

Straty ekstraktu w procesie produkcji piwa

mgr inż. Katarzyna Kobus

Promotor

dr hab. inż. Edyta Kordialik-Bogacka, prof. uczelni

Streszczenie

Ciągłe zmiany warunków ekonomicznych oraz rozwój technologii wymusza na przedsiębiorstwach produkcyjnych poszukiwanie i wdrażanie rozwiązań ograniczających straty. Straty produktu występujące w procesie technologicznym produkcji piwa w browarze przeliczane są na straty ekstraktu i wyrażane, jako procent strat dla całego procesu technologicznego lub dla każdej operacji w procesie produkcji piwa. Straty powstające w procesie produkcji składają się na koszt wytworzonego produktu, dlatego ważne jest, aby przeanalizować proces produkcyjny, zidentyfikować powstające straty i wdrożyć rozwiązania techniczne i technologiczne, które zminimalizują je i pozwolą osiągnąć większą wydajność i wzrost zysków przedsiębiorstwa. Ponadto straty ekstraktu powstające w procesie produkcji piwa wpływają na zwiększone zużycie wody, energii elektrycznej i ciepła, a także na zwiększoną produkcję odpadów. Wyzwaniem dla browaru jest dostarczanie na rynek powtarzalnego produktu najwyższej jakości. Dlatego też produkcja piwa powinna odznaczać się stabilnością, powtarzalnością, podlegać łatwej kontroli zapewniając tym samym bezpieczeństwo produkcji i oszczędności.

Celem pracy była ocena procesu produkcji piwa pod kątem zidentyfikowania etapów procesu charakteryzujących się wysokimi stratami ekstraktu oraz wdrożenie działań polegających na minimalizowaniu strat bez negatywnego wpływu na jakość piwa, stan fizjologiczny drożdży i produktywności zakładu.

Straty ekstraktu powstające w procesie produkcji piwa można podzielić na operacyjne i technologiczne. Straty technologiczne wynikają głównie z pozostawiania ekstraktu w materiałach poprodukcyjnych, zbyt dużego przyrostu biomasy drożdży, nadmiernego usuwania piwa podczas procesu wirowania oraz zbyt wysokiej zawartości ekstraktu w wyrobie gotowym. Na straty operacyjne ma wpływ skala produkcji i poziom automatyzacji browaru. Wynikają z nieszczelności instalacji technologicznych, pozostawiania cieczy w zbiornikach i instalacjach, niewłaściwej pracy sprzętu kontrolno - pomiarowego, a także słabej infrastruktury technicznej. Na straty operacyjne ma również istotny wpływ planowanie produkcji, organizacja przedsiębiorstwa oraz lokalizacja poszczególnych działów produkcyjnych. Ponadto poziom świadomości i kompetencji pracowników odgrywa ważną rolę w ograniczeniu strat.

Straty techniczne warzelni mogą być spowodowane wyeksploatowaniem części zamiennych śrutownika młotkowego i śrutownika do mielenia na mokro, a także elementów filtra zacierowego, takich jak tkaniny filtracyjne i membrany.

Zauważono, że zastosowane wdrożenia ograniczające straty ekstraktu brzezki i piwa prowadzą również do ograniczenia strat środków chemicznych, wody i energii elektrycznej podczas mycia w systemie CIP oraz strat ditlenku węgla w trakcie napełniania zbiorników BBT piwem.

Straty technologiczne wynikają z zastosowanej technologii produkcji piwa. W ramach przeprowadzonych prac przeprowadzono analizę możliwości użycia pyłu słodowego do zacierania. Dodatek pyłu słodowego w ilości 80 kg na warkę powodował obniżenie strat ekstraktu brzezki o odpowiednio 0,5 i 0,6 p.p. w produkcji brzezki 16,5 °Plato z użyciem śruty o wielkości cząstek 2,5 mm i stosunku wody do śruty 2,50:1 i 2,65:1.

Przeprowadzono optymalizację procesu śrutowania słodu i surowców niesłodowanych. W przeprowadzonych badaniach wyprodukowane brzezki z zastosowaniem drobniejszego przemiału bez względu na zakładaną w recepturze zawartość ekstraktu w brzezce i skład surowcowy charakteryzowały się wyższą wydajnością pozyskania ekstraktu. Drobniejszy przemiał wpływał niekorzystnie na czas filtracji brzeczek z 45% udziałem jęczmienia w zasypie oraz powodował szybsze zatykanie się płócien filtracyjnych, natomiast nie miał wpływu na mętność zimnej brzezki, z wyjątkiem brzezki 17,1 °Plato.

Analizie poddano wpływ wymiany zużytych bijaków w śrutowniku młotkowym na wydajność pozyskania ekstraktu z surowców. Niezależnie od przeprowadzonego procesu zawartość ekstraktu wymywalnego i wilgotność młota różniły się pomiędzy komorami filtra zacierowego. Natomiast zawartość ekstraktu niewymywalnego była stabilna dla każdego procesu. Przypuszczano, że może to świadczyć o nieprawidłowej pracy membran lub wyeksploatowaniu tkanin membranowych. Najwyższe poziomy ekstraktu niewymywalnego odnotowano przed wymianą bijaków, gdy zacier był przygotowywany ze śruty słodowej o wielkości cząstek 2,5 mm. Wyeksploatowane bijaki prawdopodobnie przyczyniły się do nieprawidłowego przemiału surowca, co skutkowało podwyższoną zawartością ekstraktu niewymywalnego w młocie. Ponadto grubszy przemiał surowca przyczynił się do podwyższonej ilości ekstraktu niewymywalnego prawdopodobnie ze względu na słabą ekstrakcję związków ze śruty.

W ramach przeprowadzonych badań optymalizowano gęstość zacieru. Zwiększenie gęstości zacieru doprowadziło do zmniejszenia strat ekstraktu w brzezce zarówno przy filtracji w filtrze

zacierowym jak i kadzi filtracyjnej. Jednak zwiększenie stosunku śruty do wody w produkcji brzeczek o 45% zawartości jęczmienia doprowadziło do wydłużonej filtracji zacieru na skutek zatkania płócien filtracyjnych. Najniższe straty ekstraktu podczas produkcji brzeczki 17,1 °Plato, otrzymano gdy zacier był przygotowywany w toku zacierania dekokcyjnego ze śruty zmieszanej z wodą w proporcjach 2,75:1 i filtrowany w filtrze zacierowym oraz 2,85:1, gdy był filtrowany w kadzi filtracyjnej.

Analizie poddano możliwość dodania osadów gorących do młóta znajdującego się w kadzi filtracyjnej podczas wysładzania. W toku badań stwierdzono, że dodatek osadów gorących do kadzi filtracyjnej podczas wysładzania młóta nie miał jednak wpływu na zwiększenie ilości ekstraktu w brzeczce. Różnica w stracie ekstraktu pomiędzy przeprowadzonymi próbami technologicznymi wynosiła 0,1 p.p. Dodatek osadu gorącego powodował także wzrost zmętnienia zimnej brzeczki, lecz nie skutkowało wzrostem zmętnienia piwa po fermentacji. Po procesie fermentacji odnotowano wyższy przyrost drożdży w próbie z dodatkiem osadów gorących, co przyspieszyło proces fermentacji o 0,5 dnia. Podczas prac badawczych przeprowadzono ocenę sensoryczną wyprodukowanych piw z dodatkiem i bez dodatku osadów gorących do młóta podczas wysładzania w kadzi filtracyjnej. W piwie po fermentacji głównej nie odnotowano różnic pomiędzy wyprodukowanymi partiami piwa.

W ramach przeprowadzonych prac optymalizowano proces napowietrzania brzeczki i dawkę drożdży nastawnych użytych do procesu fermentacji. Zwiększanie dawki drożdży i zmniejszanie ilości wprowadzanego powietrza zmniejszało przyrost biomasy drożdży i liczbę komórek zawieszonych w fermentującym piwie. Wraz ze wzrostem dawki drożdży rosła szybkość procesu fermentacji wyrażona jako dobowy spadek ilości ekstraktu. Zastosowanie dużej dawki inokulum pozwoliło obniżyć straty ekstraktu. W gęstwie drożdżowej zebranej po procesie fermentacji piw wyprodukowanych z użyciem dużej dawki drożdży liczba komórek martwych nie przekraczała 5%. W ramach przeprowadzonych badań stwierdzono, że zmniejszenie napowietrzania brzeczki i zwiększenie dawki drożdży nastawnych w badanych zakresach nie miały istotnego wpływu na jakość sensoryczną produktu końcowego. W przeprowadzonych badaniach wielkość inokulum nie miała wpływu ani na smak piwa, ani na stężenie etanolu. Pomimo dużych różnic w przyroście biomasy drożdży, stężenie alkoholu i pozorny stopień odfermentowania były podobne. Wyższe pH piwa wiązało się prawdopodobnie z większą ilością komórek martwych i uwalnianiem zawartości tych komórek do piwa. Wszak odsetek martwych komórek drożdży nie był wyższy przy wyższych dawkach drożdży, ale liczba martwych komórek może być większa, jeśli dawki drożdży nastawnych

byłyby jeszcze większe. Największe zawartości wyższych alkoholi, estrów i aldehydu octowego uzyskano, gdy do fermentacji użyto drożdże w ilości 1,0 kg/hl i ograniczeniu ilości wprowadzanego powietrza z 15 m³ do 12 m³. Natomiast zmniejszenie ilości powietrza i zwiększenie dawki drożdży nastawnych (dawka drożdży od 1,0 do 1,3 kg/hl) spowodowało uzyskanie najniższych stężeń tych związków. Ograniczenie napowietrzania i zwiększenie dawki drożdży z 1,0 kg/hl do 1,3 kg/hl obniżyło zawartość alkoholi wyższych, estrów i aldehydu octowego odpowiednio o 52%, 32% i 15%.

Optymalizacji poddano również wielokrotność użycia drożdży do procesu fermentacji. W ramach przeprowadzonych prac stwierdzono, że zastosowanie dużych dawek drożdży ogranicza przyrost drożdży, jednak pozostaje bez wpływu na zawartość komórek martwych w biomacie drożdży do piątej generacji. Oceniano wpływ partii zebranych drożdży na szybkość przeprowadzania procesu fermentacji. W ramach przeprowadzonych badań, stwierdzono, że czas fermentacji piwa zależy od ilości komórek drożdży nastawnych, czynników stresowych podczas fermentacji oraz partii drożdży użytych do fermentacji. Dodatkowo skład surowcowy brzezki ma znaczenie przy seryjnym przeszczepianiu drożdży do kolejnych brzeczek nastawnych, między innymi na możliwość hamowania adsorpcji maltozy i maltotriozy z uwagi na występowanie mechanizmu represji przez glukozę. W toku badań stwierdzono, że proces fermentacji z udziałem drożdży pochodzących z pierwszego zbioru zachodził szybciej niż z udziałem drożdży z drugiego zbioru ze względu na większą zawartość starych i młodych komórek drożdży. W badaniach przeprowadzonych w ramach pracy doktorskiej czas fermentacji był krótszy, gdy stosowano kolejne generacje drożdży z wyjątkiem generacji piątej. Na czas fermentacji piwa z udziałem drożdży piątej generacji miała wpływ wydłużona fermentacja piw A i C wyprodukowanych z brzeczek bez dodatku syropu glukozowego. Stopień wykorzystania FAN w fermentacjach prowadzonych z użyciem kolejnych generacji drożdży wahał się w granicach 41 - 50%. Prawdopodobnie duża dawka drożdży była głównym czynnikiem ograniczającym wzrost w przeprowadzonych badaniach. W pokoleniach drożdży od drugiego do piątego nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zawartości komórek martwych w kolejnych pokoleniach. Najwyższa zawartość komórek martwych wynosiła 4,5%, spełniając tym samym kryteria stawiane drożdżom nastawnym. W ramach przeprowadzonej pracy badawczej stwierdzono, że zawartość estrów, jak i wyższych alkoholi w piwie była zbliżona bez względu na generację użytych drożdży. Zawartość wyższych alkoholi zależała od składu brzezki i była istotnie wyższa w przypadku piwa B otrzymywanego

ze słodu, syropu glukozowego i grysu kukurydzianego. Zawartość aldehydu octowego była zależna od składu surowcowego piwa i generacji użytych drożdży.

W wyniku przeprowadzonych badań oceniono wpływ surowców skrobiowych i środków pomocniczych na stabilność koloidalną piwa. Sprawdzone wpływ częściowego zastąpienia słodu śrutą kukurydzianą i syropem cukrowym lub jęczmieniem browarnianym oraz dodatku egzogennych proteaz i karagenu na powstawanie zmętnienia podczas przechowywania piwa. Stwierdzono, że przewidywanie powstawania zmętnienia na podstawie zawartości azotu całkowitego (oznaczonego metodą Kjeldahla) oraz zawartości polifenoli (oznaczonych metodą spektrofotometryczną) w wyrobie gotowym jest trudne. Jednakże pomiar i regulacja zawartości azotu koagulującego daje możliwość oszacowania i zmniejszenia potencjału tworzenia się zmętnień. Ustalono, że stabilność koloidalną piwa produkowanego z niesłodowanego jęczmienia można poprawić poprzez uzupełnienie zacieru/brzezki i/lub brzezki nastawnej egzogennymi proteazami i karagenem. Piwa z dodatkiem śruty kukurydzianej i syropu skrobiowego wykazały również znacząco zwiększoną trwałość koloidalną. Wyniki tych badań pokazują, że staranny dobór surowców i środków pomocniczych może znacząco poprawić stabilność koloidalną piw produkowanych na skalę przemysłową.

W ramach pracy doktorskiej optymalizowano warunki wirowania piwa młodego. Dla ograniczenia strat w procesie wirowania ważne jest ustalenie takich parametrów jak zawartość komórek drożdży w piwie kierowanym do wirowania, temperatura piwa i dawka wapnia oraz moment przekazania piwa do wirowania. Stwierdzono, że dawka wapnia wynosząca od 60 do 80 mg/dm³ jest wystarczająca, aby utrzymać właściwą flokulację drożdży. Wirowanie piwa w temperaturze fermentacji 13°C oraz podczas chłodzenia w temperaturze od 5 do 9 °C generowało najmniejsze straty ekstraktu. Aby ograniczyć straty piwa na etapie wirowania należy rozważyć konieczność odwirowania całej objętości zbiornika. Piwo w wyższych warstwach CKT może być klarowne i spełniać wymagania piwa kierowanego do procesu filtracji, a wirowanie całej objętości piwa może skutkować dodatkowymi stratami. Niższe zmętnienie piwa można uzyskać poprzez zastosowanie dużej dawki drożdży.

W ramach przeprowadzonych prac wdrożono odzyskiwanie piwa z drożdży niewykorzystanych do procesu fermentacji, co pozwoliło na zmniejszenie strat ekstraktu piwa o 0,3 p.p. w skali roku. Ponadto podzielono straty ekstraktu piwa w dziale filtracji na te spowodowane błędem operatora lub nieprawidłowo wykonaną kalibracją urządzeń pomiarowych

oraz wyprodukowaniem piwa o wyższej niż deklarowana zawartość ekstraktu piwa ze względu na uzyskanie minimalnej zawartości alkoholu. W związku, z czym wyznaczono minimalną zawartość ekstraktu dla wyprodukowanych piwa, aby zawartość alkoholu mieściła się w zakresie dopuszczalnego odchylenia, co pozwoliło na obniżenie strat technologicznych do -1,74%. Wyznaczono piwa, których produkcja powoduje zwiększone straty ekstraktu ze względu na otrzymanie piwa o zbyt małej zawartości alkoholu po standaryzacji piwa stężonego. W toku przeprowadzonych prac wyznaczono nowe parametry dla piw stężonych oraz wdrożono procedury produkcji piw przynoszących straty ekstraktu.

Wdrożenie powyższych działań pozwoliło na obniżenie strat ekstraktu w procesie produkcji piwa o 1,7% w skali roku, przy wzroście produkcji o 13% bez zmiany infrastruktury działu warzelni i fermentacji bez pogorszenia jakości piwa.