

**Małgorzata Janczar-Smuga, Jerzy Jan Pietkiewicz,
Ludmiła Bogacz-Radomska***

PROBLEMY ZWIĄZANE Z POWSTAWANIEM PIANY W PROCESIE TECHNOLOGICZNYM PRODUKCJI CUKRU Z BURAKÓW CUKROWYCH

1. Wstęp

Piana powstająca w procesie przerobu buraków cukrowych na cukier jest zjawiskiem niepożądanym. Nadmierne pienienie się świadczy o uchybieniach technologicznych i o obniżonej jakości surowca. Ograniczanie szybkości powstawania piany i jej eliminacja zwiększa wydajność cukru i wpływa na polepszenie jego jakości.

W procesie technologicznym produkcji cukru z buraków cukrowych występuje pienienie się soków cukrowych oraz wód spławiakowych. Powstająca piana utrudnia właściwą realizację procesu technologicznego i stąd wynika konieczność podejmowania działań mających na celu zapobieganie jej powstawaniu oraz niszczenia już powstałej piany. Należy jednak przede wszystkim likwidować wszystkie przyczyny powstawania piany, a preparaty przeciw pianowe stosować tylko z konieczności.

Właściwe postępowanie w tym zakresie powinno przyczynić się do zapobieżenia negatywnym skutkom tego zjawiska oraz ograniczyć nadmierne zużycie środków przeciw pianowych dodawanych do soków cukrowych i do wód spławiakowych. Dobór właściwych preparatów przeciw pianowych i ograniczenie ich zużycia może przyczynić się do poprawienia efektywności procesu technologicznego produkcji cukru oraz zmniejszyć zawartość śladowych ilości tych substancji w cukrze, melasie i w obiegu wodnym cukrowni.

Celem tej pracy jest przegląd zagadnień związanych z powstawaniem piany w procesie technologicznym produkcji cukru z buraków cukrowych, a zwłaszcza przedstawienie:

- ogólnych zagadnień związanych z pienieniem się cieczy i sposobów ograniczania szybkości powstawania piany,

* Katedra Biotechnologii Żywności, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, 53-345 Wrocław, ul. Komandorska 118/120.

- analizy czynników wpływających na szybkość i intensywność powstawania piany w przemyśle cukrowniczym,
- działań mających ograniczyć szybkość i intensywność powstawania piany oraz sposobów jej niszczenia.

2. Powstawanie piany i metody jej likwidacji

Z powstawaniem piany, koniecznością kontrolowania szybkości jej powstawania i jej niszczeniem (odmienianiem) mamy do czynienia w wielu sektorach przemysłu spożywczego, np. w: procesach fermentacyjnych, przemyśle ziemniaczanym, mleczarskim, przy produkcji napojów owocowych, produkcji cukru z buraków cukrowych i trzciny cukrowej, przetwórstwie melasy, produkcji napojów bezalkoholowych, przy zateżaniu i odwadnianiu żywności, produkcji kawy rozpuszczalnej, produkcji marynat itd. [Bryon 1990; Podgórski i in. 1986; 1987].

Piana jest to rozproszona faza gazowa w niedużej ilości cieczy. Często zawiera w swoim składzie również cząstki fazy stałej, które są rozproszone w fazie ciekłej i unoszą się na powierzchni pęcherzyków fazy gazowej. Powstawanie piany związane jest z dostarczaniem i rozpraszaniem fazy gazowej w fazie ciekłej poddawanej intensywnemu mieszaniu i nagazowywaniu. Piana powstaje również w czasie prowadzenia procesu, gdy gaz uwalniający się z fazy ciekłej ma postać pęcherzyków, np. na skutek reakcji chemicznej lub biochemicznej, w której powstają związki chemiczne mające postać gazu, lub też w czasie uwalniania się fazy gazowej z cieczy przesyconej gazem. Na ogół piana jest mało stabilna, a jej utrzymywanie się na powierzchni cieczy zależy od stanu równowagi między szybkością powstawania nowych pęcherzyków piany a szybkością rozrywania się (pękania) już istniejących [Pietkiewicz 1996; Pietkiewicz, Leśniak 2000].

Praktycznie każdej operacji intensywnego (burzliwego) mieszania fazy ciekłej mającej styczność z fazą gazową lub operacji nagazowywania i mieszania cieczy towarzyszy zjawisko powstawania piany.

Szybkość powstawania piany i czas jej utrzymywania się (stabilność i trwałość piany) zależą od:

1) składu chemicznego cieczy, a przede wszystkim od zawartości nisko- i wielkocząsteczkowych białek, polisacharydów (np. dekstranu), produktów autolizy komórek roślinnych i drobnoustrojów, wielkocząsteczkowych związków chemicznych mających postać koloidów itp.,

2) własności fizycznych cieczy, a zwłaszcza wpływających na utrzymywanie się niskiego napięcia powierzchniowego, obojętnego lub alkalicznego odczynu pH, podwyższonej lepkości i gęstości,

3) burzliwości ruchów cieczy: intensywności mieszania i przepompowywania cieczy, intensywności ruchów powierzchniowych i wewnętrznych warstw cieczy,

4) intensywności nagazowywania (napowietrzania) cieczy: szybkości doprowadzania gazu, sposobu dyspergowania gazu w cieczy [Szekrenyesy i in. 1992].

Najbardziej pianotwórcze są ciecze zawierające w swoim składzie sok komórkowy roślinny, np.: uzyskiwany w procesie przetwórstwa ziemniaków, buraków cukrowych, niektórych owoców, lub też zhydrolizowane surowce naturalne (mąki zbóż, soja i kukurydza) albo melasę, wywar gorzelniczy i hydrol glukozowy. Wysoką pianotwórczość wykazują podłoża i płyny pofermentacyjne, sporządzone z wyżej wymienionych surowców, w których są obecne produkty autolizy komórek mikroorganizmów.

Intensywność (szybkość) powstawania piany w procesach technologicznych prowadzonych w przemyśle spożywczym nie jest stała i zmienia się w czasie realizacji danej operacji lub procesu jednostkowego, ponieważ w czasie trwania procesu mamy do czynienia ze zmianą składu przetwarzanych surowców, warunków fizykochemicznych przebiegu procesu (np.: pH, lepkości, napięcia powierzchniowego), zawartości suchej masy, czystości mikrobiologicznej itp.

Piana powoduje wiele niekorzystnych zjawisk i zagrożeń w prawidłowej realizacji procesów technologicznych, a zwłaszcza:

1) wypienianie się cieczy ze zbiorników reakcyjnych – wydostawanie się jej na zewnątrz zbiorników,

2) powstawanie niejednorodnego (heterogenicznego) środowiska reakcji na skutek wynoszenia części stałych (zawiesin) z podłoża wraz z pianą i osadzania ich w górnych częściach reaktora lub ich wypływania na zewnątrz zbiornika,

3) niekiedy znaczne zmniejszenie objętości roboczej zbiorników reakcyjnych, a tym samym konieczność zastosowania zbiorników o dużo większej pojemności całkowitej,

4) utrudnienie kontroli objętości cieczy w zbiornikach,

5) wprowadzenie większego zagrożenia zakażeń mikrobiologicznych na skutek wypływania i cofania się piany w rurociągach odprowadzających gazy z reaktorów [Pietkiewicz 1996].

W związku z tym, że piana powoduje szereg zagrożeń i niekorzystnych zjawisk w prawidłowej realizacji procesu technologicznego, istnieje konieczność podejmowania wielu celowych działań mających zapobiec jej powstawaniu lub ograniczyć szybkość i intensywność jej powstawania oraz pozwolić prowadzić działania mające niszczyć powstałą już pianę [Marczyński 1996].

Ograniczenie pienienia się można uzyskać dzięki zmianie składu cieczy i usunięciu z niej składników pianotwórczych. Takie działania są ograniczone i w związku z tym nie przynoszą większych efektów. Dobre rezultaty w zakresie zapobiegania tworzeniu się piany i ograniczania jej intensywności można uzyskać dzięki stworzeniu odpowiednich warunków mieszania i nagazowywania cieczy przez specjalnie dobraną konstrukcję mieszadeł, systemów dyspergujących gaz oraz dzięki odpowiedniemu kształtowi i konstrukcji zbiorników reakcyjnych, w których piana jest zasysana do środka cieczy podlegającej wymuszonej cyrkulacji [Pietkiewicz, Leśniak 2000].

Do niszczenia (destrukcji) powstałej już piany w procesach technologicznych stosuje się metody mechanicznego rozrywania pęcherzyków piany na skutek działania sił zewnętrznych [*Frustrating...* 2004]. Do metod mechanicznego niszczenia piany zalicza się:

- 1) uderzanie pęcherzyków piany o twarde powierzchnie, np. uderzanie łopatkami wirujących mieszadeł,
- 2) działanie silnymi strumieniami gazu na pęcherzyki piany i ich niszczenie,
- 3) wyprowadzanie piany ze zbiorników reakcyjnych do specjalnych urządzeń, np. wirówek, cyklonów, w których piana poddawana jest działaniu sił odśrodkowych i inercyjnych,
- 4) szybkie zmiany ciśnienia,
- 5) rozbijanie piany strumieniem mieszanej cieczy.

Mechaniczne niszczenie piany wymaga zastosowania do tego celu specjalnych urządzeń pochłaniających dużo energii elektrycznej. Ponadto urządzenia te są mało efektywne, jeśli mamy do czynienia z cieczami i procesami powodującymi intensywne powstawanie trwałej piany. Stąd w celu ograniczenia szybkości powstawania piany oraz niszczenia piany już powstałej powszechnie stosuje się dodawanie do cieczy specjalnych środków przeciw pianowych, których destrukcyjne i zapobiegawcze działanie przeciw pianowe polega głównie na podwyższeniu napięcia powierzchniowego cieczy, a tym samym na utrudnieniu powstawania pęcherzyków piany. Z kolei już powstałe pęcherzyki mają nietrwałą, sprężystą błonę, która szybko pęka, i piana ulega samorzutnemu szybkiemu zniszczeniu [Bryon 1990]. Metody niszczenia piany polegające na dodawaniu związków chemicznych podwyższających napięcie powierzchniowe cieczy nazywa się metodami chemicznymi niszczenia piany.

Jako środki przeciw pianowe stosuje się:

- 1) naturalne tłuszcze roślinne, tzn. oleje: słonecznikowy, rzepakowy, sojowy, lniany, arachidowy i inne,
- 2) naturalne tłuszcze zwierzęce: smalec, tran, łój barani i wołowy,
- 3) środki syntetyczne: oleje silikonowe, polioksyetylen, polioksypropylen, węglowodory, wyższe alkohole, pochodne wyższych kwasów tłuszczowych.

Dodawanie do cieczy związków przeciw pianowych zmienia właściwości cieczy, a tym samym nie jest to dodatek obojętny dla przebiegu reakcji zachodzących w odpienianej cieczy. Stosowanie środków przeciw pianowych ma na ogół negatywny wpływ na przemiany fizykochemiczne i reakcje chemiczne zachodzące w cieczy, a mianowicie:

- zwiększa się napięcie powierzchniowe cieczy,
- w środowisku reakcji są dodatkowe związki chemiczne,
- znacznie pogarszają się warunki rozpuszczania fazy gazowej w cieczy,
- dodane środki mogą niekorzystnie wpływać na fizjologię i morfologię drobnoustrojów,
- powstaje zagrożenie dostawania się śladowych ilości tych substancji do półproduktów i produktów [Żakowska i in. 1990].

Stosowanie zatem środków przeciw pianowych jest „złem koniecznym”. Aby ograniczyć negatywne oddziaływanie tych substancji na przebieg procesów technologicznych, na produkowane wyroby i produkty odpadowe (środowisko naturalne), należy:

1) do odpieniania stosować przede wszystkim środki naturalne, np. tłuszcze roślinne i zwierzęce, które są przyjazne dla środowiska naturalnego i nie zanieczyszczają produktów szkodliwymi substancjami, a ponadto mogą one być asymilowane przez organizmy spożywające dane produkty,

2) unikać wprowadzenia nadmiernej ilości tych substancji, czyli system ich dozowania powinien być w pełni kontrolowany i sprzyjać dodawaniu ich tylko w minimalnych, niezbędnych ilościach,

3) dodawanie środków przeciw pianowych należy stosować w tych procesach technologicznych, w których nie można zastosować mechanicznego niszczenia piany lub gdy mechaniczne niszczenie piany jest nieskuteczne,

4) środki przeciw pianowe powinno się dozować za pomocą specjalnych urządzeń wyposażonych w czujniki poziomu piany, które dopiero w momencie przekroczenia dopuszczalnego poziomu piany uruchamiają dozowanie środka przeciw pianowego, dodawanego w ściśle określonych dawkach i odstępach czasu, co zabezpiecza przed przedozowaniem środka przeciw pianowego i daje odpowiedni czas na reakcję piany na wcześniej wprowadzoną dawkę środka przeciw pianowego [Pietkiewicz 1996].

3. Mechanizm powstawania piany i składniki pianotwórcze występujące w burakach cukrowych

Analiza zjawisk i mechanizmów powstawania piany w przemyśle cukrowniczym wykazuje, że pęcherzyki piany mogą powstawać podczas:

1) wydzielania się pęcherzyków gazu (głównie powietrza) zaadsorbowanego na powierzchni ciał stałych, przede wszystkim krajanki buraczanej, pod wpływem wzrostu temperatury, ruchów krajanki w ekstraktorze, wypierania gazu przez sok surowy znajdujący się w ekstraktorze,

2) wydzielania się gazu znajdującego się wewnątrz krajanki, który może tam być w postaci gazowej i w postaci rozpuszczonej w soku komórkowym, pod wpływem wzrostu temperatury, pęknięcia błony komórkowej, wypływania soku komórkowego, ruchów soku surowego, ocierania się o siebie kawałków krajanki, wzrostu stężenia (suchej substancji) soku surowego,

3) burzliwego ruchu powierzchni cieczy mającej styczność z fazą gazową, uderzania strumienia jednej cieczy w powierzchnię innej cieczy i w ciała stałe powodującego rozbryzgiwanie się cieczy i porywanie gazu, np. w czasie wtłaczania wody wysłodkowej do dyfuzora, uderzanie strumienia wód spławiakowych w buraki, w elementy urządzeń i w powierzchnię wody w czasie spławiania i mycia buraków oraz pompowania wody do zbiorników,

4) różnych sposobów nagazowywania (napowietrzania) roztworów, np. w czasie saturowania soku surowego, zasysania powietrza przez odśrodkowe pompy wodne i sokowe przez nieszczelne zabezpieczenia wałów wirników,

5) wydzielania się gazu z cieczy nim nasyconych na skutek podwyższania w nich stężenia innych składników, podnoszenia temperatury itp.,

6) wydzielania się gazu z zagęszczanych roztworów przy szybkiej zmianie temperatury, np. w czasie gotowania cukrzyc,

7) wydzielania się gazu w wyniku działalności życiowej drobnoustrojów w sokach cukrowniczych, wodzie wysłodkowej i zbiornikach wodnych [Marczyński 1996; Waleriańczyk 1995].

Wszystkie wyżej wymienione okoliczności bezpośrednio wpływają na powstawanie pęcherzyków gazu i uwalnianie się ich z cieczy w postaci pęcherzyków piany gromadzących się na jej powierzchni. Trwałość piany, czyli czas jej utrzymywania się na powierzchni cieczy, będzie zależał od składu cieczy, a przede wszystkim od ilości zawartych w niej składników pianotwórczych, jej parametrów fizykochemicznych oraz od napięcia powierzchniowego.

W procesie technologicznym produkcji cukru mamy do czynienia z sokami cukrowniczymi, które zwłaszcza na początku procesu produkcji zawierają dużo składników pianotwórczych. W tkankach i soku komórkowym buraka cukrowego występuje wiele związków chemicznych, które mają własności chemiczne sprzyjające powstawaniu piany. Część tych związków w procesie ekstrakcji zostaje uwolniona z komórek i po przejściu do soku surowego przyczynia się do jego intensywnego pienienia się. Zawartość składników sprzyjających powstawaniu piany jest wysoka, zwłaszcza w soku surowym, i w miarę jego oczyszczania stężenie substancji pianotwórczych maleje. Większość substancji pianotwórczych, które nie zostaną usunięte z soku i z cukrzyc w procesie technologicznym produkcji cukru, przechodzi do produktu ubocznego, tj. do melasy, a tylko śladowe ich ilości mogą być obecne w cukrze.

Literatura dotycząca cukrownictwa chemiczne składniki przechodzące z buraków do soków cukrowniczych dzieli m.in. na: związki bezazotowe, związki azotowe i związki nieorganiczne. Wśród nich występuje wiele związków chemicznych obniżających napięcie powierzchniowe roztworów oraz posiadających postać koloidów, dających roztwory o podwyższonej lepkości, a tym samym powodujących pienienie się roztworów. Niektóre pianotwórcze związki chemiczne pojawiają się w burakach w czasie ich przechowywania, a w sokach cukrowniczych dopiero w czasie produkcji cukru, na skutek działalności drobnoustrojów (zakażeń mikrobiologicznych) bądź też w wyniku przemian chemicznych zachodzących pod wpływem wzajemnego oddziaływania związków chemicznych zawartych w burakach cukrowych i wyekstrahowanych z nich składników znajdujących się w oczyszczanym soku surowym [Nikel 1996].

Do związków chemicznych mających własności pianotwórcze przechodzących z buraka cukrowego do soku surowego w procesie ekstrakcji należą [Dobrzycki 1984]:

1) **niektóre wielocukry** (np.: dekstran, lewan). Zdrowe buraki cukrowe dobrze przechowywane praktycznie nie zawierają tych związków. Powstają one głównie w wyniku rozwoju drobnoustrojów w soku komórkowym wypływającym z uszkodzonych mechanicznie oraz odmrożonych i pękniętych komórek tkanki buraka. Te związki mogą również być produkowane przez drobnoustroje bytujące w zainfekowanych sokach cukrowniczych. Dekstran i lewan podnoszą lepkość soków cukrowniczych, tworząc w nich tzw. żabi skrzek;

2) **związki pektynowe**. W burakach cukrowych występują głównie pod postacią protopektyny, która jest nierozpuszczalna w wodzie. Pod działaniem wysokiej temperatury (75-80°C), zwłaszcza w środowisku alkalicznym, protopektyna ulega powolnej hydrolizie, głównie na pektynę, hemicelulozy (araban, galaktan) i celulozę, które przechodzą do soku komórkowego buraka, a następnie w procesie ekstrakcji do soku surowego. Związki pektynowe w wodzie tworzą koloidy, które szczególnie w obecności cukru mają postać galaretowatego żelu podnoszącego lepkość soku surowego i zwiększającego jego własności pianotwórcze. Większość pektyn zawartych w soku surowym ulega koagulacji i strąceniu w procesie jego oczyszczania. Natomiast resztki tych związków przechodzą do melasy;

3) **saponina – glikozyd buraczany**. Występuje w tkance znajdującej się tuż pod naskórkim korzenia buraka. W wodzie tworzy z innymi związkami kompleksy koloidowe i po przejściu do soku surowego obniża napięcie powierzchniowe, powodując jego silne pienienie. Saponina jest trudno usuwalnym niecukrem i jej część przechodzi do melasy, a nawet do cukru. Jej obecność w cukrze buraczanym jest później główną przyczyną powstawania kłaczkowatych osadów w napojach gazowanych [Gruszecka 1999; Król i in. 2002; Król, Milala 2004];

4) **białka**. Z buraków cukrowych zawierających ok. 0,5% białka do soku surowego przechodzi tylko niewielka jego część, ponieważ główna jego masa jest związana z pektynami w miąższu, a związki białkowe obecne w soku komórkowym dyfundują powoli z komórek do soku surowego znajdującego się w ekstraktorze. Białka w soku surowym pochodzą głównie z uszkodzonych mechanicznie komórek buraka. Wydzieleniu białek z soku surowego sprzyja odczyn albo zdecydowanie kwaśny, albo alkaliczny. Dlatego wydzielanie białek z soku surowego przebiega częściowo przez koagulację i strącenie podczas defekacji wstępnej, ale dopiero defekacja główna, a zwłaszcza pierwsza saturacja, dzięki adsorpcji dopełniają prawie całkowicie procesy usuwania białek z soku surowego. Białka tworzą w wodzie roztwory koloidowe i są związkami powierzchniowo czynnymi, mocno obniżającymi napięcie powierzchniowe roztworów, powodującymi ich silne pienienie się. Dlatego białko obecne w sokach cukrowniczych uważa się za jeden z głównych związków pianotwórczych;

5) **niskocząsteczkowe azotowe związki organiczne, głównie betaina i aminokwasy**. Ze względu na nieduże rozmiary cząsteczek wraz z sacharozą w procesie ekstrakcji przechodzą do soku surowego, podnoszą jego lepkość i wpływają na podwyższenie własności pianotwórczych.

O własnościach pianotwórczych surowych soków cukrowniczych decydują głównie składniki koloidalne, których łączna zawartość wynosi od 0,1 do 0,6% wagowych, w tym najwięcej jest białka (od 0,04 do 0,2%) i pektyny (0,05-0,1%), natomiast stężenie saponiny wynosi od 0,05 do 0,3%, a arabanu ok. 0,05% wagowego [Dobrzycki 1984].

4. Miejsca powstawania piany w procesie technologicznym produkcji cukru z buraków cukrowych

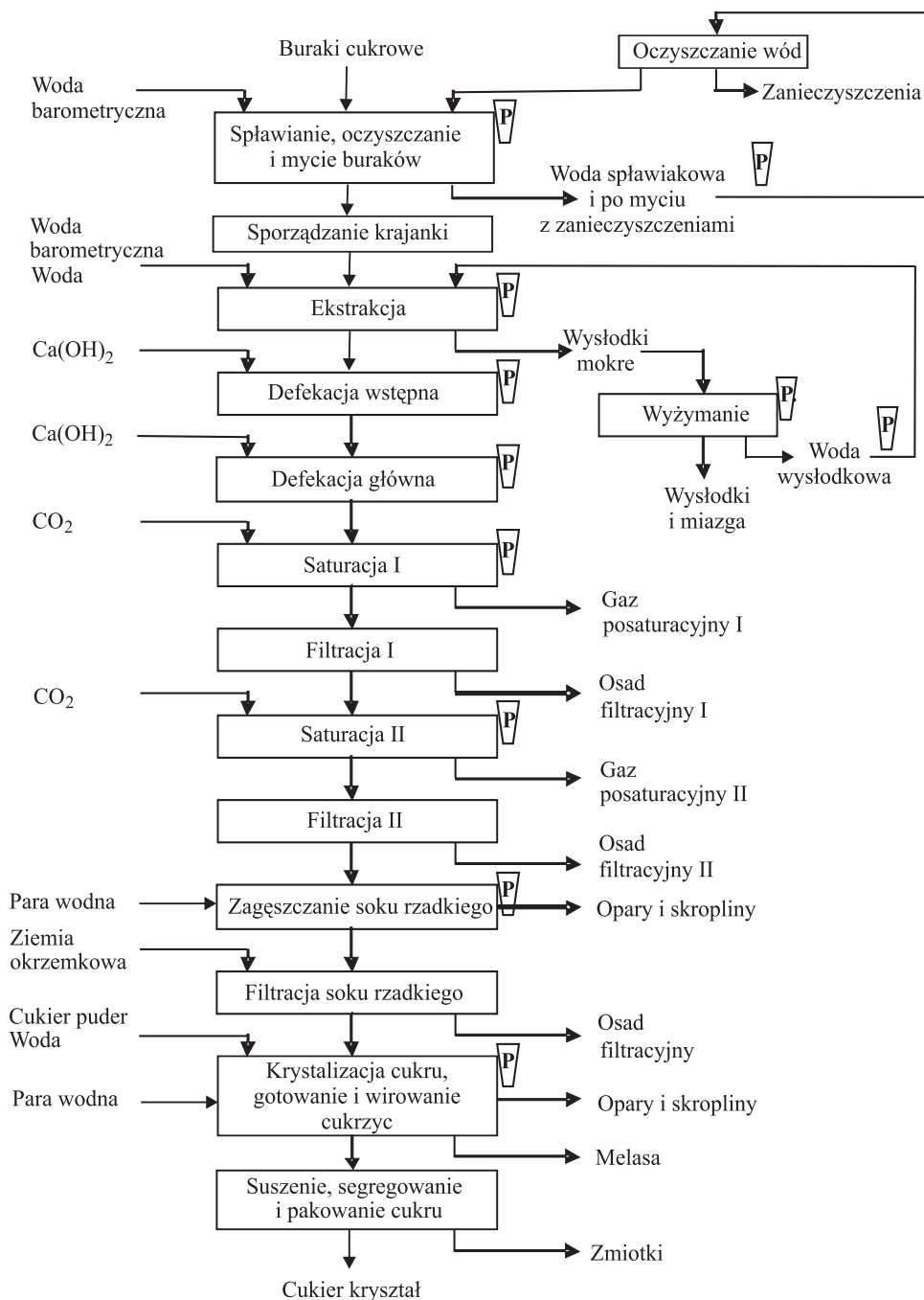
Głównym źródłem związków pianotwórczych jest burak cukrowy, a zatem intensywność powstawania piany będzie zależała przede wszystkim od ilości związków pianotwórczych przechodzących z buraków do wody spławiakowej, soków cukrowniczych oraz do wody wysłodkowej. W procesie technologicznym produkcji cukru z buraków cukrowych z problemem powstawania piany i koniecznością jej niszczenia mamy do czynienia w wielu operacjach i procesach jednostkowych (rys. 1), a mianowicie w czasie:

- 1) transportu wodnego i mycia buraków (w wodach spławiakowych),
- 2) ekstrakcji cukru z krajanki,
- 3) wyżymania wysłodków, zwłaszcza w wodzie wysłodkowej zasilającej dyfuzor,
- 4) przesyłania soku surowego,
- 5) produkcji mleka wapiennego (wodorotlenku wapnia),
- 6) defekacji,
- 7) saturacji,
- 8) zagęszczania soków (gotowania cukrzyca),
- 9) w obiegu wodnym cukrowni [McGinnis 1976; Nikel 1996].

Pierwszym miejscem powstawania piany w cukrowni jest **obieg wód spławiakowych**. Wraz z wprowadzeniem zastrzonych norm jakości ścieków odprowadzanych do odbiorników wód powierzchniowych oraz pojawieniem się konieczności zmniejszenia zużycia świeżej wody w większości cukrowni wprowadzono zamknięte obiegi wód, a zwłaszcza wód spławiakowych.

Wielokrotne wykorzystywanie wód do mycia i spławiania buraków w czasie kampanii cukrowniczej powoduje postępujący wzrost stężenia zanieczyszczających ją organicznych związków azotowych i sacharydów, w tym również składników pianotwórczych. A zatem w czasie trwania kampanii cukrowniczej ścieki spławiakowe wykazują dużą i wzrastającą zdolność do tworzenia piany. Obecność piany w wodach spławiakowych utrudnia właściwe spławianie buraków, kontrolę ich czystości i zmniejsza efektywność działania osadników.

Ekstrakcja cukru z krajanki. Na intensywność powstawania piany w krajance i soku surowym zawartym w ekstraktorze ma wpływ wiele czynników, a przede wszystkim ilość gazu zawartego w masie krajanki, który uwalnia się w operacji eks-



Rys. 1. Uproszczony schemat ideowy procesu technologicznego produkcji cukru białego z buraków cukrowych z zaznaczeniem miejsc powstawania piany (P)

Źródło: opracowanie własne.

trakcji w trakcie jej zanurzania w soku surowym i odgazowywania. Uwalniany z krajanki gaz w procesie jej odgazowania jest jedną z głównych przyczyn powstawania piany w początkowych sektorach ekstraktora.

Nie mniej ważne jest również utrzymanie na odpowiednim stałym poziomie parametrów (pH, temperatury, czasu przebywania krajanki, szybkości dopływu wody itp.) i reżimu technologicznego procesu ekstrakcji, które to powinny ograniczać przechodzenie związków pianotwórczych z krajanki do soku surowego.

Wody wysłodkowe są źródłem piany powstającej w końcowych sektorach ekstraktora. Ta woda pochodzi z wysłodków i jest uzyskiwana w procesie ich mechanicznego wyżymania (prasowania). W skład wody wysłodkowej wchodzi niewielkie ilości cukru i różnych niecukrów, w tym również związki pianotwórcze oraz miazga buraczana (faza stała). Intensywność pienienia się wody wysłodkowej zależy od zawartości związków pianotwórczych i rozproszonej fazy stałej oraz od nieprawidłowego jej przepompowywania i zraszania krajanki w ekstraktorze. Złe rozwiązanie konstrukcyjne systemu dostarczania wody do krajanki sprzyja porywaniu cząstek gazu przez wodę (napowietrzaniu) i tworzeniu pęcherzyków piany.

Na powstawanie piany w **procesie defekacji** wpływają następujące czynniki:

- 1) niewłaściwa praca pomp przesyłających sok surowy: zasysanie powietrza wraz z sokiem, niewłaściwe uszczelnienie wałów wirników pomp, duża burzliwość ruchów cieczy,
- 2) obecność związków pianotwórczych w soku surowym,
- 3) koloidalne własności mleka wapiennego i powstawanie związków koloidalnych w procesie defekacji,
- 4) nadmierne ruchy i zawirowania powierzchni cieczy w defekatorze.

5. Sposoby zapobiegania powstawaniu piany i jej niszczenia w przemyśle cukrowniczym

Podstawową zasadą wszystkich działań związanych z ograniczaniem pienienia się i niszczeniem piany powinno być likwidowanie przyczyn powstawania piany, a dopiero po wyczerpaniu tych możliwości należy zastosować dozowanie preparatów przeciw pianowych, stosując minimalną, niezbędną dawkę. Zużycie preparatów przeciw pianowych można zminimalizować przez prawidłowe prowadzenie poszczególnych operacji i procesów jednostkowych oraz odpowiednie zaprojektowanie i zorganizowanie ciągu technologicznego.

Analiza procesu technologicznego pod względem zapobiegania nadmiernemu pienieniu się przetwarzanych w cukrowni cieczy (soków cukrowniczych i wody) w pierwszej kolejności powinna dotyczyć surowca, tj. buraków cukrowych. W czasie pozyskiwania i przechowywania buraków należy zapewnić:

- 1) właściwy ich zbiór z pola, czyszczenie i transport do cukrowni oraz właściwy rozładunek i magazynowanie, aby uniknąć uszkodzeń mechanicznych skóry i tkanki buraków,

2) właściwe składowanie zabezpieczające buraki przed zamarzaniem i odtajaniem, które jest przyczyną pęknięcia błon komórkowych, wyciekania soku komórkowego i gnicia buraków,

3) odpowiedni transport wodny i mycie w mało zanieczyszczonej wodzie spławiakowej, aby nie powodować dalszych uszkodzeń mechanicznych powierzchni buraków,

4) dobre oddzielenie od buraków liści, chwastów, korzonków, brudu i piasku.

Zdrowe, czyste, nieokaleczone buraki kierowane do dalszego przerobu są podstawą do otrzymania dobrego jakościowo produktu bez stwarzania dodatkowych utrudnień i powikłań w procesie technologicznym, nie będą również sprzyjały nadmiernemu, niepożądanemu pienieniu się soków cukrowniczych i wody znajdującej się w obiegu technologicznym cukrowni.

Już przy zbiorze, skupie i magazynowaniu buraków należy zapobiegać ich kaleczeniu, zamarzaniu i odmrażaniu oraz infekcjom mikrobiologicznym, aby na tym etapie nie przyczynić się do powstawania dodatkowych związków pianotwórczych i do przechodzenia zwiększonej ilości składników pianotwórczych do wody spławiakowej i soku surowego w następnych etapach procesu technologicznego.

5.1. Wody spławiakowe

Przy zapobieganiu nadmiernemu pienieniu się wód spławiakowych powinno się brać pod uwagę następujące okoliczności i działania:

1) zapewnienie dużej ilości wody w obiegu oraz stosowanie ciągłego odbioru części zużytej wody (nadmiernie zanieczyszczonej) i zastępowanie jej świeżą wodą,

2) skuteczne oddzielanie zanieczyszczeń stałych w osadnikach i dobre oczyszczanie wody,

3) kontrolę stanu mikrobiologicznego tych wód i zapobieganie nadmiernemu ich skażeniu drobnoustrojami,

4) dobór odpowiedniego ciśnienia wody i wydajności pomp zastosowanych w obiegu tych wód, ponieważ nadmierna wydajność i za wysokie ciśnienie sprzyjają napowietrzaniu wody,

5) tam, gdzie to jest możliwe, przepompowywaną wodę należy wprowadzać pod powierzchnię cieczy,

6) kontrolę szczelności rurociągów ssących, komór ssących pomp oraz właściwe uszczelnianie wałów ich wirników.

Wszystkie wyżej wymienione działania mają na celu zapobieżenie niepotrzebnemu napowietrzaniu wód spławiakowych i wytwarzaniu piany przez wtłaczane i zasysane do nich pęcherzyki powietrza. Te działania mogą jedynie ograniczyć ilość powstającej piany. Natomiast w celu wyeliminowania powstałej już piany i zahamowania jej powstawania w wodach spławiakowych trzeba doprowadzać do nich (dorzwać) preparaty przeciwpianowe.

Dotychczas w ciągach technologicznych w cukrowniach preparaty przeciwpianowe dozowane są w sposób ciągły, najczęściej w postaci emulsji wodnej, do obiegu

wód spławiakowych przed płuczką buraczaną lub bezpośrednio do płuczki [Gozdek 1994].

Najkorzystniejsze jest ciągle dozowanie, przy czym poziom dawki powinien być ściśle skorelowany z aktualnie występującą zdolnością do pienienia się. Ponieważ trudne jest ciągle ustalanie zmieniającej się dawki, w celu uniknięcia przedozowania należy zastosować automatyczną regulację dozowania na podstawie pomiaru poziomu piany za pomocą czujnika pomiarowego.

5.2. Ekstrakcja

Następnym etapem procesu technologicznego, w którym należy ograniczać pienienie się, jest operacja ekstrakcji. W celu ograniczenia powstawania piany w ekstraktorze należy mieć na uwadze następujące okoliczności:

1) trzeba odpowiednio prowadzić proces krajania buraków w krajalnicy na krajankę, aby zmniejszać ilość gazów adsorbowanych przez krajankę w trakcie procesu krajania i przesyłania krajanki do ekstraktora. Stosuje się tu: odpowiednią temperaturę, odpowiednią wielkość i kształt pasemek krajanki, ostre noże, aby zmniejszać liczbę rozciętych komórek, a tym samym objętość wypływającego soku komórkowego, którego podwyższona ilość jest również źródłem większej ilości związków pianotwórczych w soku surowym;

2) zwiększanie grubości krajanki będzie przyczyniać się nie tylko do zmniejszenia zawartości fazy gazowej i ciekłej w krajance, a tym samym sprzyjać zmniejszeniu intensywności pienienia, ale również umożliwi lepszy rozkład krajanki w ekstraktorze i uniknięcie spiętrzeń. Grubość krajanki powinna przede wszystkim odpowiadać wymaganiom technologicznym stawianym przez proces ekstrakcji;

3) powinno się stosować możliwie najkrótszą drogę transportową od krajalnicy do leja zasypowego krajanki; takie rozwiązanie ogranicza rozpuszczenie się powietrza w soku komórkowym wypływającym z rozciętych komórek buraka oraz nadmierne napowietrzanie krajanki;

4) szybkość transportu krajanki do ekstraktora powinna gwarantować utrzymanie w leju zasypowym ekstraktora odpowiedniej wysokości warstwy krajanki (powinna ona wynosić co najmniej jeden metr, licząc od powierzchni soku w dolnej części ekstraktora). Utrzymując odpowiednią wysokość warstwy krajanki w ekstraktorze, uzyskuje się odpowiednią siłę wtłaczającą krajankę do znajdującej się już w tej części ekstraktora mieszaniny krajanki z sokiem surowym. Takie postępowanie zmniejsza ilość powietrza wprowadzanego do ekstraktora wraz z krajanką, ponieważ dużo mniejsze przestrzenie są wypełnione powietrzem między pasemkami krajanki;

5) istotne jest właściwe prowadzenie procesu odgazowania krajanki w dolnej (początkowej) strefie ekstraktora. Najpierw powinno odbywać się zanurzenie krajanki w soku surowym, a następnie jej ogrzewanie. Proces odgazowania krajanki powinien poprzedzać proces intensywnej wymiany ciepła, ale nie wolno również dopuścić do zbytniego obniżenia temperatury; powinna ona wynosić 60-65°C;

6) poprawny przebieg procesu odgazowania i ogrzania krajanki powinien być przedmiotem szczególnego zainteresowania i troski ze strony technologów, ponieważ od prawidłowości jego przeprowadzenia zależy zdolność przerobowa ekstraktora;

7) prawidłowe prowadzenie procesu odgazowania i ogrzewania krajanki będzie zmniejszać intensywność powstawania piany w dolnej części ekstraktora;

8) należy zwrócić uwagę na niedopuszczenie do nadmiernej ekstrakcji kolooidów z krajanki do soku surowego;

9) powinno się zapobiegać obecności miazgi w krajance, która może wpłynąć nawet na dwukrotne zwiększenie zawartości kolooidów w soku surowym i wodach wysłdkowych;

10) ważne jest dbanie o odpowiednią czystość mikrobiologiczną procesu ekstrakcji [Waleriańczyk 1995].

Pienienie się może występować również w górnej (końcowej) strefie ekstraktora, w sektorze, do którego jest doprowadzana woda wysłdkowa.

5.3. Wody wysłdkowe

Ograniczaniu powstawania piany w wodach wysłdkowych i w górnej strefie ekstraktora będą sprzyjały następujące działania:

1) zmniejszenie ilości niecukrów i związków pianotwórczych w wodach wysłdkowych przez poprawne prowadzenie procesu ekstrakcji i prawidłowe wyżymanie wysłdków,

2) zapobieganie przedostawaniu się miazgi (rozproszonej fazy stałej) do wód wysłdkowych lub usuwanie jej z wód wysłdkowych,

3) przeciwdziałanie rozwojowi drobnoustrojów w wodach wysłdkowych,

4) zapobieganie uderzaniu strumieni wody w powierzchnię cieczy, rozbryzgiwaniu wód wysłdkowych w operacji wyżymania wysłdków,

5) zastosowanie w obiegu wód wysłdkowych pomp o odpowiedniej wydajności i szczelności, ponieważ nadmierna wydajność pomp oraz nieszczelności komór ssących i zabezpieczeń wałów wirników są przyczyną intensywnego napowietrzania wody wysłdkowej i powstawania piany,

6) odpowiednie dobranie sposobu doprowadzania wody wysłdkowej do mieszaniny ekstrakcyjnej w górnej strefie ekstraktora. Woda wpływająca przez dużą liczbę otworów powinna spokojnie zraszać dużą powierzchnię masy krajanki znajdującej się w górnej strefie ekstraktora, tak aby nie powodować napowietrzania soku w ekstraktorze i powstawania piany [Waleriańczyk 1995].

Jeśli te działania nie zapobiegną powstawaniu piany, a trzeba pamiętać, że w wodach wysłdkowych są zawarte preparaty przeciwpianowe pochodzące z powierzchni buraków (miały one kontakt z odpienianymi wodami spławiakowymi), a przede wszystkim z resztek soku surowego, do którego w ekstraktorze były doprowadzane preparaty przeciwpianowe, to istnieje konieczność dozowania do nich środków przeciwpianowych. Najlepsze efekty, tj. niskie zużycie tych środków, uzyska się, stosując ciągle dozowanie, kontrolowane automatycznie na podstawie pomiaru poziomu piany za pomocą czujników pomiarowych.

5.4. Defekacja

Piana powstaje również w procesie defekacji, głównie w defekacji wstępnej. Zapobieganie powstawaniu piany na tym etapie realizacji procesu technologicznego polega na:

1) odpowiednim dobraniu konstrukcji defekatora i zapewnieniu spokojnego mieszania się mleka wapiennego z sokiem surowym, zapobiegającego burzliwym ruchom i zawirowaniom powierzchni cieczy,

2) zapobieganiu zasysaniu powietrza i napowietrzaniu soku surowego w trakcie jego odbioru z dyfuzora i przesyłania do defekatora,

3) dodawaniu, w razie konieczności, niewielkich ilości preparatów przeciwpianowych do mleka wapiennego, aby zapobiegać jego pienieniu się w czasie lasowania wapna i przepompowywania.

Pomimo tych działań w defekatorze powstaje piana i w celu ograniczania pienienia i jej eliminowania trzeba stosować ciągle dozowanie preparatów przeciwpianowych. Najefektywniejszym sposobem dozowania jest automatyczne regulowanie ilości doprowadzanych środków na podstawie pomiaru poziomu piany za pomocą czujników pomiarowych.

5.5. Inne miejsca

Piana może jeszcze pojawiać się w procesie gotowania cukrzycy. Aby jej zapobiegać, należy unikać gwałtownych zmian temperatur i można zapobiegawczo, a najlepiej w momencie powstawania piany, dodawać do pieniącego się roztworu cukrzycy niewielkie ilości preparatów przeciwpianowych. Tutaj również jest wskazane zamontowanie urządzeń do automatycznej kontroli poziomu piany i automatycznego dozowania preparatów przeciwpianowych.

Dosyć nagle wystąpienie nadmiernego pienienia się cieczy świadczy o uchybieniach technologicznych i powinno być sygnałem dla personelu technologicznego do przeanalizowania wszystkich parametrów danej operacji, ponieważ może być ono skutkiem:

1) braku dozowania preparatów przeciwpianowych,

2) zmiany pH, zwłaszcza w kierunku alkalicznym, na skutek uszkodzenia elektrody pomiarowej i złej regulacji,

3) zakażeń mikrobiologicznych itp.

6. Preparaty przeciwpianowe stosowane w cukrownictwie

Do niszczenia piany powstającej w procesie technologicznym produkcji cukru z buraków cukrowych oraz w obiegu wód w cukrowni stosuje się wiele chemicznych preparatów przeciwpianowych działających na zasadzie zwiększania napięcia powierzchniowego cieczy [Holland 1996].

Dawniej jako środki przeciw pianowe w cukrownictwie stosowano naturalne tłuszcze zwierzęce (masło, łój) lub roślinne (oleje). Obecnie w powszechnym użyciu są preparaty chemiczne zawierające w swoim składzie m.in.: oleje silikonowe, polioksyetylen, polioksypropylen, węglowodory, wyższe alkohole, pochodne wyższych kwasów tłuszczowych [Gallagher, Newberry 1995]. Niektóre ich składniki mogą wykazywać działanie szkodliwe dla zdrowia.

Do zwalczania piany powstającej w procesie technologicznym produkcji cukru i w wodach cukrowniczych jest oferowane przez różne firmy wiele preparatów przeciw pianowych. Wykaz preparatów przeciw pianowych, a także ich producentów, oferowanych w ostatnich latach cukrowniom przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Wykaz preparatów przeciw pianowych stosowanych w cukrownictwie

Nazwa preparatu	Producent
Antispumin HW, HWD, RW	Stockhausen
Antykam PP-100	Acrylmed (Polska)
Bevaloid 2561	Rhone-Poulenc (Francja)
Bevaloid 6432	Rhone-Poulenc (Francja)
Breox SG 22	IXO Sp. z o.o. Kędzierzyn Koźle
Clerol KX-7	Henkel KGaA (Niemcy)
Clerol S 21 C	Henkel KGaA (Niemcy)
Clerol RT 4262 A	Henkel KGaA (Niemcy)
Defospum HW	Defotec
Defomix DDS-10	ICSO Chem. Prod. Kędzierzyn Koźle
Defomix SC-20	ICSO Chem. Prod. Kędzierzyn Koźle
Dehysan Z 5013	Henkel KGaA (Niemcy)
Denispol	Chemipol (Hiszpania)
Diaprosim AB-13	ISCO Chem. Prod. Kędzierzyn Koźle
Flofoam X11, X17, X70	Brenntag (Polska)
Glanapon DS 44	Bussetti Co
Glanapon DS 98	Bussetti Co
Glanapon DS 5	Bussetti Co
Intrasol	Henkel KGaA (Niemcy)
Kebo-Spum NT	Kebo (Niemcy)
Kebospum HTS - PL	Kebo (Niemcy)
Rocamix C-1, E-1	ICSO Chem. Prod. Kędzierzyn Koźle
Rocamix EW-1/konc.	ICSO Chem. Prod. Kędzierzyn Koźle
Rocamix PC-3	ICSO Chem. Prod. Kędzierzyn Koźle
Rocamix Rox – 20	ICSO Chem. Prod. Kędzierzyn Koźle
Romis C-21, C-21/L, CW-3, CW-3/L	Specialized Industrial Chemicals
Spumol BJ/C	Łódzkie Zakłady Chemiczne „Organika”
Spumol BJ, K3	Łódzkie Zakłady Chemiczne „Organika”
Supersil 556c, 661	Henkel KGaA (Niemcy)
Struktol SB 2032	ISCO Chem. Prod. Kędzierzyn Koźle

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Gozdek 1994; Gruszecka 1994a; 1994b; Marczyński 1996].

Dobry preparat przeciw pianowy służący do odpieniania wód spławiakowych, wód wysłodkowych, soku surowego w ekstraktorze i defekatorze powinien mieć następujące cechy:

- 1) dużą skuteczność działania przy małych dawkach,
- 2) brak negatywnego wpływu na dalsze etapy procesu technologicznego,
- 3) powinien ulegać rozkładowi i nie przechodzić do produktu, półproduktów i odpadów,
- 4) ewentualna obecność śladowych ilości tych preparatów w cukrze i melasie nie powinna negatywnie oddziaływać na przebieg procesów technologicznych produkcji wyrobów z udziałem tych surowców,
- 5) w przypadku przechodzenia pewnych ilości tych związków do ścieków nie powinien negatywnie wpływać na zachodzące w wodach i ściekach procesy biologicznego rozkładu zanieczyszczeń,
- 6) powinien być nietoksyczny dla biocenozy wód powierzchniowych,
- 7) powinien posiadać pozytywną ocenę ekologiczną,
- 8) powinien posiadać pozytywną opinię Państwowego Zakładu Higieny oraz zezwolenie Głównego Inspektora Sanitarnego na stosowanie w polskim przemyśle cukrowniczym, z podaniem maksymalnej, bezpiecznej dawki [Połec i in. 1993; Żakowska i in. 1985].

Przy wyborze konkretnego preparatu do zastosowania w cukrowni należy kierować się nie tylko wcześniej wymienionymi cechami oraz skutecznością działania (wielkością dawki), ale również należy brać pod uwagę cenę, czyli koszty zwalczania piany. Po dokonaniu wyboru preparatu przeciw pianowego pozostaje rozwiązanie problemu ich dodawania do odpienianej cieczy w minimalnych niezbędnych dawkach. Wielkość dawki może ulegać zmianie w czasie całej kampanii, a nawet w czasie jednej zmiany [Gruszecka 1994 a; 1994b; Połec i in. 1993].

Najczęściej w procesie spławiania buraków, ekstrakcji i oczyszczania soków stosuje się ciągle dozowanie preparatów przeciw pianowych uprzednio rozcieńczonych wodą i doprowadzonych do postaci emulsji wodnej. Jednorazowymi dawkami, tzw. uderzeniowymi, preparaty przeciw pianowe dodaje się do cukrzyc w procesie gotowania. Do ciągłego dozowania powszechnie stosowane są pompy membranowe typu EPD z regulowaną wydajnością [Gruszecka 1994a; 1994b; Gozdek 1994].

Taki sposób dawkowania, brak korelacji z aktualnie występującą zdolnością pienienia się cieczy sprzyja przedozowywaniu preparatów, które w większym stężeniu skuteczniej niszczą pianę, ale ujemnie wpływają na dalszy przebieg procesu technologicznego i mogą negatywnie oddziaływać na procesy biologicznego oczyszczania wód.

Nawet przy ciągłym dozowaniu preparatów przeciw pianowych szybkość ich dozowania powinna być nieco mniejsza, niż to wynika z aktualnych własności pianotwórczych odpienianej cieczy. Pozostałą dawkę niezbędną w danej chwili do skutecznego zgaszenia piany należy dozować często w małych porcjach gwarantujących krótkotrwałe zwalczanie piany. Takie postępowanie minimalizuje ilość dozowanych preparatów przeciw pianowych, ale jest bardzo trudne do przeprowadzenia przez

pracowników dozoru technologicznego, ponieważ wymaga ciągłego ręcznego sterowania procesem dozowania.

Dobre i skuteczne dozowanie preparatów przeciw pianowych przy minimalizowaniu ich zużycia można osiągnąć dopiero po zastosowaniu automatycznej regulacji dozowania. Do automatycznej kontroli poziomu piany i dozowania preparatów przeciw pianowych niezbędne jest zamontowanie elektronicznych regulatorów poziomu piany, które na podstawie pomiaru poziomu piany za pomocą czujników pomiarowych sterują pracą pomp lub zaworów dozujących.

Takie urządzenie zostało skonstruowane i jest produkowane w Katedrze Biotechnologii Żywności Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Z dużym powodzeniem jest stosowane w skali laboratoryjnej przy prowadzeniu procesów fermentacji oraz w skali przemysłowej w zakładach farmaceutycznych i fermentacyjnych, m.in. przy produkcji drożdży, antybiotyków, kwasu cytrynowego.

7. Zakończenie

1. W wielu operacjach i procesach jednostkowych procesu technologicznego produkcji cukru z buraków cukrowych powstaje piana.

2. Nadmierne pienienie się świadczy o złym przebiegu procesu technologicznego i o obniżonej jakości surowca.

3. Powstająca piana utrudnia właściwą realizację procesu technologicznego i stąd wynika konieczność podejmowania działań mających na celu zapobieganie jej powstawaniu oraz niszczenie powstałej już piany.

4. Podstawową zasadą wszystkich działań związanych z ograniczaniem pienienia się i niszczeniem piany powinno być likwidowanie wszelkich przyczyn powstawania piany, a dopiero po wyczerpaniu tych możliwości należy stosować dozowanie preparatów przeciw pianowych.

5. Dobór właściwych preparatów przeciw pianowych i ograniczenie ich zużycia może przyczynić się do poprawienia efektywności procesu technologicznego oraz zmniejszyć zawartość śladowych ilości tych substancji w cukrze, melasie i w obiegu wodnym cukrowni.

6. Dobre i skuteczne dozowanie preparatów przeciw pianowych przy minimalizowaniu ich zużycia można osiągnąć tylko po zastosowaniu elektronicznych regulatorów poziomu piany sterujących pracą pomp lub zaworów dozujących środki przeciw pianowe.

Literatura

- Bryon K.J.: *Defoaming agents*, „Critical Reports on Applied Chemistry” 1990 nr 30, s. 133-161.
Dobrzycki J. (red.): *Poradnik inżyniera. Cukrownictwo*, WNT, Warszawa 1988.
Dobrzycki J.: *Chemiczne aspekty technologii cukru*, WNT, Warszawa 1984.

- Frustrating foam*, „Process Pharma TEC International” 2004 nr 2, s. 16-17.
- Gallagher S., Newberry R.B.: *Reliable foam level detection in beet processing*, „International Sugar Journal” 1995 nr 97(1162), s. 598-601.
- Gozdek K.: *Ocena przydatności dostępnych na rynku preparatów do gaszenia piany powstającej w wodach obiegu splawiakowego*, „Gazeta Cukrownicza” 1994 nr 8, s. 155-156.
- Gruszecka H.: *Ilościowe oznaczanie zawartości saponin w cukrze białym*, „Gazeta Cukrownicza” 1999 nr 12, s. 222-225.
- Gruszecka H.: *Laboratoryjna ocena Bevaloidu 6432*, „Gazeta Cukrownicza” 1994b nr 2, s. 34-35.
- Gruszecka H.: *Ocena przydatności środka przeciw pianowemu Spumul K-3 do gaszenia piany w procesie ekstrakcji*, „Gazeta Cukrownicza” 1994a nr 2, s. 33-34.
- Holland M.: *Effective foam control in beet processing*, „International Sugar Journal” 1996 nr 98(1171), s. 347-348.
- Król B., Milala J.: *Zawartość saponin w sokach surowych pochodzących z wybranych polskich cukrowni kampanii 2002/2003*, „Gazeta Cukrownicza” 2004 nr 1, s. 10-13.
- Król B., Wojtczak M., Milala J.: *Saponiny buraka cukrowego i ich wpływ na jakość cukru białego*, „Gazeta Cukrownicza” 2002 nr 9, s. 242-247.
- Marczyński J.: *Preparaty chemiczne stosowane w procesie technologicznym produkcji cukru*, „Gazeta Cukrownicza” 1996 nr 9, s. 164-167.
- McGinnis R.A. (red.): *Cukrownictwo*, WNT, Warszawa 1976.
- Nikel S.: *Cukrownictwo*, WSiP, Warszawa 1996.
- Pietkiewicz J.J.: *Ogólna technologia żywności. Procesy biotechnologiczne i membranowe*, AE, Wrocław 1996.
- Pietkiewicz J.J., Leśniak W.: *Biotechnologiczne aspekty budowy bioreaktorów pilotowych*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 833(6), Technologia, AE, Wrocław 2000, s. 27-38.
- Podgórski W., Leśniak W., Pietkiewicz J.J.: *Likwidacja piany w procesie fermentacji cytrynowej*, Przem. Ferm. i Owoc.-Warzyw. 1987 nr 31(2), s. 30-32.
- Podgórski W., Leśniak W., Pietkiewicz J.J.: *Regulacja poziomu piany w procesie fermentacji kwasu cytrynowego*, [w:] Materiały z XVII Sesji Naukowej KTiChZ PAN pt. „Doskonalenie procesów biotechnologicznych w przemyśle spożywczym”, red. J. Dobrzycki, Wyd. EKORNO PŁ, vol. 2, Łódź 1986, s. 467-470.
- Podgórski W., Pietkiewicz J.J., Leśniak W.: *Komputerowy system sterowania procesami biotechnologicznymi w skali badawczej*, [w:] Materiały sesyjne, IV Ogólnokrajowa Sesja Naukowa pt. „Postępy inżynierii bioreaktorowej”, Łódź’90, red. H. Michalski, Wyd. Inst. Inż. Chem. i Procesowej PŁ, Łódź 1990, s. 27-31.
- Połeć B., Kempnerska-Omielczenko O., Tomaszewska A.: *Ocena przydatności dla przemysłu cukrowniczego preparatów do gaszenia piany w wodach splawiakowych, cz. I. Badania laboratoryjne*, „Gazeta Cukrownicza” 1993 nr 2, s. 33-38.
- Szekrenyesy T., Liktor T., Sandor N.: *Characterization of foam stability by the use of foam models*, „Colloids and Surfaces” 1992 nr 68, s. 267-282.
- Waleriańczyk E.: *Zjawisko pienienia w procesie ekstrakcji*, „Gazeta Cukrownicza” 1995 nr 11, s. 211-214.
- Żakowska Z., Druri M., Nowakowska-Waszcuk A.: *Wpływ środków odpieniających stosowanych w cukrownictwie na przydatność melas buraczanych do produkcji kwasu cytrynowego metodą fermentacji powierzchniowej*, Zeszyty Naukowe PŁ. Chem. Spoż. Łódź 1985 nr 39, s. 319-322.
- Żakowska Z., Mihailescu D., Kusewicz D.: *Rola środków odpieniających obecnych w melasach buraczanych w rozwoju drożdży piekarskich Saccharomyces cerevisiae*, Przem. Ferm. i Owoc.-Warzyw. 1990 nr 2, s. 6-8.

PROBLEMS WITH FOAM OCCURENCE IN THE BEET PROCESSING BY THE SUGAR PRODUCTION BIOTECHNOLOGY

Summary

In this paper, the liquids foaming issues related to the beet processing by sugar production technology were defined. Main reasons of foam occurrence and problems with its persistence were presented.

The foam occurrence in the beet processing by sugar production technology is an undesirable effect. Excessive foaming results from the technology defects and a reduced raw material quality. Reduction of foam formation rate and a foam elimination enhance the sugar performance and influence sugar quality.

The foam occurrence issue by sugar production technology from sugar beet was reviewed in this paper, particularly in the following fields: general problems with liquids foaming and methods of foam formation rate reduction; analysis of factors which influence the foam formation rate and the intensity of foam occurrence in the sugar industry; activities towards reduction of the foam formation rate and intensity of foam occurrence, and methods of foam elimination as well.