoks. Jak wiadomo, wartość tego potencjału, określona równaniem Nernsta (wzór 1), jest między innymi funkcją równowagi chemicznej między utlenionymi i zredukowanymi formami wielu

związków chemicznych, a więc także związków będących metabolitami drobnoustrojów występujących w ekstraktorze cukrowniczym.

$$E = E_0 + \frac{RT}{F} \ln \frac{c_{ox}}{c_{red}} \quad (1)$$

gdzie E_0 jest standardowym potencjałem reakcji redoks,

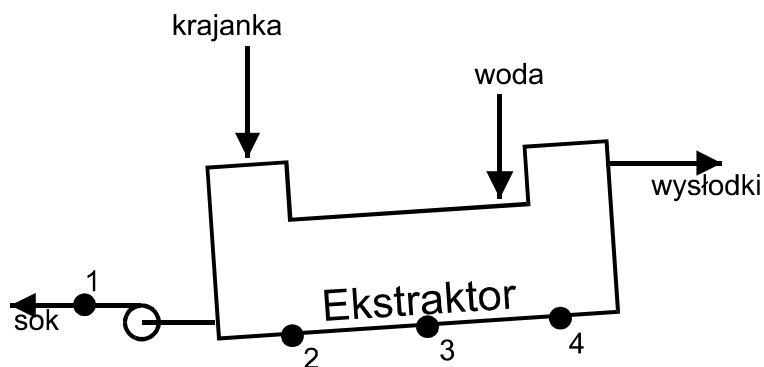
R i F są stałymi,

T jest temperaturą w skali bezwzględnej,

$\frac{c_{ox}}{c_{red}}$ jest stanem równowagi reakcji redoks

Opisany równaniem (1) potencjał redoks może być mierzony przy użyciu specjalnego ogniwa elektrochemicznego z metalową elektrodą pomiarową i chlorosrebrową elektrodą porównawczą.

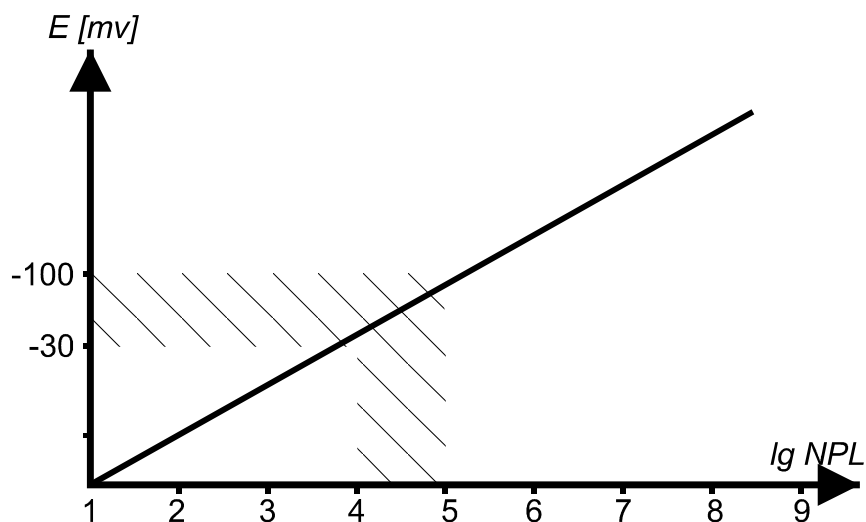
W przemysłowym ekstraktorze korytowym typu DC zainstalowano cztery specjalnie zaprojektowane czujniki do pomiaru potencjału redoks [1,2]. Schemat rozmieszczenia czujników przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Schemat rozmieszczenia czujników w ekstraktorze

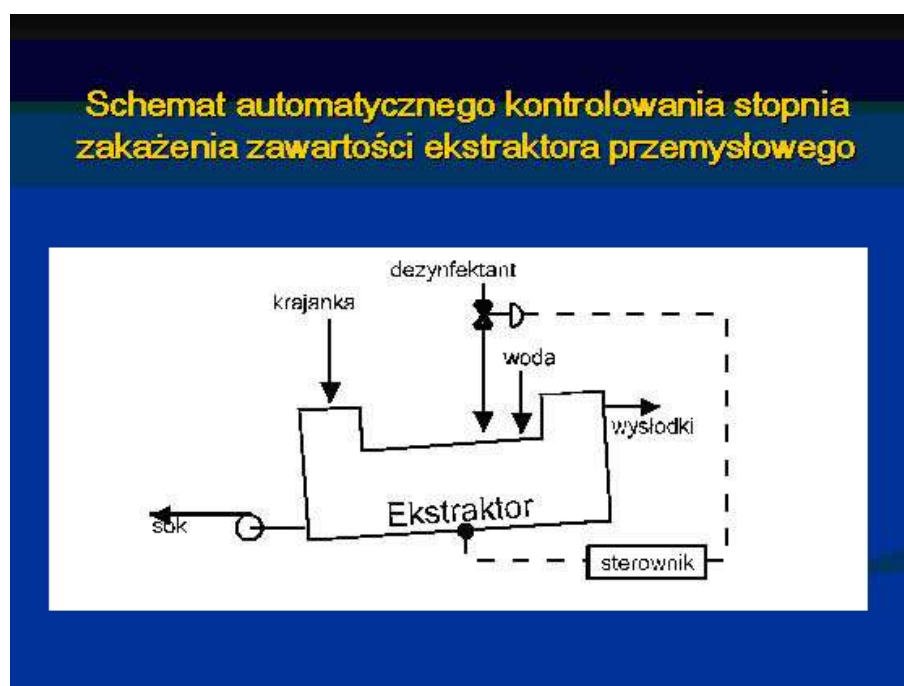
Jeden z czujników zainstalowano w rurociągu odprowadzającym sok z ekstraktora, a trzy pozostałe w trzech miejscach dna aparatu. Wartość mierzonego potencjału redoks porównywano ze stężeniem drobnoustrojów określanym mikrobiologiczną metodą rozcieńczeń. Roztwory do analizy mikrobiologicznej pobierano z okolicy odpowiednich czujników i inkubowano je w podłożu ze sterylonego soku w temperaturze $+60^{\circ}\text{C}$. Rysunek 3

przedstawia wykres zależności potencjału redoks (E_R) od liczby drobnoustrojów określonej mikrobiologicznie (najbardziej prawdopodobnej liczby drobnoustrojów NPLD) dla czujnika umieszczonego w środkowej części ekstraktora. Na rysunku zaznaczono też stosowany przedział dopuszczalnego poziomu zakażenia zawartości ekstraktora [3].



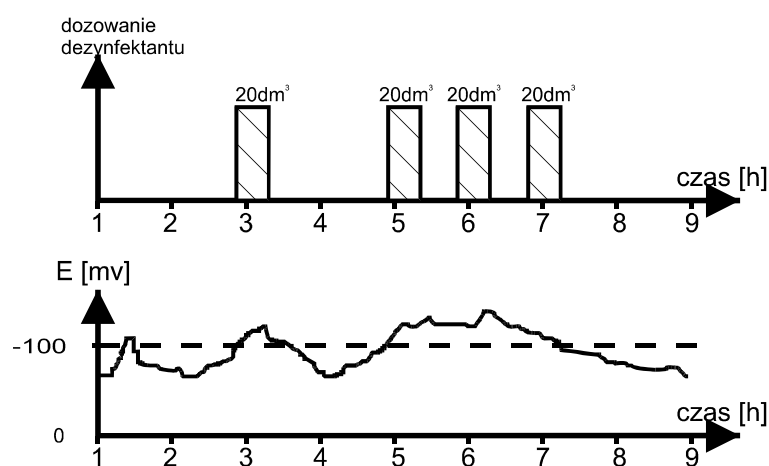
Rys. 3. Dopuszczalny poziom zakażenia w środkowej części ekstraktora

Rysunek 4 przedstawia schemat układu do dozowania środka odkażającego zawartość ekstraktora w oparciu o pomiar potencjału redoks. Układ zawiera sterownik progowoczasowy i zawór regulacyjny zainstalowany w rurociągu dozującym do ekstraktora środek dezynfekujący. Ze względu na omówioną wcześniej możliwość powstawania mutantów bakteryjnych uodpornionych na czynnik dezynfekujący, dezynfektant postanowiono dozować w dawkach uderzeniowych [4].



Rys. 4. Schemat automatycznego kontrolowania stopnia zakażenia

Zasadę działania układu przedstawiono na rys. 5. Próg początku odkażania przyjęto wg rys. 3 na poziomie -100 mV . Program czasowy zapewniał dozowanie porcji dezynfektantu i przerwę ok. 45 min. Jeżeli po upływie tego czasu poziom potencjału redoks (poziom zakażenia) nadal przekraczał próg odkażania, dozowana była następna porcja preparatu. Jeżeli natomiast próg odkażania został przekroczony na czas poniżej 10 min, dezynfektant nie był dozowany.



Rys. 5. Przebieg czasowy dozowania dezynfektantu do ekstraktora

W czasie badań funkcjonowania układu wg rys. 4 kontrolowano mikrobiologicznie stan zakażenia zawartości ekstraktora w pobliżu czujnika pomiarowego, w soku opuszczającym aparat i w roztworze wyciśniętym z wysłodków. W żadnym z tych punktów zakażenie nie przekroczyło dopuszczalnego poziomu. Dzięki zastosowaniu automatycznego, ciągłego kontrolowania zakażenia, zużycie dezynfektantu zmalało o ok. 40%.

Precyzyjne sterowanie stopniem mikrobiologicznego zakażenia zawartości ekstraktora może okazać się bardzo pomocne w realizacji proponowanej koncepcji polegającej na wykorzystaniu mikroorganizmów do wspomaganie oczyszczania soku buraczanego.

Wnioski:

1. Wskazany jest ciągły pomiar mikrobiologicznego zakażenia zawartości ekstraktora. Pozwala on na zastosowanie regulacji umożliwiającej utrzymanie zakażenia na wybranym poziomie i zapewnia racjonalizację zużycia środka odkażającego.
2. Do kontrolowania i regulacji poziomu mikrobiologicznego zakażenia zawartości ekstraktora cukrowniczego z dobrym efektem można wykorzystać pomiar potencjału redoks.
3. Ciągłe kontrolowanie poziomu zakażenia zawartości ekstraktora podczas własnych badań w cukrowni umożliwiło zmniejszenie zużycia dezynfektantu o 30 - 40%.

8. Literatura

1. Dobrzycki J., Ludwicki M., Wawro S.: Anwendung der Messung des Redox-Potentials zur Steuerung der Desinfektion der Extraktionsanlage. Zuckerind. 1989, r. 114, nr 9, s. 706-708
2. Dobrzycki J., Ludwicki M., Wawro S. i in.: Czujnik do pomiaru potencjału redoks. Patent P-151334 z 28.06.1991
3. Nystrand R.: Microflora in beet sugar extraction. Lund Univ. Dept. Of Microbiology, 1984
4. Ludwicki M.; Wawro S.: Automatyczne kontrolowanie sterylności ekstraktora cukrowniczego. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 1996 z.430 s.233-237