

Wpływ różnych dodatków do zakiszania na liczebność drożdży i pleśni oraz niestabilność tlenową kiszonek z kukurydzy^{*})

PIOTR DORSZEWSKI

Katedra Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej Wydziału Zootechnicznego ATR, ul. Mazowiecka 28, 85-084 Bydgoszcz

Dorszewski P.

Effect of different additives to pickling on the number of yeasts, moulds and aerobic instability of maize silages

Summary

The aim of the study was to determine the effect of different additives to ensiling on the number of yeasts, mould and aerobic instability of silages from maize. Six variants of silages were prepared: - control without additive (K); liquid chemical additive (C), bacterial additive (M), chemical-bacterial additive (MC), enzymatic-bacterial additive (ME), bacterial additive including *Lactobacillus buchneri* (MLB). The used additives did not effect the chemical composition (dry matter, crude fiber, starch) and quality parameters of the silages. The largest waste of WSC (water soluble carbohydrate) was noted in the silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. No additives limited the break-up of lactic acid and acetic acid during stability tests. The applied additives did not increase the quantity of lactic acid bacteria in the experimental silages compared with the control silage. The development of moulds and yeast ceased ($P \leq 0.01$) in the silages with the chemical-bacterial additive. The stability of silages containing additives (with the exception of MC combination) was shorter than the control variant (55 hours). Silage with a chemical-bacterial additive had the same aerobic stability as the control variant. The applied additives did not demonstrate a positive effect on the aerobic instability of the studied silages.

Keywords: silage, yeasts, moulds

Najważniejszymi kryteriami oceny kiszonek są parametry jakościowe fermentacji oraz stabilność tlenowa (18). Tlenową niestabilnością określane są procesy zachodzące w kiszonkach wystawionych na działanie powietrza, co powoduje wzrost temperatury kiszonki. Główną rolę w psuciu się kiszonek pod wpływem dostępu powietrza odgrywają drożdże, które rozwijają się wcześniej niż pleśnie, a tempo ich rozwoju zależy od liczebności populacji wyjściowej (18, 23, 27). Stabilność tlenowa jest to liczba dni, podczas których w kiszonce wystawionej w temperaturze 20°C na działanie powietrza jej temperatura nie przekroczy o 3°C temperatury otoczenia (18).

Wielu autorów, badając zastosowanie różnych dodatków do zakiszania, wykazało ich dodatni wpływ na stabilność kiszonek (1, 6, 10-12, 18, 21, 22), nie stwierdziło go (2-5, 7, 24, 25) bądź rezultat nie był wyraźny (13, 14, 16, 19). Ze względu na niejednoznaczne wyniki dotyczące stosowania bakterii mlekowych homofermentatywnych i ich wpływu na stabilność kiszonek, wprowadzono do inokulantów bakterie kwasu propionowego, a także bakterie heterofermentatywne, głów-

nie *Lactobacillus buchneri*. Powstający w kiszonkach, między innymi, 1,2-propandiol i kwas octowy, działają hamująco na drożdże (13, 17).

Kukurydza należy do roślin łatwo kiszących się. Jednakże uzyskana kiszonka jest niestabilna tlenowo po odkryciu stosu kiszonkowego. Niewłaściwe postępowanie w trakcie zakiszania i wybierania oraz dostęp powietrza do kiszonki sprzyjają rozwojowi mikroorganizmów tlenowych. Wyprodukowanie dobrej i bezpiecznej dla zdrowia zwierząt kiszonki związane jest z wpływem szeregu czynników, m.in. zastosowanych dodatków mających przyspieszyć i ukierunkować proces fermentacji oraz poprawić jakość i tlenową trwałość kiszonki (14, 26).

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dodatków stosowanych do zakiszania zielonki z kukurydzy na liczebność drożdży i pleśni, parametry jakościowe kiszonek oraz ich niestabilność tlenową.

Materiał i metody

Kiszonki sporządzono z całych roślin kukurydzy w zbiornikach doświadczalnych (średnica 15 cm × wysokość 49 cm), stosując do zakiszania dostępne w handlu dodatki w dawkach zalecanych przez producentów. Przygotowano 6 wariantów

^{*}) Badania wykonano w ramach projektu KBN nr 3 P06Z 031 22.

kiszzonek (każdy w 4 powtórzeniach): kontrolny bez dodatków – K; z dodatkami: płynnym chemicznym (kwas mlekowy 22,5-27,5%, kwas ortofosforowy 26,2-33,7%, kwas mrówkowy 3,8-5,1%, kwas propionowy 3,8-5,1%) – C; mikrobiologicznym (*Enterococcus faecium*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus ssp.*) – M; mikrobiologiczno-chemicznym (*Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus plantarum*, sorbinian potasu i inne kwasy) – MC; mikrobiologiczno-enzymatycznym (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, celuloza) – ME; mikrobiologicznym zawierającym bakterie heterofermentatywne *Lactobacillus buchneri* – MLB.

Stabilność tlenową kiszzonek testowano przez 7 dni w klimatyzowanym pomieszczeniu, w temperaturze otoczenia $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, według metody opisanej przez Honiga (8, 9). Zmiany temperatury kiszzonek w warunkach tlenowych mierzono za pomocą urządzenia pomiarowego Squirrel 2000, które co godzinę rejestrowało temperaturę jako średnią z dwóch pomiarów wykonywanych co pół godziny.

W zielonce i kiszzonekach oznaczono zawartość suchej masy, włókna surowego (Fibertec System 1010 Het Extraction), skrobi (PN - 85/A - 82059) i węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie (PN - R - 64784). W kiszzonekach oznaczono zawartość kwasów organicznych metodą Leppera (20), wartość pH kiszzonek ustalono za pomocą pH-metru N 5172 firmy Teleso. Oznaczenie liczebności bakterii mlekowych kwaszących wykonano wg PN - ISO 15214 stosując podłoże agarowe MRS firmy Merck, drożdży wg PN - 90/A - 75052/08 i pleśni wg PN - ISO 7954 używając syntetyczne podłoże agarowe firmy BTL. Analiz chemicznych i mikrobiologicznych dokonano w próbkach pobranych z każdego zbiornika doświadczalnego oraz pojemnika do badania stabilności. Wyjmowano całą zawartość, mieszało ją i pobierano próbki do analiz.

Istotność różnic między średnimi obliczono za pomocą testu t-Studenta lub Duncana.

Wyniki i omówienie

Na podstawie danych dotyczących zawartości suchej masy, włókna surowego, węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie i skrobi w zakiszanej zielonce można stwierdzić, że charakteryzowała się ona prawidłowymi wartościami dla surowca przeznaczonego do zakiszenia (tab. 1). Uzyskane kiszzoneki (tab. 1) cechowały się zbliżoną zawartością suchej masy oraz włókna surowego. Analizując wyniki zawartości węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie w suchej masie kiszzonek można stwierdzić, że najmniej było go w wariantcie przygotowanym z dodatkiem mikrobiologicznym zawierającym *Lactobacillus buchneri* (MLB) i w porównaniu z wariantem kontrolnym (K) różnica była istotna statystycznie. W kombinacji z dodatkiem mikrobiologiczno-chemicznym (MC) odnotowano zawartość cukru na poziomie wyższym niż w przypadku kontrolnym (K). W pozostałych wariantach było tego składnika mniej. Zawartość skrobi w suchej masie kiszzonek wahała się od 48% (kiszzonek z dodatkiem chemicznym C) do 53,45% (wariant MLB). Na podstawie uzyskanych

Tab. 1. Zawartość suchej masy, włókna surowego, węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie i skrobi w zakiszanej zielonce i kiszzonekach z całych roślin kukurydzy ($\bar{x} \pm s$)

Wariant	Sucha masa (%)	W % suchej masy		
		włókno surowe	węglowodany rozpuszczalne w wodzie	skrobia
Zielonka	33,93 ± 1,40	18,39 ± 2,50	6,66 ± 0,80	54,51 ± 2,39
Kiszzoneki				
K	32,27 ± 0,90	17,84 ± 1,65	2,43 ^{BC} ± 0,58	50,31 ^{ab} ± 3,37
C	31,97 ± 1,21	19,85 ± 2,61	1,89 ^{ABC} ± 0,32	48,00 ^a ± 1,31
M	32,50 ± 1,70	19,55 ± 2,21	1,74 ^{AB} ± 0,34	50,30 ^{ab} ± 1,86
MC	33,01 ± 0,67	17,72 ± 0,96	2,86 ^C ± 0,33	52,04 ^{ab} ± 1,76
ME	33,06 ± 1,36	18,89 ± 4,94	2,30 ^{ABC} ± 1,05	52,45 ^{ab} ± 1,41
MLB	32,71 ± 3,53	16,52 ± 1,16	1,25 ^A ± 0,02	53,45 ^b ± 2,41

Objaśnienie: wartości oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie a, b, c... $p \leq 0,05$; A, B, C... $p \leq 0,01$

wyników można stwierdzić, że zastosowane dodatki do zakiszenia zielonki z całych roślin kukurydzy nie miały wpływu na poziom suchej masy, włókna surowego i skrobi w uzyskanych kiszzonekach. Jedynie preparat mikrobiologiczny z *Lactobacillus buchneri* (MLB) wpłynął istotnie na zmniejszenie zawartości węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie w kiszonce w porównaniu z wariantem kontrolnym. Pod wpływem dodatków na bazie kwasu mrówkowego zawartość cukrów rozpuszczalnych w wodzie w kiszzonekach z mieszanki motylkowato-trawistej była wyższa niż w wariantcie kontrolnym (22), a w kiszonce z pszenicy na skutek zastosowania bakterii *Lactobacillus buchneri* wzrosła ilość skrobi, zmalała zaś węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie (10). Preparaty na bazie kwasu propionowego i mrówkowego nie miały wpływu na skład chemiczny kiszzonek z kukurydzy (21).

Jak wynika z danych tab. 2, w kiszonce bez dodatków (K) pH wynosiło 4,11, podobnie jak w przypadku wariantu z preparatem mikrobiologicznym zawierającym *Lactobacillus buchneri* (MLB). Stwierdzono, że w kiszzonekach z dodatkiem chemicznym (C) oraz mikrobiologiczno-enzymatycznym (ME) zwiększyła się istotnie wartość pH w porównaniu do kontrolnej (K). Po inkubacji kiszzonek w warunkach tlenowych we wszystkich przypadkach pH wzrosło. W wariantach doświadczalnych z preparatem chemicznym (C) i mikrobiologicznym (MLB) wartości te były nieco wyższe niż w kontrolnym, a w pozostałych niższe. W badaniach Mayrhober i wsp. (16) odnotowano korzystny wpływ dodatków z różnych gatunków bakterii kwasu mlekowego na wartość pH. Obniżyły one kwasowość kiszzonek z kukurydzy. Podobne wyniki uzyskali także inni autorzy (7, 10, 22).

Zawartość kwasu mlekowego w suchej masie ukształtowała się na poziomie powyżej 70 g (tab. 2). Jedynie w przypadku wariantu z dodatkiem mikrobiologicznym (M) i mikrobiologiczno-enzymatycznym (ME) odno-

Tab. 2. Wartość pH i zawartość kwasów w kiszonkach z całych roślin kukurydzy (g kg⁻¹ suchej masy)

Wariant	pH		Zawartość kwasów					
	MP	MK	mlekowy		octowy		masłowy	
			MP	MK	MP	MK	MP	MK
K	4,11 ^{A**} ± 0,02	5,74 ^{**} ± 0,43	74,37 ^{**} ± 12,58	14,47 ^{**} ± 3,59	17,66 ^{**} ± 2,95	7,24 ^{**} ± 2,24	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
C	4,15 ^{B**} ± 0,01	5,90 ^{**} ± 0,17	74,13 ^{**} ± 8,35	14,21 ^{**} ± 3,12	17,52 ^{**} ± 1,65	7,63 ^{**} ± 3,84	0,00 ± 0,00	0,35 ± 0,35
M	4,10 ^{A**} ± 0,01	5,65 ^{**} ± 0,07	58,48 ^{**} ± 3,10	10,53 ^{**} ± 2,57	12,31 ^{**} ± 1,00	8,56 ^{**} ± 1,45	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
MC	4,09 ^{A**} ± 0,01	5,56 ^{**} ± 0,09	78,16 ^{**} ± 9,55	14,42 ^{**} ± 5,15	15,75 [*] ± 7,82	6,44 [*] ± 0,59	0,91 ± 1,495	0,00 ± 0,00
ME	4,15 ^{B**} ± 0,03	5,58 ^{**} ± 0,31	59,29 ^{**} ± 18,61	12,53 ^{**} ± 2,02	13,31 ^{**} ± 2,77	9,48 ^{**} ± 2,80	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
MLB	4,11 ^{A**} ± 0,02	5,88 ^{**} ± 0,19	76,12 ^{**} ± 11,08	16,50 ^{**} ± 3,18	17,12 ± 3,84	12,29 ± 5,96	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00

Objaśnienia: różnice w zależności od zastosowanego dodatku: wartości oznaczone w kolumnach różnymi literami różnią się statystycznie: a, b, c... p ≤ 0,05; A, B, C... p ≤ 0,01, różnice przed (MP) i po inkubacji (MK): wartości oznaczone w wierszach * różnią się statystycznie * p ≤ 0,05, ** p ≤ 0,01; MP – kiszonka przed inkubacją, MK – kiszonka po inkubacji

Tab. 3. Analiza mikrobiologiczna zielonki i kiszonek z całych roślin kukurydzy (log jtk g⁻¹ suchej masy) oraz stabilność tlenowa

Wariant	Bakterie mlekowe	Drożdże		Pleśnie		Stabilność tlenowa (godziny)
Zielonka	6,3677 ± 0,2082	7,2364 ± 0,1710		7,0166 ± 0,2261		
Kiszonki	MP	MP	MK	MP	MK	
K	8,3531 ^{A**} ± 0,1985	6,2138 ^{AB**} ± 0,3201	9,5180 ^{a**} ± 0,0596	4,4820 ^{b**} ± 1,2812	8,0147 ^{**} ± 0,1924	55 ^B ± 8
C	8,0999 ^{AB**} ± 0,1104	6,5339 ^{ABC**} ± 0,6983	9,9768 ^{b**} ± 0,4419	3,2813 ^{ab**} ± 0,5132	8,0715 ^{**} ± 0,1470	46 ^{AB} ± 11
M	8,0255 ^{ABC**} ± 0,3529	7,0281 ^{BC**} ± 0,1331	9,5835 ^{a**} ± 0,0685	3,1216 ^{ab**} ± 0,5538	7,9029 ^{**} ± 0,0360	32 ^A ± 3
MC	7,5375 ^{BC**} ± 0,1815	5,9973 ^{A**} ± 0,2355	9,4661 ^{a**} ± 0,0807	2,6264 ^{a**} ± 0,1290	7,9516 ^{**} ± 0,1167	55 ^B ± 6
ME	8,2699 ^{A**} ± 0,2023	7,1881 ^{C**} ± 0,5152	9,4397 ^{a**} ± 0,1032	4,4368 ^{b**} ± 1,3261	7,8590 ^{**} ± 0,0988	36 ^A ± 7
MLB	7,7257 ^{ABC**} ± 0,1362	6,2586 ^{AB**} ± 0,3065	9,6594 ^{ab**} ± 0,0252	3,3993 ^{ab**} ± 0,5813	7,8879 ^{**} ± 0,0372	40 ^{AB} ± 6

Objaśnienia: jak w tab. 2.

towano wartości mniejsze, ale różnice nie były istotne statystycznie. Podobne zależności stwierdzono w odniesieniu do kwasu octowego. Występowanie niewielkiej ilości kwasu masłowego stwierdzono tylko w przypadku kiszonki wykonanej z dodatkiem mikrobiologiczno-chemicznym (MC). Niektórzy autorzy (7) wykazali, że inokulant zawierający *Lactobacillus plantarum* zwiększył zawartość kwasu mlekowego w porównaniu z kiszonką kontrolną, natomiast zawartość kwasów octowego i masłowego uległa znacznemu obniżeniu. Także dodatek chemiczny z dużą zawartością kwasu mrówkowego (80% i 64%) powodował w kiszonkach motylkowato-trawiastych wzrost ilości kwasu mlekowego (22), a w kukurydzy taki efekt wywołał dodatek zawierający głównie zbuforowany kwas propionowy (10).

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że zastosowane dodatki nie wpłynęły na parametry jakościowe kiszonek z całych roślin kukurydzy. Jedynie w przypadku kiszonki z dodatkiem chemicznym (C) i mikrobiologiczno-enzymatycznym (ME) odnotowano istotnie wyższe pH w porównaniu z wersją kontrolną. Pozytywny wpływ dodatków na jakość kiszonek odnotowano w badaniach niektórych autorów (2, 4-6).

Po inkubacji, zawartość kwasu mlekowego i octowego uległa obniżeniu. Spadek ich koncentracji w su-

chej masie był we wszystkich wariantach istotny statystycznie, oprócz kombinacji z *Lactobacillus buchneri* (MLB). Konserwanty nie ograniczyły rozpadu kwasu mlekowego ani octowego w trakcie przechowywania kiszonek w warunkach tlenowych. Rozpadu kwasu mlekowego podczas natleniania kiszonki z kukurydzy nie zahamowały dodatki bakterii *Lactobacillus casei* oraz *Lactobacillus plantarum* (2). Natomiast zmiany zawartości tego kwasu nie stwierdzono w przypadku zastosowania dodatku chemicznego zawierającego głównie kwas mrówkowy i propionowy (21).

Analiza mikrobiologiczna zielonek wykazała, że bakterie kwasu mlekowego występowały w ilości log 6,3677 jtk.g⁻¹ suchej masy (tab. 3), co jest niewystarczające do prawidłowego przebiegu procesów fermentacji (18). W kiszonkach liczebność bakterii kwasu mlekowego, była wyższa niż w materiale wyjściowym. Natomiast odnotowano mniejszą liczbę drożdży i pleśni. Najmniej bakterii mlekowych w porównaniu z kiszonką kontrolną stwierdzono w wariantcie przygotowanym z preparatem mikrobiologiczno-chemicznym (MC). Mniejsza też była liczebność drożdży. Dodatek mikrobiologiczno-chemiczny (MC) ograniczył rozwój pleśni w porównaniu z kiszonką kontrolną (K). Kung i Ranjit (10) stwierdzili większą liczebność drożdży i pleśni w kiszonkach z kukurydzy z różnymi dodatka-

mi w porównaniu z kontrolną (10), wzrosła też liczebność bakterii mlekowych (1).

Po inkubacji liczebność drożdży i pleśni we wszystkich kiszonkach zwiększyła się. W porównaniu z wariantem kontrolnym istotnie więcej drożdży stwierdzono w kiszonce z dodatkiem chemicznym (C). Niektóre wyniki badań z ostatnich lat potwierdzają wzrost liczebności drożdży i pleśni w kiszonkach poddanych nalenieniu (1, 6, 15). Jednakże zastosowanie dodatku chemicznego wpłynęło na obniżenie liczebności tych mikroorganizmów w porównaniu do kiszonki kontrolnej (1).

Stabilność badanych kiszonek była zróżnicowana (tab. 3). Wariant kontrolny (K) był stabilny przez 55 godzin, podobnie jak kiszonka z dodatkiem mikrobiologiczno-chemicznym (MC). W pozostałych odnotowano krótszą stabilność. Kiszonki sporządzone z dodatkami zawierającymi *Lactobacillus casei* i *Lactobacillus plantarum* nie zahamowały tlenowego psucia się kiszonek z kukurydzy (2). Pahlow i Weissbach (18) wykazali, że dodatki chemiczne powodowały stabilizację kiszonek do 3 dni, natomiast mikrobiologiczne (bakterie heterofermentatywne) powyżej 7 dni. Stabilność kiszonek przygotowanych bez dodatków wynosiła 1,5 dnia. O poprawie stabilności na skutek zastosowania różnych konserwantów informują też inne badania (1, 6, 10-12, 18, 21, 22). Mayrhuber i wsp. (16) stwierdzili, że dodatek bakterii homofermentatywnych przy zakiszaniu zielonki z kukurydzy wywołał samozagrzewanie się tych pasz już po kilkunastu godzinach. Kiszonki sporządzone z dodatkiem heterofermentatywnych bakterii kwasu mlekowego cechowały się najwyższą stabilnością (10, 16). Pflaum (19) udowodnił, że na stabilność kiszonek z kukurydzy ma wpływ nie tylko zastosowany dodatek, ale także czas, jaki upłynął od momentu sporządzenia kiszonki do rozpoczęcia jej skarmiania. Kiszonki przechowywane dłużej w warunkach beztlenowych wykazywały większą stabilność, nawet, jeżeli sporządzono je bez dodatków. Bakterie heterofermentatywne nie poprawiły stabilności kiszonek, konserwant chemiczny zwiększył ją, a preparat mikrobiologiczno-chemiczny wykazał się pośrednią skutecznością. Jednakże lepsze działanie dodatków, szczególnie z *Lactobacillus buchneri* jest związane z czasem przechowywania kiszonki. Otwieranie stosu kiszonkowego z kukurydzą powinno nastąpić dopiero po 2-3 miesiącach od zakiszenia (19).

Zastosowane preparaty nie miały wpływu na skład chemiczny (sucha masa, włókno surowe, skrobia), parametry jakościowe i liczebność bakterii kwasu mlekowego w kiszonkach. Dodatek mikrobiologiczno-chemiczny (MC) istotnie ograniczył występowanie pleśni. Zastosowane dodatki nie wykazały pozytywnego wpływu na niestabilność tlenową badanych kiszonek.

Piśmiennictwo

1. Bodarski R., Stempniewicz R., Krzywiecki S., Krzyško-Lupicka T., Stupczyńska M.: Effect of chemical and biological additives on quality, microbiological

status and aerobic stability of maize silage. Proc. 11th Int. Sci. Symp. Forage Conservation, Nitra, Slovak Republic 2003, s. 126-127.

2. Cai Y., Benno Y., Ogawa M., Kumai S.: Effect of applying lactic acid bacteria isolated from forage crops on fermentation characteristics and aerobic deterioration of silage. J. Dairy Sci. 82, 1999, 520-526.
3. Dorszewski P.: Badania nad składem, wartością i stabilnością kiszonek z mieszanek traw z motylkowatymi, Cz. II. Jakość i stabilność kiszonek. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 1998, 462, 333-340.
4. Filya I.: Laktik asit bakteri inokulantlarının mısır ve sorgum silajlarının fermentasyon, aerobik stabilite ve in situ rumen parçalanabilirlik özellikleri üzerine etkileri. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 26, 2002, 815-823.
5. Filya I.: Laktik asit bakteri ve laktik asit bakteri + enzim karışımı silaj inokulantlarının Mısır Silajı üzerine etkileri. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 26, 2002, 679-687.
6. Filya I. F., Ashbell G., Hen Y., Weinberg G.: The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. Anim. Feed Sci. Tech. 2000, 88, 39-46.
7. Filya I. F., Ashbell G., Weinberg G., Hen Y.: The effect of applying lactic acid bacterial inoculants at ensiling on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. Proc. 12th Int. Silage Conf., Uppsala, Sweden 1999, s. 268-269.
8. Honig H.: Determination of aerobic deterioration – System Völkenrode, Landbauforsch. Völkenrode. 1985, SH 2, 3.
9. Honig H.: Evaluation of aerobic stability, [w:] Lindgren S., Lunden K., Petterson (wyd.) Proc. EUROBAC Conf., Grovfoder Grass and Forage Reports, Uppsala, 1986, Sweden, Spec. issue 3, 1990, s. 76-82.
10. Kung L. Jr., Ranjit N. K.: The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. J. Dairy Sci. 2001, 84, 1149-1155.
11. Kung L. Jr., Robinson J. R., Ranjit N. K., Chen J. H., Golt C. M., Pesek J. D.: Microbial populations, fermentation end-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. J. Dairy Sci. 2000, 83, 1479-1486.
12. Kung L. Jr., Sheperd A. C., Smagala A. M., Endres K. M., Bessett C. A., Ranjit N. K., Glancey J. L.: The effect of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration. J. Dairy Sci. 1998, 81, s. 1322-1330.
13. Kung L. Jr., Ranjit N. K., Robinson J. M., Charley R. C.: Inoculation with *Lactobacillus buchneri* improves the aerobic stability of barley silage. Proc. 12th Int. Silage Conf., Uppsala, Sweden 1999, s. 272-273.
14. Lindgren S.: Can HACCP principles be applied for silage safety. Proc. 12th Int. Silage Conf., Uppsala, Sweden 1999, s. 51-66.
15. Martens Siritwan D., Pahlow G.: Occurrence of yeasts and aerobic deterioration of grass silages with different sugar contents. Proc. 11th Int. Sci. Symp. Forage Conservation, Nitra, Slovak Republic 2003, s. 110-111.
16. Mayrhuber E., Holzer M., Danner H., Madzingaidzo L., Braun R.: Comparison of homofermentative *Lactobacillus* strains as silage inoculum to improve aerobic stability. Proc. 12th Int. Silage Conf., Uppsala, Sweden 1999, s. 276-277.
17. Oude Elferink S. J. W. H., Dreihuis F., Krooneman J., Gottschal J. C., Sierk F.: *Lactobacillus buchneri* can improve the aerobic stability of silage via a novel fermentation pathway: the anaerobic degradation of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol. Proc. 12th Int. Silage Conf., Uppsala, Sweden 1999, s. 266-267.
18. Pahlow G., Weissbach F.: New aspects of evaluation and application of silage additives, Contributions of grassland and forage research to the development of systems of sustainable land use. Landbauforsch. Völkenrode. SH 206, FAL Braunschweig 1999, 141-158.
19. Pflaum J.: The influence of additives and storage time on the aerobic stability of maize silage. Proc. 11th Int. Symp. Forage Conservation, Nitra, Slovak Republic 2003, s. 106-107.
20. Praca zbiorowa pod red. K. Gawęckiego: Ćwiczenia z żywienia zwierząt i paszoznawstwa, AR Poznań 1983, s. 212.
21. Przybylski M., Potkański A.: Skład chemiczny i stabilność kiszonki z kukurydzy zakiszanej z dodatkiem konserwantu chemicznego. PTPN. Prac. Kom. Nauk Rol. i Kom. Nauk Leśn. 89, Poznań 2000, 263-270.
22. Selwet M.: Wpływ kwasu mrówkowego na stan mikrobiologiczny kiszonek. Medycyna Wet. 2004, 60, s. 765-768.
23. Spoelstra S. F.: Chemische und biologische Siliermittel für die Futterkonservierung. Übers. Tierernährg. 21, 1993, 87-116.
24. Weinberg Z. G., Muck R. E.: New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiol. Rev. 19, 1996, 53-68.
25. Weinberg Z. G., Szakacs G., Ashbell G., Hen Y.: The effect of temperature on the ensiling process of corn and wheat. J. Appl. Microbiol. 2001, 90, 561-566.
26. Wilkins R. J., Syrjälä-Quvist L., Bolsen K. K.: The future role of silage in sustainable animal production. Proc. 12th Int. Silage Conf., Uppsala, Sweden 1999, s. 23-40.
27. Woolford M. K.: The detrimental effects of air on silage. J. Appl. Bacteriol. 1990, 68, 101-116.

Adres autora: dr inż. Piotr Dorszewski, ul. Mazowiecka 28, 85-084 Bydgoszcz; e-mail: piodor@atr.bydgoszcz.pl