

**Energooszczędna technologia jednoczesnego scukrzania
i fermentacji natywnej skrobi zbożowej**

Mgr inż. Ewelina Strąk-Graczyk

Promotor: Dr hab. inż. Maria Balcerek, prof. uczelni

Promotor pomocniczy: Dr hab. inż. Katarzyna Pielech - Przybylska

Streszczenie

Celem prowadzonych badań była optymalizacja energooszczędnej metody jednoczesnego scukrzania i fermentacji natywnej skrobi zbożowej (żytniej, pszenżytniej i pszenicznej). W ramach badań oceniano wpływ warunków prowadzenia hydrolizy skrobi natywnej i fermentacji zacierów zbożowych na wydajność procesu oraz jakość otrzymanych destylatów.

Analiza porównawcza stosowanych w badaniach surowców, tj. żyta, pszenicy i pszenżyta oraz ocena ich przydatności technologicznej jako surowców gorzelnicznych w procesie jednoczesnej hydrolizy i fermentacji natywnej skrobi zbożowej potwierdziła ich wysoką skrobiowość oraz potwierdzoną graficzną analizą SEM obecność charakterystycznych zmian (rowki i pory) na powierzchni granulek analizowanych skrobi zbożowych, warunkujących efektywność procesu hydrolizy skrobi natywnej. W dalszych etapach badań szczególną uwagę skupiono na życie jako surowcu powszechnie wykorzystywanym w gorzelnictwie polskim.

Dokonano porównania przygotowania zacierów żytnich metodą hydrolizy skrobi natywnej w odniesieniu do powszechnie wykorzystywanych w polskich gorzelniach metod przygotowania zacieru słodkiego, tj. ciśnieniowo-termicznej oraz bezciśnieniowego uwalniania skrobi. Uzyskane wyniki potwierdziły, iż kleikowanie skrobi nie jest warunkiem koniecznym w celu przeprowadzenia wydajnej fermentacji alkoholowej zacierów żytnich z udziałem drożdży *Saccharomyces cerevisiae*, jednakże proces wymaga dalszej optymalizacji w celu zmniejszenia stężenia dekstryn w zacierach odfermentowanych. W pracy podjęto również próby optymalizacji warunków prowadzenia enzymatycznej hydrolizy skrobi żytniej (tzw. aktywacji) poprzez ocenę wpływu zawartości suchej masy w zacierze, temperatury i czasu aktywacji skrobi, a także poprzez dodatek enzymów wspomagających takich jak ksylanaza, celulaza i pullulanaza, na przebieg procesu oraz wydajność fermentacji. Wykazano, że zwiększenie suchej masy w zacierze wpłynęło na wzrost stężenia cukrów redukujących, jednakże nie przełożyło się to na proporcjonalną poprawę wydajności procesu. Zastosowanie etapu aktywacji (w temp. 35 °C, 60 min), w procesie hydrolizy skrobi natywnej, wpłynęło na poprawę stopnia uwolnienia cukrów redukujących i wysoką wydajność fermentacji. Zastosowanie obróbki preparatami enzymatycznymi zawierającymi ksylanazę i celulazę wpłynęło korzystnie na wzrost wydajności fermentacji.

Z uwagi na inhibitujący wpływ podwyższonej zawartości s.m. w zacierach słodkich na wydajność etanolu, oceniano również możliwość zastosowania metody okresowo-dolewowej w procesie jednoczesnej hydrolizy i fermentacji natywnej skrobi żytniej, kontrolując przebieg i wydajność procesu. Wyniki badań wykazały, że dwustopniowe dozowanie surowca w odstępie doby przynosi wymierne korzyści w postaci poprawy wydajności procesu fermentacji. Ocenie poddano również wpływ rozdrobienia ziaren żyta na wydajność hydrolizy i fermentacji, stosując dwa różne udziały (75 i 85 %) frakcji o średnicy < 25 mm oraz zabieg kondycjonowania ziarna przed zmieleniem (25 % wilgotności). Analiza wyników wykazała,

iż z ocenianych wariantów tylko ten ze większym stopniem rozdrobnienia surowca charakteryzował się wyższą wydajnością procesu, przy porównywalnym wykorzystaniu cukrów przez drożdże.

W celu zoptymalizowania procesu jednoczesnego scukrzania i fermentacji natywnej skrobi, z uwzględnieniem konieczności zachowywaniem czystości mikrobiologicznej zacieru, kluczowym kryterium warunkującego jakość otrzymywanych destylatów zbożowych, w pracy zbadano wpływ dodatku preparatu Isostab® zawierającego α -kwasy chmielowe na liczbę bakterii kwasu mlekowego w próbach fermentacyjnych przygotowanych metodą zimnej hydrolizy. Wykazano, że zastosowanie α -kwasów chmielowych ogranicza w czasie fermentacji wzrost bakterii kwasu mlekowego. W odniesieniu do próby kontrolnej (bez dodatku preparatu Isostab®) logarytm jtk ml-1 bakterii obniżył się z $6,74 \pm 0,30$ do $3,18 \pm 0,1$ w próbie zacieru odfermentowanego z dodatkiem preparatu Isostab® (początkowe pH zacieru wynosiło 4), wraz z istotnym wzrostem wydajności fermentacji.

Otrzymane w toku badań destylaty zbożowe oceniane były pod względem zawartości w nich aldehydów i metanolu. Szczególną uwagę zwrócono na aldehyd octowy, który jest wskaźnikiem jakościowym spirytusów. Wykazano, iż destylaty żytnie charakteryzowały się najniższym stężeniem tego związku, w odniesieniu do destylatów pszenicznych i pszenicznych. Porównując destylaty uzyskane po fermentacji zacierów przygotowanych metodą barotermiczną oraz metodami bezciśnieniowymi (klasyczną i hydrolizy skrobi natywnej), najniższe stężenie aldehydu octowego, spełniające zalecenia normatywne (PN-A-79523) ($< 0,1$ g l-1 spirytusu 100% obj.), oznaczono w destylatach z zacierów przygotowanych z zastosowaniem hydrolizy skrobi natywnej. Ponadto stwierdzono, iż fermentacja zacierów o podwyższonej zawartości suchej masy ($> 25\%$), jak również stosowanie dodatkowych zabiegów w postaci kondycjonowania surowca, aktywacji skrobi oraz wprowadzania enzymów wspomagających (ksylanazy z celulazą) wpływa na zwiększenie stężenia aldehydu octowego w destylatach. Za korzystne, w kontekście redukcji stężenia aldehydów, należy natomiast uznać wprowadzenie ochrony antybakteryjnej poprzez dodatek preparatu α -kwasów chmielowych.

Destylaty zbożowe charakteryzowały się niską zawartością metanolu. Niemniej zauważono, iż w spirytusach uzyskanych po fermentacji zacierów zawierających skrobię natywną stężenie tego związku uległo obniżeniu ($49,606 \pm 3,730$ mg l-1 sp. 100% obj.) w odniesieniu do zawartości metanolu w spirytusach żytnich uzyskanych z zacierów przygotowanych metodami powszechnie wykorzystywanymi w gorzelniach jak BUS ($67,174 \pm 3,359$ mg l-1 sp. 100% obj.) i metoda ciśnieniowo-termiczna ($74,047 \pm 3,702$ mg l-1 sp. 100% obj.).

Przedstawione w pracy wyniki badań potwierdzają możliwość wykorzystania metody hydrolizy skrobi natywnej do wydajnej produkcji destylatów zbożowych z ukierunkowaniem na cele spożywcze. Wprowadzenie tego rozwiązania do praktyki przemysłowej stwarza możliwość obniżenia kosztów produkcji przy zachowaniu odpowiedniej jakości produktu finalnego.