

*Krystyna Zielińska, Krystyna Stecka, Alina Suterska,
Antoni Miecznikowski, Roman Grzybowski
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie*

OGRANICZENIE STRAT SKROBI I CUKRÓW FERMENTUJĄCYCH W PROCESIE KISZENIA WILGOTNEGO ZIARNA KUKURYDZY W RĘKAWACH FOLIOWYCH

Streszczenie

Celem pracy było określenie dynamiki zmian zawartości skrobi i cukrów fermentujących w procesie kiszenia w rękawach foliowych wilgotnego ziarna kukurydzy, bez i z dodatkiem preparatu Lactozym, z przeznaczeniem do produkcji destylatu rolniczego w gorzelnii. Dla gospodarstw rolnych i gorzelnii rolniczych opracowano technologię kiszenia ziarna kukurydzy, o zawartości wody ponad 30%, z dodatkiem preparatu bakteryjno-enzymatycznego, który w istotny sposób wpływa na poprawę jakości kiszonki i ograniczenie strat skrobi w czasie kiszenia. Dzięki aktywności enzymów celulolitycznych zawartych w preparacie, część cukrów, wykorzystanych do syntezy kwasów organicznych, pochodzi z rozkładu włókna surowego i wówczas straty skrobi i cukrów są niższe o 1,2-1,5% niż w kiszonce bez dodatku preparatu. Stwierdzono, że obniżenie strat skrobi i cukrów pod wpływem Lactozymu, zwiększyło wartość przemysłową kiszzonego ziarna kukurydzy jako surowca dla gorzelnii rolniczych, ponieważ z każdych 100 kg tej kiszonki uzyskano w gorzelnii o około 1 l etanolu więcej, niż z kiszonki kontrolnej.

Słowa kluczowe: ziarno kukurydzy, skrobia, cukry fermentujące, kiszenie, preparat bakteryjno-enzymatyczny, destylat rolniczy

Wstęp

Nowoczesne technologie stosowane w rolnictwie zrównoważonym muszą uwzględniać aspekty ochrony środowiska naturalnego, poprawę efektywności produkcji i poprawę jakości produktów. Dynamiczny wzrost areалу uprawy kukurydzy na ziarno jest wyrazem zapotrzebowania na ten gatunek zboża z przeznaczeniem na paszę dla wszystkich grup zwierząt oraz do produkcji etanolu w gorzelniach rolniczych. Zawartość skrobi w ziarnie kukurydzy jest czynnikiem decydującym o jego przydatności na cele paszowe i przemysłowe [Michalski 2003]. Ziarno kukurydzy, zależnie od uprawianej odmiany, układu temperatury i opadów w poszczególnych miesiącach okresu wegetacji, charakteryzuje się w momencie zbioru zawartością wody 20-

40%. Ziarno kukurydzy można przechowywać, bez strat wartości, po wysuszeniu do zawartości suchej masy około 90%. Suszenie ziarna jest procesem energochłonnym i drogim. Koszt suszenia może stanowić około 40% bezpośrednich kosztów produkcji kukurydzy. W przypadku wysokiej zawartości wody w ziarnie kukurydzy zalecana jest metoda suszenia dwustopniowego, w pierwszej fazie temperatura powietrza suszącego wynosi 90°C, a w drugiej 110°C. Średnie zużycie oleju opałowego, przypadające na obniżenie wilgotności ziarna o 1%, wynosi 1-1,5 l, a koszt wysuszenia 1 t ziarna do wilgotności 10% wynosi 83-125 zł [Core 2002; Solarski 2003].

Najtańszym sposobem przedłużenia trwałości ziarna kukurydzy jest kiszenie, a zastosowanie rękawów foliowych AG BAG jest nowym sposobem, który zapewnia uzyskanie dobrej kiszonki [Kowalczyk, Rzepiński 2003]. Kiszenie ziarna kukurydzy przeznaczonego na paszę jest stosowane powszechnie. W tym procesie straty składników pokarmowych są niewielkie, wzrasta ich strawność dla zwierząt, a okres przechowywania kiszonki może przekraczać kilkanaście miesięcy [Podkówka 1990].

W celu przedłużenia trwałości kiszzonego ziarna kukurydzy, bez strat jego jakości i wartości paszowej, stosowane są preparaty chemiczne lub bakteryjne. Najnowsze preparaty przeznaczone do stymulowania procesu kiszenia zawierają kultury starterowe bakterii fermentacji mlekowej o statusie GRAS - bezpieczne dla zdrowia ludzi i zwierząt, często uzupełnione są enzymami, które uwalniają część cukrów z włókna surowego. Stosowanie preparatów przyczynia się do poprawy jakości oraz ograniczania strat wartości pokarmowej kiszonych pasz [Olds Schneeman 1986; Stokes 1992; Zielińska i in. 2006].



*Rys. 1. Prasa pakująca ziarno kukurydzy w rękaw foliowy (AG-BAG)
Fig. 1. Machine packing the maize grain into foil sleeve (AG-BAG)*



Rys. 2. Kiszoncek z ziarna kukurydzy w rękawach foliowych
Fig. 2. Silages of maize grain in foil sleeves

W Instytucie Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego opracowano technologię produkcji destylatu rolniczego w gorzelniach z ziarna kukurydzy, kiszzonego z zastosowaniem preparatu bakteryjno-enzymatycznego Lactozym. Ten dwuskładnikowy preparat, przeznaczony jest do kiszenia roślin zbożowych i ziarna kukurydzy, składa się z koncentratu bakterii następujących szczepów: *Lactobacillus plantarum* KKP 778/p, *Lactobacillus buchneri* KKP 907, *Lactobacillus brevis* KKP 839 oraz z enzymów paszowych o aktywności: endo-1,4 glukanazy, endo-ksylanazy i glukoamylazy [Zielińska 2003, 2005].

W wyniku synergicznego działania wyselekcjonowanych szczepów bakterii i enzymów w czasie procesu kiszenia następuje naruszenie ścian komórkowych roślin i częściowy rozkład węglowodanów strukturalnych. Kultury starterowe bakterii fermentacji mlekowej preparatu Lactozym szybko opanowują środowisko roślinne, a obecne w preparacie enzymy powodują częściową degradację włókna surowego do cukrów fermentujących oraz zwiększają strawność włókna dla zwierząt. Metabolity wytwarzane przez szczepy bakterii: kwas mlekowy, kwas octowy, bakteriocyny, glikol propylenowy, nadtlenuk wodoru i enzymy hamują rozwój bakterii tlenowych, drożdży i pleśni zapobiegając procesom wtórnej fermentacji tlenowej kiszzonek [Kin 1990; Harrison i in. 1999; Holzer i in. 2000; Zielińska i in. 2006].

Założenia badawcze

W procesie kiszenia ziarna kukurydzy z dodatkiem preparatu bakteryjno-enzymatycznego następuje uwolnienie takiej ilości cukrów fermentujących z włókna surowego, która wystarcza do zniwelowania strat tych cukrów związanych z metabolizmem bakterii fermentacji mlekowej. Zastosowanie preparatu Lactozym powoduje poprawę jakości i wartości kiszzonego ziarna kukurydzy jako surowca do produkcji destylatu rolniczego w gorzelnii.

Wyniki

Badania wpływu preparatu Lactozym na jakość kiszonego ziarna kukurydzy i jego wartość przemysłową prowadzono w warunkach produkcyjnych, w gospodarstwie rolnym i gorzelnicy. Wilgotne ziarno kukurydzy kiszone w rękawach foliowych AG-BAG o pojemności 300 ton, bez lub z dodatkiem preparatu Lactozym (kiszonki doświadczalne), stosowanego w dawce: 150 g koncentratu bakterii i 80 cm³ kompleksu enzymów. Po rozpuszczeniu składników preparatu w 30 l wody stosowano 10 l roztworu na 10 ton zakiszanego ziarna. Elektroniczne urządzenie dozujące roztwór preparatu montowane na prasie silosującej AG-BAG są dostosowane do szybkości przepływu masy ziarna.

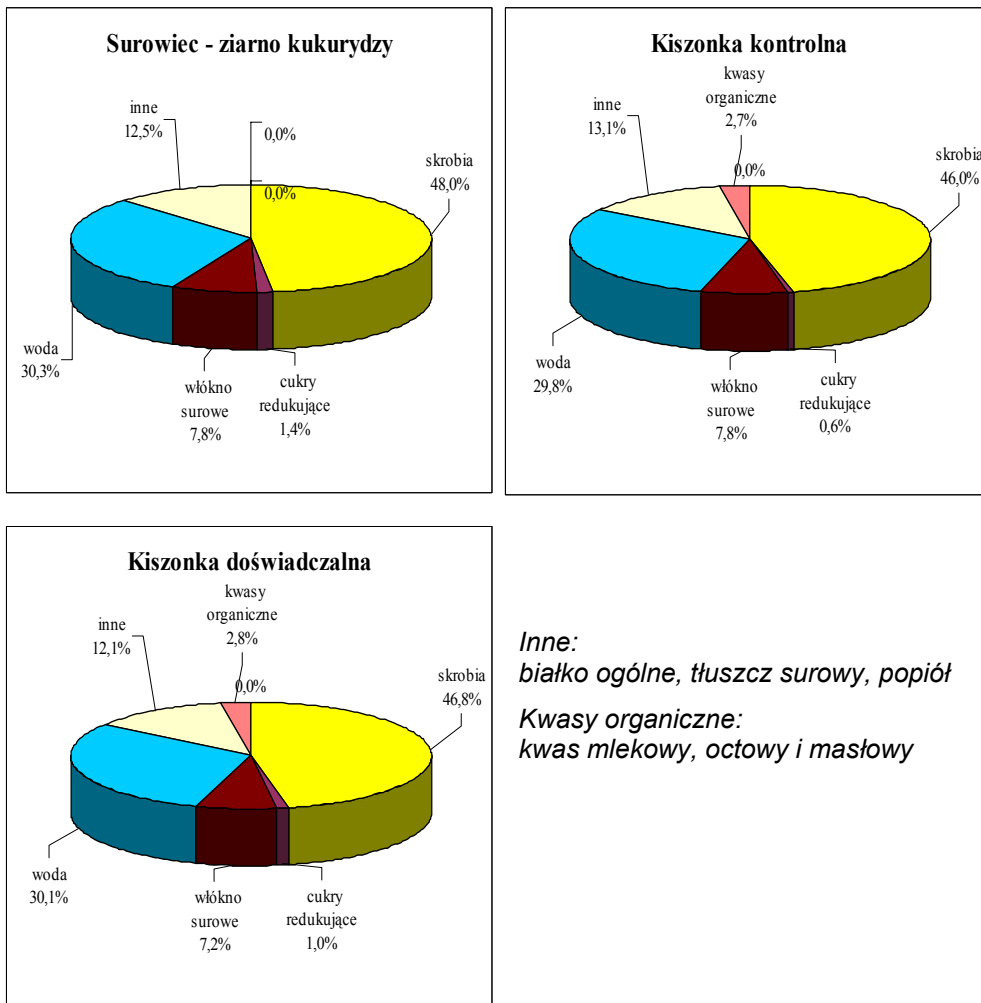
Udział procentowy podstawowych składników (skrobi, cukrów, włókna surowego) w ziarnie kukurydzy o wilgotności 30% i 35% przedstawiono odpowiednio na rysunkach 3 i 4. Po upływie 60 dni kiszenia w rękawach foliowych kiszonki z ziarna kukurydzy, sporządzone bez dodatku preparatu (kontrolne) i z dodatkiem preparatu (doświadczalne), poddano analizie chemicznej i mikrobiologicznej. Wyniki przedstawiono w tabeli 1 oraz na rysunkach 3 i 4.

Tabela 1. Ocena jakości i czystości mikrobiologicznej kiszonek: A- kontrolnych, B- doświadczalnych, z ziarna kukurydzy o zawartości wody ok. 30% i 35%
Table 1. Estimation of the quality and microbiological purity of maize grain silages of 30% and 35% moisture contents (A- control, B- experimental)

Rodzaj kiszonki	Zawartość wody %	pH	Zawartość kwasów organicznych, %			Ocena jakości kiszonki wg skali Fliega-Zimmera	Liczba pleśni j.t.k./g kiszonki	Liczba bakterii mlek. j.t.k./g kiszonki.
			mlekowego	octowego	masłowego			
A	29,8-30,3	5,0	1,80	0,72	0,20	73 pkt. – dobra	3 x 10 ³	9x10 ⁴
B		4,5	2,41	0,40	brak	100 pkt. - bardzo dobra	2 x 10 ¹	2x10 ⁷
A	34,7-35,4	4,8	1,88	0,77	0,22	73 pkt. - dobra	6 x 10 ³	4x10 ⁵
B		4,3	2,81	0,47	brak	100 pkt. - bardzo dobra	5 x 10 ¹	5x10 ⁷

Oznaczenie zawartości kwasu L i D mlekowego, kwasu octowego i kwasu masłowego - metodą enzymatyczną (Test-UV Boehringer Mannheim). Ocena jakości wg skali Fliega-Zimmera [Podkówka 1974]. Oznaczenie jednostek tworzących kolonie pleśni (j.t.k.) zgodnie z normą PN-ISO 7954: 1999. Oznaczenie jednostek tworzących kolonie bakterii fermentacji mlekowej (j.t.k.) zgodnie z normą PN-R 64791: 1994

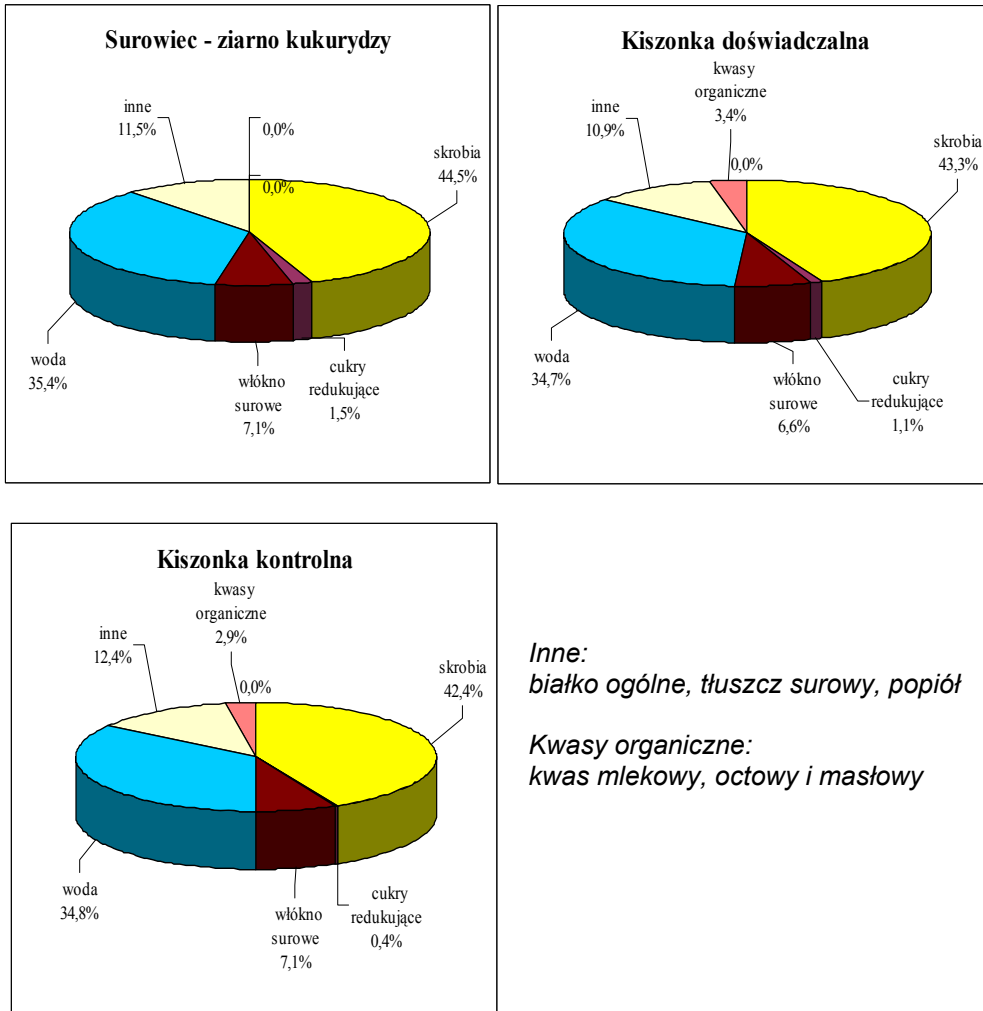
Kiszonki kontrolne wytworzone z ziarna kukurydzy, o średniej wilgotności 30% i 35%, charakteryzowały się dobrą jakością, ocenioną według skali punktowej Fliega-Zimmera, zawartością kwasu mlekowego, odpowiednio 1,8% i 1,88%, liczbą bakterii fermentacji mlekowej od 9x10⁴ do 4x10⁵ j.t.k./g kiszonki, liczbą pleśni od 3x10³ do 6x10³ j.t.k./g kiszonki.



Rys. 3. Zmiany zawartości węglowodanów i kwasów organicznych po 6 tygodniach kiszenia ziarna kukurydzy o zawartości wody 30%, bez (kiszonka kontrolna) i z dodatkiem Lactozymu (kiszonka doświadczalna).

Fig. 3. Changes in the content of carbohydrates and organic acids during process of ensiling maize grain (30% water contain), without (control silage) and with Lactozym (experimental silage)

Kiszonki doświadczalne, które oceniono jako bardzo dobre, charakteryzowały się 100.krotnie wyższą ilością bakterii fermentacji mlekowej i obniżonym ponad 100.krotnie poziomem skażenia pleśniami w stosunku do kiszonek kontrolnych. Zawartość kwasu mlekowego w kiszonkach doświadczalnych była na wysokim poziomie i wynosiła 2,4-2,8%. Wartość przemysłowa ziarna kukurydzy, przeznaczonego do kiszenia, wyrażona zawartością węglowodanów fermentujących wynosiła 49,3% (w tym skrobi 48%), przy wilgotności 30%, oraz odpowiednio 45,9% (w tym skrobi 44,5%), przy wilgotności ziarna 35%.



Rys. 4. Zmiany zawartości węglowodanów i kwasów organicznych po 6 tygodniach kiszenia ziarna kukurydzy o zawartości wody 35%, bez (kiszonka kontrolna) i z dodatkiem Lactozymu (kiszonka doświadczalna)

Fig. 4. Changes in the content of carbohydrates and organic acids during process of ensiling maize grain (35% water contain), without (control silage) and with Lactozym (experimental silage)

Kiszonki kontrolne, charakteryzowały się zawartością skrobi obniżoną o 2-2,1 g/100g oraz zawartością cukrów redukujących obniżoną o 0,6-0,9 g/100 g, w stosunku do surowca, przy niezmienionej zawartości włókna surowego. Węglowodany fermentujące zostały wykorzystane przez bakterie do syntezy kwasów organicznych.

Kiszonki doświadczalne charakteryzowały się zawartością skrobi obniżoną o 1,1-1,2 g/100 g, poziomem cukrów redukujących obniżonych o 0,4 g/100 g,

zawartością włókna surowego obniżona o 0,7-0,8 g/100 g w stosunku do surowca oraz wyższą zawartości kwasu mlekowego o 0,4-0,8 g/100 g w stosunku do kiszonek kontrolnych.

Wilgotne ziarno kukurydzy oraz kiszonki wykorzystano do produkcji destylatu rolniczego w gorzelnii. Uzyskana wydajność alkoholu z węglowodanów zawartych w porównywanych surowcach: ziarnie kukurydzy o zawartości wody 30% i 35% oraz sporządzonych z niego kiszonek kontrolnych i doświadczalnych, potwierdziła wyższą wartość przemysłową kiszzonego ziarna kukurydzy z dodatkiem preparatu Lactozym. Wyniki dotyczące ilości destylatu rolniczego, uzyskanego z przerobu porównywanych surowców przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Obniżenie zawartości węglowodanów fermentujących w procesie kiszenia ziarna kukurydzy w czasie kiszenia, bez dodatku (kiszonka kontrolna - A) i z dodatkiem preparatu Lactozym (kiszonka doświadczalna - B), wyrażone wydajnością alkoholu

Table 2. Reduce contain of starch and fermenting sugars in process of maize grain ensiling without (control silage – A) and with Lactozym (experimental silage – B), expression of ethanol productivity

Warianty doświadczzeń	Spadek zawartości w kisonkach (%)			Zawartość węglowodanów fermentujących przeliczona na skrobię (%)	Wydajność alkoholu w l 100% ze 100 kg surowca
	skrobi	cukrów fermentujących	włókna surowego		
Wilgotność od 29,8 do 30,3 %					
Ziarno kukurydzy	0	0	0	49,3	31,5
Kiszonka A	2,0	0,8	0	46,5	29,3
Kiszonka B	1,2	0,4	0,6	47,7	31,2
Wilgotność od 34,7 do 35,4 %					
Ziarno kukurydzy	0	0	0	45,8	29,0
Kiszonka A	2,1	0,9	0	42,8	27,6
Kiszonka B	1,1	0,4	0,5	44,3	28,8

Oznaczenie skrobi metodą polarymetryczną PN-EN-ISO 10520:2002. Oznaczenie cukrów redukujących według procedury PB-ZF/GS-07/wyd. 3/2003. Oznaczenie włókna surowego według PN-ISO 5498: 1996. Oznaczenie wydajności alkoholu według procedury PB-ZF/GS-05/wyd.3/2003

Zawartość sumy skrobi i cukrów fermentujących przeliczonych na skrobię, w ziarnie kukurydzy o średniej zawartości wody 30% i 35% wynosiła odpowiednio: 49,3 i 45,9 g/100 g. W kisonkach kontrolnych zawartość cukrów obniżyła się do 46,5 i 42,8 g/100 g zależnie od ich początkowej wilgotności oraz w kisonkach doświadczalnych odpowiednio do wartości 47,7 i 44,3 g/100 g. Obniżenie zawartości węglowodanów: skrobi o 2-2,1% i cukrów o 0,9-0,8% w procesie kiszenia, spowodowało spadek ilości etanolu o 1,4-1,2 l/100 kg, uzyskanego z przerobu kiszonek kontrolnych.

Pod wpływem synergicznego działania bakterii i enzymów w kiszonkach doświadczalnych, zawartość włókna surowego obniżyła się o 0,5-0,6%, skrobi o 1,1-1,2%, cukrów o 0,4%, a wydajność etanolu z tych kiszonek była niższa tylko o 0,2-0,3 l/100 kg, w stosunku do wydajności etanolu uzyskanej z przerobu ziarna kukurydzy, niepoddanego kiszeniu, która wynosiła 31,5 i 29 l/100 kg surowca, zależnie od zawartości w nim wody.

Dyskusja

Metoda kiszenia wilgotnego ziarna kukurydzy z dodatkiem preparatu bakteryjno-enzymatycznego Lactozym została wykorzystana do konserwowania surowca przeznaczonego do produkcji destylatu rolniczego w gorzelnii. W kiszonkach kontrolnych łącznie zawartości skrobi i cukrów fermentujących obniżyła się o około 3%, w stosunku do zakiszane surowca.

Pod wpływem działania bakterii i enzymów, wchodzących w skład preparatu, nastąpiło uwolnienie cukrów fermentujących z węglowodanów nieskrobiowych ziarna kukurydzy. Zostały one wykorzystane do syntezy kwasów, w tym mlekowego, a zawartość skrobi w kiszonkach doświadczalnych zmniejszyła się nieznacznie w stosunku do zawartości skrobi w wilgotnym ziarnie poddanemu kiszeniu [Stokes 1992; Zielińska 2005].

Działanie preparatu bakteryjno-enzymatycznego w czasie kiszenia spowodowało poprawę wartości przemysłowej kiszonek doświadczalnych w stosunku do kontrolnych, dzięki częściowej degradacji włókna surowego i uwolnieniu z niego cukrów, które zostały wykorzystane przez bakterie fermentacji mlekowej do syntezy kwasów organicznych, straty skrobi były znacznie niższe i wynosiły tylko 1,1-1,2%.

Wilgotne ziarno kukurydzy zebrane z pola oraz po zakiszeniu w rękawach foliowych AG- BAG, bez i z dodatkiem preparatu, wykorzystano do produkcji destylatu rolniczego. Miarą wartości przerabianych w gorzelnii surowców była uzyskana wydajność wyrażona w litrach 100% alkoholu ze 100 kg surowców. W stosunku do ilości alkoholu, którą uzyskano z przerobu kiszonki z wilgotnego ziarna kukurydzy bez preparatu, otrzymano mniej o 1,2-1,4 l, natomiast z kiszonki z dodatkiem preparatu tylko mniej o 0,2-0,4 l ze 100 kg kiszonki.

Wykazanie wyższej wartości przemysłowej wilgotnego ziarna kukurydzy kiszonego z dodatkiem preparatu bakteryjno-enzymatycznego, jako surowca, do produkcji destylatu rolniczego było celem pierwszego i drugiego założenia badawczego. Różnica w ilości produkowanego destylatu rolniczego z porównywanych kiszonek kontrolnych i doświadczalnych jest bardzo znacząca dla ekonomicznej efektywności produkcji destylatu rolniczego, dlatego metoda kiszenia z dodatkiem preparatu Lactozym została wdrożona i jest obecnie upowszechniana w gorzelniach rolniczych.

Wnioski

W procesie kiszenia ziarna kukurydzy o zawartości wody 30-35%, pod wpływem działania preparatu bakteryjno-enzymatycznego Lactozym, następuje:

- ograniczenie strat skrobi i cukrów fermentujących wykorzystanych do syntezy kwasów organicznych,
- poprawa jakości kiszonek, ocenianej według skali Fliega- Zimmera, na bardzo dobre,
- poprawa czystości mikrobiologicznej kiszonek przez zmniejszenia ich skażenia pleśniami,
- poprawa wartości przemysłowej, wyrażonej zawartością skrobi i cukrów fermentujących, kiszonego ziarna kukurydzy, jako surowca do produkcji destylatu rolniczego,
- wzrost wydajności etanolu o około 1 l ze 100 kg kiszonego ziarna w porównaniu z wydajnością alkoholu uzyskaną z przerobu kiszonek bez dodatku preparatu.

Bibliografia

Core J. 2002. Corn CoProduct Cuts Ethanol Production Costs. Agricultural Research Magazine, ARS USDA

Harrison S., Phipps R.H., Seale D., Owen E. 1999. An evaluation of newly selected bacterial strains as additives for maize silage. XII Inter. Silage Conf., 139-140

Holzer M., Mayrhuber E., Danner H., Farthofer R., Braun R. 2000. Metabolites of lactic acid bacteria influencing the aerobic stability of silages. The World Congress on Biotechnology, 11 th International Biotechnology Symposium and Exhibition. Berlin, v. 62, 243

Kin Z. 1980. Hemicelulozy, chemia i wykorzystanie. PWRiL, Warszawa

Michalski T. 2003. Zawartość skrobi w ziarnie kukurydzy w zależności od odmian, terminów zbioru i lat. Materiały konferencyjne, IBPRS, Warszawa, 11-19

Kowalczyk E., Rzepiński W. 2003. Kiszenie ziarna kukurydzy jako metoda poprawy efektywności ekonomicznej produkcji pasz lub etanolu. Materiały konferencyjne, IBPRS, Warszawa, 20-31

Olds Schneeman B. 1986. Physical and Chemical Properties, Methods of Analysis, and Physiological Effects. Food Technology, February, 104-110

Podkówka W. 1990. Nowoczesne metody kiszenia pasz. Warszawa, PWRiL

Solarski T. 2003. Suszenie ziarna kukurydzy. Kukurydza, rośliny przyszłości. Agro Serwis, 41-45

Stokes M. R. 1992. Effects of an enzyme mixture, an inoculant, and their interaction on silage fermentation and dairy production. *J. Dairy Sci.*, 75: 764-773

Zielińska K. 2003. Sposób wytwarzania spirytusu surowego. Zgłoszenie patentowe nr P-359166

Zielińska K. 2005. Biopreparat do zakiszania pasz trudno kiszących się, zwłaszcza wywaru gorzelniczego i roślin motylkowych. Patent nr 190232

Zielińska K.J., Stecka K.M., Suterska A.M., Miecznikowski A.H. 2006. Ekologiczna metoda kiszenia pasz objętościowych. *J. Res. Applicat. Agric. Eng.* Vol. 51, no. 2, pp. 219-223