

Katarzyna KOTARSKA, Bogusław CZUPRYŃSKI

e-mail: kotarska@spg-ibpr.pl

Samodzielna Pracownia Gorzelnicza w Bydgoszczy, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, Warszawa

Wpływ odmian kukurydzy na efektywność produkcji etanolu

Wstęp

Wprowadzenie do uprawy nowych odmian kukurydzy oraz zastosowanie nowoczesnych rozwiązań agrotechnicznych wpłynęło na uzyskanie znacznie wyższych jej plonów – ok. 15 ton ziarna/ha. W świecie występuje ogromna różnorodność form kukurydzy, które różnią się długością okresu wegetacji, budową ziarniaka oraz rodzajem skrobi (Rys. 1).

Kukurydza cieszy się szerokim zainteresowaniem ze strony producentów etanolu. Zainteresowanie uprawą kukurydzy, jest związane z możliwością uzyskania 2-krotnie wyższych plonów kukurydzy w stosunku do innych zbóż, wysoką zawartością skrobi w ziarnie (ok. 10% większa niż w życie), uzyskaniem dobrej jakości spirytusu surowego oraz niższą zawartością polisacharydów nieskrobiowych [1–3].

Zawartość skrobi w ziarnie uznawana jest za jeden z najważniejszych powodów wykorzystania kukurydzy jako surowca do produkcji alkoholu. Zależy ona w największym stopniu od genotypu kukurydzy.

W polskim rejestrze odmian COBORU w 2005 roku znajdowało się 120 mieszańców F1 kukurydzy, a 75 spośród nich (62,5%) wpisano do rejestru w latach 2000–2004, przy czym w 2004 roku wpisano 13 mieszańców. Jednocześnie w latach 2002–2004 wycofano z rejestru aż 42 mieszańce. Świadczy to o bardzo dużej dynamice zmian w rejestrze. Odmiany starsze są zastępowane odmianami nowszymi, o korzystniejszych cechach użytkowych [4].

Selekcjonowanie mieszańców dla przemysłu gorzelniczego odbywa się w praktyce poprzez ocenę różnic w wydajności spirytusu, uzyskiwanego z przerobu ziarna różnych odmian kukurydzy. Stwierdzono, iż różnice dochodzą do 30–40 litrów spirytusu z 1 tony ziarna, pomimo tej samej ceny surowca.

Celem prezentowanej pracy jest wytypowanie najlepszych odmian kukurydzy, spośród nowych odmian dostępnych na rynku, pod względem zawartości skrobi i uzyskiwanej wydajności alkoholu ze 100 kg skrobi.

Materiały do badań

Surowiec: Do badań użyto ziarna 20 nowych, dostępnych na rynku odmian kukurydzy, tj.: *Cerruti*, PR 39H32, PR 39T13-FAO250, PR 39B58-FAO260, *Gazelle*, PR 39B56-FAO230, *Clarina*-FAO280, PR 38V12-FAO300, *Mieszaniec*, *Nimba*, *Celux-Tirma*, DKC3420, *Monumental*, DKC3421, *Gavot*, *Limes*, *Arobase*, *Borago*, LG22/43, LG22/44. Odmiany te uzyskano m.in. z firm: *Syngenta*, *Pioneer*, *Monsanto*. Ziarno charakteryzowało się wilgotnością na poziomie: (7,1–14,5)%; wydajnością alkoholu ze 100 kg surowca: ok. 40 dm³A₁₀₀; zawartością skrobi: (60,1–66,7)%.

Enzymy: Do hydrolizy enzymatycznej skrobi zawartej w surowcu zastosowano następujące preparaty enzymatyczne:

- *Termamyl* S.C. firmy *Novozymes* - preparat stosowany w celu upłynnienia skrobi, zawierający termostabilną alfa-amylazę. Zalecana dawka (0,1–0,2) kg/tonę, temp. (85–110)°C, pH = 5,0–6,0),
- *Saczyme* *Novozymes* – preparat stosowany do scukrzania skrobi i dekstryn. Zalecana dawka: (0,4–0,6) kg/tonę, temp. (60–65)°C,



Rys. 1. Budowa ziarna i kolb kukurydzy w obrębie różnych odmian

pH = 4,5–5,5. W badaniach dawkę tę zmniejszono o 30% z uwagi na zastosowanie drożdży amylolytycznych o symbolu I-7-43.

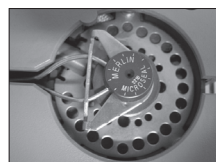
Mikroorganizmy: W badaniach wykorzystano drożdże gorzelnicze o symbolu I-7-43 – fuzant uzyskany drogą elektrofuzji protoplastów szczepów: *As-4* (*S. cerevisiae*) i *S.di/2* (*S. diastaticus*). Drożdże te poza wysoką aktywnością fermentacyjną mają zdolność wytwarzania enzymu glukoamylazy, dzięki czemu można ograniczyć do 30% stosowanie preparatów enzymatycznych scukrzających skrobię [5-6].

Metody badań

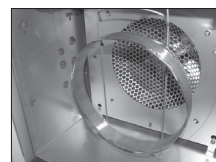
Ziarno kukurydzy było rozdrabnianie na młynku tarczowym, a następnie mieszane z wodą w proporcji zgodnej z technologią BUS. Po przeprowadzonym upłynnieniu i scukrzaniu skrobi (*Termamyl* S.C., *Saczyme*), uzyskany zacier kukurydziany charakteryzował się gęstością na poziomie 15,6⁰Błg. Zacier był poddany procesowi fermentacji przy użyciu drożdży I-7-43, w temp. 38°C, przez 72 h.

W trakcie oraz po zakończeniu procesu fermentacji wykonywane były oznaczenia m.in.: ubytku CO₂, ilości skrobi w ziarnie, ekstraktu pozornego i rzeczywistego, pH, zawartości cukrów redukujących w wywarach, stężenia etanolu. Średnie wyniki pomiarów służyły do obliczenia wskaźników biotechnologicznych procesu fermentacji, m.in. wydajności alkoholu (dm³ A₁₀₀/100 kg skrobi).

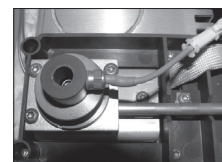
Analizę spirytusu surowego wykonano metodą kapilarną chromatografii gazowej przy użyciu chromatografu gazowego HP 6890 z układem EPC, detektorem płomieniowo-jonizacyjnym FID i polarną kolumną kapilarną CP-WAX 57-CB firmy *Chrompack* o wymiarach 50 m/320 μm/0,20 μm (Rys. 2–4).



Rys. 2. Port nastrzykowy



Rys. 3. Kolumna kapilarna



Rys. 4. Detektor FID

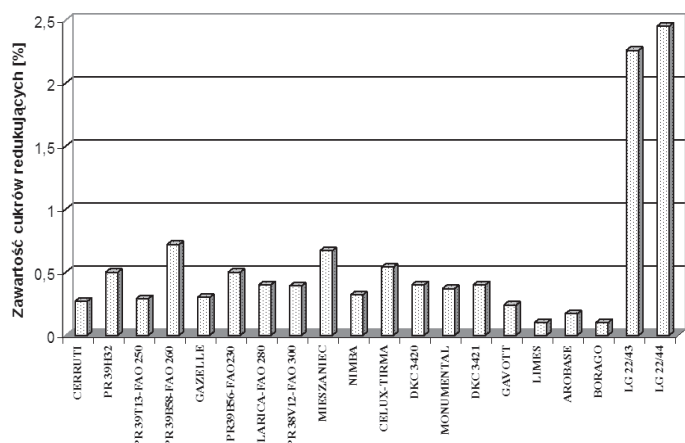
Wyniki i ich omówienie

Przebieg trzydniowej fermentacji alkoholowej

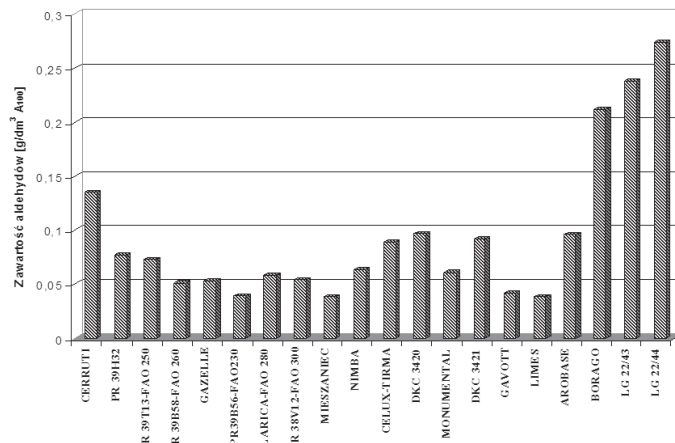
Analizując parametry charakteryzujące przebieg fermentacji alkoholowej wszystkich odmian kukurydzy można zauważyć, że 5 odmian wyróżniło się najwyższym poziomem uzyskanego alkoholu w próbach. Ilość alkoholu wynosiła (9,55–9,74)% v/v i dotyczyła takich odmian kukurydzy jak: *Cerruti*, *Gavott*, *Limes*, *Arobase*, *Borago*, przy czym najwyższą odnotowano przy odmianie *Arobase*. W przypadku ww. odmian osiągnięto zerowy ekstrakt pozorny w 72 h procesu. Oznaczona ilość cukrów redukujących w wywarze wynosiła w przypadku ww. odmian: (0,10–0,27)%, (Rys. 5). Były to najlepsze wyniki uzyskane w badaniach i wskazują na bardzo dobre wykorzystanie wszystkich dostępnych cukrów z podłoża.

W przypadku pozostałych odmian kukurydzy uzyskano stężenie alkoholu na poziomie niższym niż ww. odmiany, tj. (8,08–9,38)% v/v. Natomiast oznaczony ekstrakt pozorny zawierał się w granicach 0–2,4⁰Błg.

Najgorszymi okazały się odmiany: LG 22/43 i LG 22/44. Po zakończeniu procesu fermentacji uzyskano (8,08–8,25)% v/v alkoholu, co stanowi różnicę ponad 15% – w stosunku do wartości otrzymanych



Rys. 5. Porównanie zawartości cukrów redukujących w wywarach dla poszczególnych odmian kukurydzy

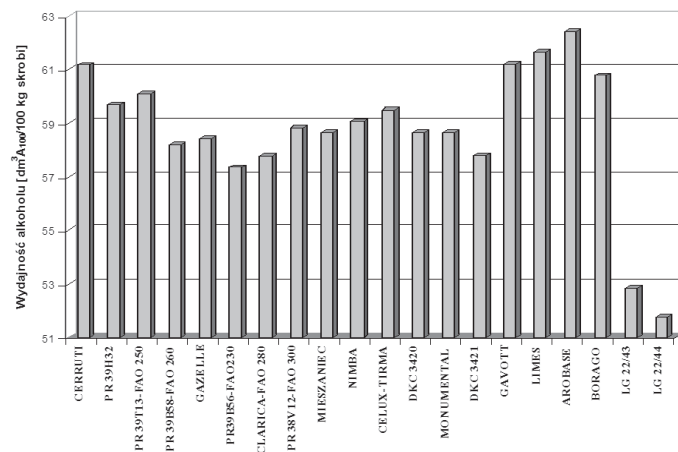


Rys. 7. Porównanie zawartości aldehydów w spirytusach surowych dla poszczególnych odmian kukurydzy

w przypadku pięciu wyżej wymienionych odmian kukurydzy i 10% – porównując pozostałe odmiany.

Otrzymany ekstrakt pozorny na poziomie: (2,2–2,4)⁰Błg (72 h) oraz cukry redukujące pozostałe w wywarze (niewykorzystane przez drożdże) na poziomie (2,26–2,45)% (Rys. 5) – nie są możliwe do zaakceptowania w przypadku fermentacji zacierów kukurydzianych o gęstości 15,6⁰Błg.

Odmiany kukurydzy: *Cerruti*, *Gavott*, *Limes*, *Arobase*, *Borago* wyróżniły się spośród pozostałych również wyższymi uzyskanymi wskaźnikami biotechnologicznymi procesu fermentacji. Odnotowano w ich przypadku wydajność etanolu ze skrobi na poziomie (61,15–62,40) dm³ A₁₀₀/100 kg (72 h). Były to najwyższe wartości jakie osiągnięto w przeprowadzonych badaniach (Rys. 6).



Rys. 6. Porównanie odmian kukurydzy pod względem wydajności alkoholu ze skrobi w 72 godzinie

Należy zwrócić uwagę na to, iż górną granicę wyżej wymienionych ilości osiągnęła odmiana *Arobase*.

Dwie spośród badanych odmian kukurydzy charakteryzowały się uzyskaniem znacznie niższych wskaźników biotechnologicznych procesu fermentacji, w stosunku do wszystkich przebadanych odmian. Są to odmiany o nazwie *LG 22/43* i *LG 22/44*. W ich przypadku uzyskano bardzo niską wydajność etanolu ze skrobi na poziomie (51,76–52,85) dm³ A₁₀₀/100 kg. Stanowi to różnicę o (9,39–9,55) dm³ A₁₀₀/100 kg skrobi, w stosunku do 5 najlepszych odmian.

Ocena jakości otrzymanego spirytusu surowego

Najniższy poziom aldehydów uzyskano w spirytusach następujących odmian: *PR39B56-FAO230*; *Mieszaniec*; *Gavott* i *Limes* i był to poziom (0,038–0,042) g/dm³ A₁₀₀ (Rys. 7).

Najwięcej związków karbonylowych odnotowano w spirytusach następujących odmian: *Cerruti*; *Borago*, *LG 22/43* i *LG 22/44*, tj. (0,135–0,274) g/dm³ A₁₀₀. Spirytusy w tym przypadku nie spełniają wymogów jakości – dopuszczalna przez *Polską Normę* ilość tych związków (0,1 g/dm³ A₁₀₀) została tutaj kilkukrotnie przekroczona.

W żadnym z przebadanych spirytusów nie stwierdzono akroleiny, co świadczy o czystości mikrobiologicznej zacierów.

Ilość alkoholi wyższych w otrzymanych spirytusach surowych zawierała się w dość szerokich granicach, tj. (1,872–4,928) g/dm³ A₁₀₀, przy czym najwyższą ich wartość odnotowano przy odmianie *PR39B56-FAO230*, a najniższą przy odmianie *Cerruti*.

Wnioski

- Na podstawie przeprowadzonych badań wyłoniono 5 odmian kukurydzy, tj. *Cerruti*, *Gavott*, *Limes*, *Arobase*, *Borago*, które wyróżniły się spośród pozostałych najwyższym poziomem uzyskanego alkoholu w próbach, tj. (9,55–9,74)% v/v, najniższą ilością cukrów redukujących w wywarze, tj. (0,10–0,27)%, całkowitym odfermentowaniem (0⁰Błg) oraz wydajnością etanolu ze skrobi na poziomie (61,15–62,40) dm³ A₁₀₀/100 kg, przy czym najwyższą odnotowano w przypadku odmiany *Arobase*.
- Najgorszymi okazały się odmiany: *LG 22/43* i *LG 22/44*. Ilość uzyskanego alkoholu po zakończeniu procesu fermentacji wynosiła: (8,08–8,25)% v/v. W przypadku tych odmian proces fermentacji prawdopodobnie nie został przeprowadzony do końca. Uzyskano bowiem najgorsze wyniki parametrów i wskaźników biotechnologicznych procesu fermentacji.
- W spirytusach surowych najniższy poziom aldehydów uzyskano w spirytusach następujących odmian: *PR39B56-FAO230*; *Mieszaniec*; *Gavott* i *Limes*, tj. (0,038–0,042) g/dm³ A₁₀₀. Najwięcej związków karbonylowych odnotowano w spirytusach takich odmian jak: *Cerruti*; *Borago*, *LG 22/43* i *LG 22/44*, tj. (0,135 - 0,274) g/dm³ A₁₀₀, gdzie została przekroczona ilość dopuszczalna przez *Polską Normę*, tj. 0,1 g/dm³ A₁₀₀.
- Na podstawie przeprowadzonych badań najlepszymi odmianami kukurydzy przeznaczonymi do produkcji alkoholu etanolowego w gorzelniach rolniczych są: *Cerruti*, *Gavott*, *Limes*, *Arobase*, *Borago*. Natomiast do odmian sprawiających trudności przy przerobie skrobi na etanol należą: *LG 22/43* i *LG 22/44*.

LITERATURA

- [1] J. Kawa-Rygielska: Przemysł Ferm. i Owoc.-Warz. nr 5, 38, (2007).
- [2] T. Michalski: Przegląd Zbożowo-Młynarski, nr 10, 5, (2003).
- [3] S. Lipski: Raport Rolny, nr 6, 43 (2003).
- [4] Odmiany kukurydzy: http://www.ihar.edu.pl/odmiany_kukurydzy.php.
- [5] B. Czupryński, M. Wolska, G. Kłosowski, K. Kotarska i inni: Sposób otrzymywania spirytusu surowego, Patent RP 196731 (2008).
- [6] K. Kotarska, M. Wolska, B. Czupryński, G. Kłosowski: Aktualne problemy gorzelnictwa rolniczego, IBPRS, Bydgoszcz, 49-50, 2005.