

Wpłynęło 16.06.2012 r.
Zrecenzowano 25.08.2012 r.
Zaakceptowano 22.09.2012 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

JAKOŚĆ KISZONEK Z RUNI ŁĄKOWEJ Z DODATKIEM BIOLOGICZNYCH STYMULATORÓW FERMENTACJI

Barbara WRÓBEL ABCDEF

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Użytków Zielonych

Streszczenie

Celem badań była ocena jakości, wartości pokarmowej oraz przydatności żywieniowej kiszonek z podsuszanej runi łąkowej, zakiszanych w dużych belach cylindrycznych z dodatkiem wybranych biologicznych dodatków kiszonkarskich, zawierających kultury bakterii kwasu mlekowego. W kiszonkach oceniano zawartość suchej masy, wartość pH, skład chemiczny, liczebność wybranych mikroorganizmów oraz stabilność tlenową. Kiszonki testowano również w doświadczeniach żywieniowych na jałówkach. Zastosowane dodatki bakteryjne spowodowały zwiększenie zawartości kwasu mlekowego i octowego oraz zmniejszenie zawartości kwasu masłowego. Spośród obu zastosowanych dodatków większą efektywnością pod względem oddziaływania na proces zakiszania i jakość kiszonek charakteryzował się preparat mikrobiologiczno-enzymatyczny. Dodatki te nie miały jednak istotnego wpływu na stabilność tlenową kiszonek ani też na ich pobranie i przyrosty masy ciała zwierząt żywionych dawkami z udziałem tych pasz.

Słowa kluczowe: fermentacja, inokulanty bakteryjne, kiszonka, stabilność tlenowa, wartość pokarmowa

WSTĘP

Ważnym elementem nowoczesnych technologii produkcji kiszonek z podsuszanej runi łąkowej jest stosowanie dodatków kiszonkarskich. Zasadność ich stosowania wynika z faktu, że skład i liczebność populacji epifitycznej flory bakteryjnej, występującej na zakiszanych roślinach, uniemożliwiają zainicjowanie wytwarzania kwasu mlekowego przez bakterie kwasu mlekowego obecne w zakiszonym surowcu [DAVIES i in. 2000]. Również wstępne podsuszenie zakiszanego surowca

Adres do korespondencji: dr inż. B. Wróbel, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Użytków Zielonych, al. Hrabstwa 3, 05-090 Raszyn; tel. +48 22 735-75-36, e-mail: B.Wrobel@itep.edu.pl

nie zawsze gwarantuje prawidłowy przebieg procesu fermentacji oraz uzyskanie dobrej i stabilnej tlenowo kiszonki.

Do zakiszania runi łąkowej najczęściej stosuje się biologiczne dodatki o właściwościach stymulujących fermentację. Mogą to być kultury bakteryjne, enzymy i substraty do fermentacji. W tym celu w praktyce rolniczej najpowszechniej wykorzystuje się dodatki mikrobiologiczne pod postacią inokulantów bakteryjnych [DAVIES 2010; DORSZEWSKI 2009; PURWIN 2007; ZIELIŃSKA i in. 2006]. Zapewniają one dostateczną ilość bakterii kwasu mlekowego w zakiszonym materiale, co stwarza możliwość modyfikacji procesu zakiszania i poprawę jakości kiszzonek poprzez ograniczenie koncentracji lotnych kwasów tłuszczowych, azotu amoniakalnego oraz zwiększenie zawartości cukrów prostych i białka ogólnego w kiszoncek [CUSSEN i in. 1995; DAVIES i in. 1998; JALC i in. 2009; WINTERS i in. 2001]. Konsekwencją zwiększenia zawartości kwasu mlekowego w kiszoncek jest jednak ujemny wpływ na ich tlenową stabilność [MIKOŁAJCZAK, PODKÓWKA 1986; SZYSZKOWSKA i in. 2010; WEINBERG i in. 1993]. Dlatego w skład inokulantów bakteryjnych, poza wyselekcjonowanymi homofermentatywnymi szczepami bakterii kwasu mlekowego, tj.: *Lactobacillus* spp., *Enterococcus* spp. (*Streptococcus*), *Pediococcus* spp., *Lactococcus* spp., *Leuconostoc* spp., wchodzi szczepy heterofermentatywne, głównie *Lactobacillus bichneri* i *Lactobacillus brevis* [ZIELIŃSKA i in. 2006], dodatkowo uzupełnione odpowiednio dobranymi enzymami [LARA i in. 2012; MIECZNIKOWSKI i in. 2000].

Spośród wymienionych bakterii heterofermentatywnych szczególnie skuteczny w ograniczaniu procesu wtórnej fermentacji jest *Lactobacillus buchneri*, szczep bakteryjny wytwarzający m.in. kwas octowy i inne związki hamujące rozwój drożdży i pleśni [DANNER i in. 2003; DREHUIS i in. 2001; OUDE ELFERINK i in. 1999]. Produkcja większej ilości kwasu octowego spowalnia jednak proces zakiszania, co może wywierać ujemny wpływ na jakość białka [DAVIES i in. 2000] oraz pobranie i wykorzystanie kiszzonek przez zwierzęta. Większa koncentracja kwasu octowego pociąga za sobą również produkcję większej ilości dwutlenku węgla i większą jego emisję do atmosfery. Spożycie większej ilości kwasu octowego przez bydło, a jednocześnie mniejszej kwasu mlekowego oznacza również produkcję większej ilości metanu w żwaczu, co nie jest obojętne dla środowiska [DAVIES 2010].

Celem badań była ocena jakości, stabilności tlenowej, wartości pokarmowej oraz przydatności żywieniowej kiszzonek, sporządzonych z podsuszanej runi łąkowej w dużych belach cylindrycznych z dodatkiem wybranych biologicznych stymulatorów kiszoncek, zawierających homo- i heterofermentatywne kultury bakterii kwasu mlekowego.

METODY BADAŃ

Badania prowadzono w Zakładzie Doświadczalnym ITP w Falentach w warunkach produkcyjnych w latach 2005–2007. Do badań wytypowano łąkę trwałą, o powierzchni 9 ha, położoną na glebie mineralnej (czarnej ziemi zdegradowanej) w siedlisku grądu właściwego. W skład runi łąkowej w 80% wchodziły trawy, wśród których dominującymi gatunkami były: wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.), wyczyniec łąkowy (*Alopecurus pratensis* L.), kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.), rajgras wyniosły (*Arrhenaterum etatius* (L.) P. Beauv.) i życa trwała (*Lolium perenne* L.). Resztę, tj. 20% składu runi, stanowiły zioła i chwasty oraz mające kilkuprocentowy udział rośliny motylkowate.

Łąkę koszono trzykrotnie w ciągu okresu wegetacyjnego. Pierwszy pokos zbierano około 20 maja w fazie kłoszenia kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata* L.), a kolejne dwa pokosy w dziewięciodniowych odstępach. Koszenie wykonywano kosiarką rotacyjną, wyposażoną w spulchniacz pokosów. Następnie zielonkę podsuszano na pokosie do zawartości suchej masy ok. 30–40%. W zależności od warunków pogody czas podsuszania wynosił od 1 do 3 dni. Podsuszoną run łąkową zbierano prasą zwijającą i zakiszano w postaci dużych bel cylindrycznych (ok. 400 kg) z dodatkiem preparatu mikrobiologicznego (M) lub mikrobiologiczno-enzymatycznego (ME) oraz bez żadnego dodatku – kiszunki kontrolne (K). Inokulant bakteryjny (M) zawierał bakterie homofermentatywne *Enterococcus faecium* M74, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus spp.* oraz bakterie heterofermentatywne *Lactobacillus buchneri*. Preparat mikrobiologiczno-enzymatyczny (ME) zawierał bakterie homofermentatywne *Lactobacillus plantarum* K i *Lactobacillus plantarum* C, bakterie heterofermentatywne *Lactobacillus brevis* i *Lactobacillus buchneri* oraz kompleks enzymów paszowych – endo-1,4-beta-glukanaza i endo-ksylanaza. Preparaty te stosowano podczas zbioru podsuszonego materiału roślinnego za pomocą aplikatora, zamontowanego na prasie rolującej w ilości zalecanej przez producenta, tj. preparat M w dawce 10 g·Mg⁻¹ zielonki, zaś preparat ME w dawce 5 g·Mg⁻¹ zielonki, po rozpuszczeniu w wodzie.

Sprasowane bele w ciągu 2–4 godzin transportowano na teren gospodarstwa, gdzie za pomocą stacjonarnej owijarki owijano czterema warstwami folii szerokości 500 mm i następnie transportowano na miejsce składowania, gdzie przechowywano je aż do momentu ich skarmiania zwierzętami.

Wyprodukowane kiszunki oceniano pod względem jakości i wartości pokarmowej poprzez analizy chemiczne i w doświadczeniach żywieniowych na jałowkach. W świeżych próbkach kiszzonek oceniano pH świeżej masy kiszunki metodą potencjometryczną, ilość kwasu mlekowego, octowego i masłowego metodą enzymatyczną (Test-UV Boehringer Mannheim) [Boehringer Mannheim]. Na podstawie udziału poszczególnych kwasów w sumie kwasów oceniano jakość kiszzonek, którą wyrażano w punktach według 100-punktowej skali Fliega-Zimmera. Zawartość suchej masy w kiszunkach (w g·kg⁻¹), oznaczoną metodą suszarkową,

skorygowano z uwzględnieniem substancji lotnych, stosując następujący wzór [HAIGH 1995]:

$$\text{sucha masa skorygowana} = 17,9 + 0,99 \text{ sucha masa suszarkowa} \quad (1)$$

Zawartość składników pokarmowych oznaczano metodą NIRS za pomocą aparatu NIRFlex N-500 z zastosowaniem gotowych kalibracji firmy INGOT. Na podstawie procentowej zawartości frakcji włókna ADF i NDF obliczono pobranie suchej masy *DMI* i strawność suchej masy *DDM* oraz wskaźnik względnej wartości pokarmowej *RFV* według wzoru opracowanego przez LINNA i MARTINA [1989]:

$$RFV = \frac{DDM \cdot DMI}{1,29} \quad (2)$$

gdzie:

RFV – względna wartość pokarmowa (wartość niemianowana);

DMI – pobranie suchej masy, % masy ciała; $DMI = 120 : NDF$;

DDM – strawność suchej masy, %; $DDM = 88,9 - 0,779 ADF$;

NDF – zawartość neutralnego włókna detergentowego (ang. “neutral detergent fiber”);

ADF – zawartość kwaśnego włókna detergentowego (ang. “acid detergent fiber”).

W próbach kiszzonek oceniano również liczebność drożdży, pleśni i bakterii kwaszących typu mlekowego metodą posiewów na podłożach selektywnych [PN-ISO 7954:1999; PN-R 64791:1994; PN-ISO 15214:2002].

Pasze oceniano również w doświadczeniach żywieniowych na jałówkach rasy czarno-białej o średniej początkowej masie ciała 200 kg, podzielonych według analogów na 3 grupy żywieniowe: grupa 0 – żywiona kiszzonką kontrolną, grupa M – żywiona kiszzonką sporządzoną z dodatkiem inokulanta M, grupa ME – żywiona kiszzonką z dodatkiem inokulanta ME. Utworzone grupy żywieniowe w 2005 r. liczyły po 10 szt., w 2006 r. – po 9 szt. i w 2007 r. – po 8 szt. Testowane kiszzonki były skarmiane „do woli” (*at libitum*). Corocznie skarmiano kolejno pasze z I pokosu, następnie z II, a pod koniec okresu żywienia z III pokosu. Oprócz kiszzonki zwierzęta otrzymywały śrutę zbożową w ilości 1 kg na dobę w latach 2006 i 2007 oraz 1,2 kg w 2005 r. Okres żywienia zwierząt kiszzonkami w kolejnych latach badań trwał odpowiednio 91, 92 i 87 dni. Na podstawie różnic między masą ciała jałówek na początku i końcu okresu żywienia obliczano dobowe przyrosty zwierząt. Codziennie określano także ilość paszy pobranej przez jałówki.

Stabilność tlenową kiszzonek określano na podstawie zmodyfikowanego testu temperaturowego według metody opisanej przez HONIGA [1990]. Tlenową stabilność kiszzonek oceniano w około 20-kilogramowych próbach kiszzonek ($n = 3$),

umieszczanych w ażurowych koszach o pojemności 60 l, przetrzymywanych w stałej temperaturze pokojowej (+21°C) przez 12 dni. Dwa razy dziennie mierzo- no termometrem rtęciowym temperaturę wewnątrz prób kiszonki oraz temperaturę zewnętrzną. Do oceny stabilności przyjęto czas (w dniach) potrzebny do wzrostu temperatury w próbkach kiszonek o 1°C ponad temperaturę otoczenia.

Wyniki oceny chemicznej, mikrobiologicznej oraz tlenowej inkubacji kiszonek poddano weryfikacji statystycznej metodą analizy wariancji trójczynnikowej. Ana- lizowanymi czynnikami były: dodatek stymulatora, rok badań oraz pokos. Wyniki uzyskane w testach żywieniowych na jałówkach poddano dwuczynnikowej analizie wariancji, weryfikując wpływ zastosowania dodatku oraz roku badań. Porównania średnich i podziału na grupy jednorodne dokonano testem T-Tuckeya (HSD) na poziomie istotności $p \leq 0,05$. Obliczenia statystyczne wykonano programem Stati- stica, modułem Anova/Manova [StatSoft 2002].

WYNIKI BADAŃ

JAKOŚĆ I STABILNOŚĆ TLENOWA KISZONEK

Średnia zawartość suchej masy w ocenianych kiszonkach wynosiła od 441,9 do 454,4 g·kg⁻¹, co było wartością typową dla kiszonek z materiału przewiedniętego. Zastosowanie obu stymulatorów bakteryjnych wpłynęło istotnie na kształtowanie się większości parametrów oceny jakościowej kiszonek. Kiszonki, do produkcji których zastosowano dodatek bakteryjny, charakteryzowały się istotnie niższym odczynem (pH 4,74 i 4,84) niż kiszonka kontrolna (pH 5,07). Zawierały również istotnie więcej kwasów: mlekowego – średnio o ok. 10 g·kg⁻¹ s.m. i octowego – o 3,2 g·kg⁻¹ s.m. w kiszonce M i 1,6 g·kg⁻¹ s.m. w kiszonce ME. Zastosowanie obu dodatków ograniczyło produkcję kwasu masłowego, którego zawartość w stosunku do kiszonki kontrolnej była mniejsza o 0,3 g·kg⁻¹ s.m. w kiszonce M i o 0,5 g·kg⁻¹ s.m. w kiszonce ME. Znalazło to swoje odzwierciedlenie w końcowej ocenie punk- towej kiszonek. Kiszonki sporządzone z dodatkiem mikrobiologicznym M uzyska- ły średnio o 14 punktów więcej, a kiszonki z dodatkiem mikrobiologiczno-enzyma- tycznym ME o 17 punktów więcej w 100-punktowej skali Fliega-Zimmera niż ki- szonki kontrolne (tab. 1). Średnio obie kiszonki, do produkcji których zastosowano stymulatory fermentacji, uzyskały ocenę bardzo dobrą.

Zastosowanie dodatków wpłynęło również istotnie na liczebność badanych mi- kroorganizmów. W kiszonkach sporządzonych zarówno z dodatkiem mikrobiolo- gicznym M, jak i mikrobiologiczno-enzymatycznym ME obserwowano istotne zwiększenie liczebności bakterii kwaszących i równocześnie istotne ograniczenie liczebności drożdży i pleśni w kiszonce, co jest korzystne (tab. 1).

Czynnikiem istotnie różnicującym jakość kiszonek okazał się również rok ba- dań. Najgorsze jakościowo pasze uzyskano w 2006 r., tj. w drugim roku badań.

Tabela 1. Jakość kiszonki, liczebność wybranych mikroorganizmów oraz stabilność tlenowa kiszonki w zależności od zastosowanego dodatku, pokosu i roku badań

Badany parametr Examined parameter	Wartość w zależności od Value in relation to									
	dodatku additive		roku year				pokosu cut			
	0	M	ME	2005	2006	2007	I	II	III	
Zawartość suchej masy, g·kg ⁻¹ Content of dry matter, g·kg ⁻¹	454,4	441,9	446,3	468,9	464,0	423,3	457,9	467,6	403,4	
pH	5,07b	4,75a	4,84ab	4,85ab	4,61a	5,06b	4,71a	4,88a	5,20b	
Zawartość kwasu mlekowego, g·kg ⁻¹ s.m. Content of lactic acid, g·kg ⁻¹ DM	26,1a	36,5b	38,1b	38,6b	30,9a	31,7a	35,9b	29,5a	34,2ab	
Zawartość kwasu octowego, g·kg ⁻¹ s.m. Content of acetic acid, g·kg ⁻¹ DM	8,8a	12,0b	10,4ab	8,7a	16,7b	8,1a	11,9b	9,9ab	8,4a	
Zawartość kwasu masłowego, g·kg ⁻¹ s.m. Content of butyric acid, g·kg ⁻¹ DM	0,8b	0,5a	0,3a	0,5	0,7	0,4	0,3	0,6	0,8	
Liczba punktów w skali Fliega-Zimmera Number of scores according to Flieg-Zimmer scale	71a	85b	88b	86	68	86	85	77	81	
Ocena wg skali Fliega-Zimmera Evaluation acc. to Flieg-Zimmer scale	bardzo dobra	bardzo dobra	bardzo dobra	bardzo dobra	bardzo dobra	bardzo dobra	bardzo dobra	bardzo dobra	bardzo dobra	
Liczebność bakterii kwaszących, log ₁₀ jtk·g ⁻¹ św.m. Lactic acid bacteria count, log ₁₀ cfu·g ⁻¹ FM	good	very good	very good	very good	very good	very good	very good	very good	very good	
Liczebność drożdży, log ₁₀ jtk·g ⁻¹ św.m. Yeasts count, log ₁₀ cfu·g ⁻¹ FM	3,7a	4,97b	5,09b	3,90a	4,94b	4,84b	4,38a	4,54a	5,00b	
Liczebność pleśni, log ₁₀ jtk·g ⁻¹ św.m. Moulds count, log ₁₀ cfu·g ⁻¹ FM	2,41b	1,55a	1,44a	1,76	1,95	1,75	1,80	1,82	1,77	
Stabilność tlenowa, dni Aerobic stability, days	3,50b	2,16a	1,69a	1,97a	2,25ab	2,88b	2,04a	2,82b	2,76b	
	7,4	8,5	8,1	8,8	7,7	7,6	8,9b	9,1b	5,1a	

Objaśnienia: a, b, c – istotność różnic, gdy $p \leq 0,05$; 0 – kiszonka kontrolna, M – kiszonka z dodatkiem preparatu mikrobiologicznego, ME – kiszonka z dodatkiem preparatu mikrobiologiczno-enzymatycznego.

Explanations: a, b, c – significance of differences at $p \leq 0,05$; 0 – control silage, M – silage with microbiological additive, ME – silage with microbiological-enzymatic additive.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Średnio kiszzonki te w porównaniu z kiszzonkami z dwóch pozostałych lat badań zawierały najmniej kwasu mlekowego i istotnie najwięcej kwasu masłowego i octowego, co istotnie obniżyło jakość kiszzonek. Uzyskały one zaledwie 68 punktów w skali Fliega-Zimmera, czyli odpowiadały ocenie dobrej.

Jakość uzyskanych kiszzonek zależała również od pokosu, z którego runi sporządzano kiszzonki. Średnio najwyższą jakością, wyrażoną liczbą punktów oraz oceną wg skali Fliega-Zimmera, charakteryzowały się kiszzonki z runi I pokosu, następnie z III i najmniejszą z II. Kiszzonki z runi I i III pokosu zawierały istotnie więcej kwasu mlekowego w suchej masie niż z II. W kiszzonkach z runi kolejnych pokosów zawartość kwasu octowego malała, zaś kwasu masłowego zwiększała się, podobnie jak wartość pH. Jak wynika z danych literaturowych, najlepiej udają się kiszzonki z runi I pokosu, najgorzej zaś z II [DACZEWSKA 1976]. Wynika to ze zmian w składzie chemicznym zielonki w trakcie sezonu wegetacyjnego, przede wszystkim dotyczy to cukrów prostych i białka ogólnego.

Pokos miał również istotny wpływ na liczebność pleśni i bakterii kwaszących. Istotnie więcej pleśni stwierdzono w kiszzonkach z runi II i III pokosu, a bakterii kwaszących z III pokosu. Średnia liczebność drożdży nie zależała od pokosu i była bardzo zbliżona w kiszzonkach z runi wszystkich trzech pokosów.

Zastosowanie stymulatorów fermentacji wydłużyło okres stabilności tlenowej badanych kiszzonek średnio z 7,4 dni (kiszzonka kontrolna) do 8,1 (kiszzonka ME) i 8,5 (kiszzonka M). Różnice te jednak nie zostały udowodnione statystycznie (tab. 1). Podatność kiszzonek na proces wtórnej fermentacji zależała przede wszystkim od pokosu, z którego pochodziła run łąkowa, przeznaczona do zakiszczania. Spośród przebadanych prób kiszzonek z reguły najbardziej podatne na proces tlenowego rozpadu były kiszzonki z III pokosu, które zagrzewały się średnio już po około 5 dniach przechowywania w warunkach tlenowych. Najdłużej zachowywały stabilność kiszzonki z runi I i II pokosu, których stabilności wynosiła odpowiednio 8,9 i 9,1 dni. Kiszzonki te, w odróżnieniu od kiszzonki sporządzonej z runi III pokosu, charakteryzowały się istotnie większą zawartością kwasu octowego, który – jak podają MAYRHUBER i in. [1999] – jest czynnikiem istotnie ograniczającym proces wtórnej fermentacji.

ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH W KISZONKACH ORAZ ICH TEORETYCZNA WARTOŚĆ POKARMOWA *RFV*

Stwierdzono istotny wpływ zastosowanych stymulatorów fermentacji na zawartość składników pokarmowych w badanych kiszzonkach. Kiszzonki sporządzone zarówno z dodatkiem M, jak i ME średnio zawierały istotnie więcej białka ogólnego, popiołu surowego oraz mniej włókna surowego i neutralnej jego frakcji (NDF) oraz cukrów prostych niż kiszzonka kontrolna. Pobranie suchej masy oraz względna wartość pokarmowa, wyrażona wskaźnikiem *RFV*, obliczone na podstawie zawar-

Tabela 2. Zawartość składników pokarmowych oraz wartość pokarmowa kiszzonek w zależności od zastosowanego dodatku, pokosu i roku badań
Table 2. Nutrients content and feeding value of silage in relation to the additive, cut and year of study

Badany parametr Examined parameter	Wartość w zależności od roku year													
	dodatku additive			2005			2006			2007				
	0	M	ME	2005			2006			2007				
												I	II	III
Zawartość białka ogólnego, g·kg ⁻¹ s.m. Total protein content, g·kg ⁻¹ DM	117,0a	123,4b	121,0ab	118,1a	128,1b	115,7a	113,6a	113,9a	134,8b					
Zawartość włókna surowego, g·kg ⁻¹ s.m. Crude fibre content, g·kg ⁻¹ DM	285,0b	275,3a	280,4ab	289,2b	274,4a	276,4a	279,7b	297,8c	263,8a					
Zawartość popiołu surowego, g·kg ⁻¹ s.m. Crude ash content, g·kg ⁻¹ DM	95,9a	102,6b	99,8b	101,5b	99,2ab	97,4a	95,8a	93,4a	109,3b					
Zawartość cukrów, g·kg ⁻¹ s.m. Content of water soluble sugars, g·kg ⁻¹ DM	91,8b	77,8b	86,3ab	83,3ab	79,3a	93,3b	98,7b	82,1a	73,3a					
NDF, g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	514,2b	493,1a	497,7a	517,3b	495,5a	491,1a	504,4b	529,5c	471,8a					
ADF, g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	345,7	342,3	343,6	358,3b	338,5a	339,0a	338,3a	359,5b	335,0a					
ADL, g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	43,7	42,7	43,0	47,5c	42,2b	39,4a	39,4a	47,6c	42,9b					
Pobranie suchej masy, % masy ciała Dry matter intake, % of body weight	2,35a	2,45b	2,44b	2,34a	2,45b	2,47b	2,40b	2,28a	2,57c					
Strawność suchej masy, % Dry matter digestibility, %	61,97	62,24	62,14	60,99a	62,53b	62,89b	62,55b	60,89a	62,81b					
Względna wartość pokarmowa RFI Relative feed value RFI	113,5a	118,7b	117,9b	110,9a	118,9b	120,6b	116,6b	107,6a	125,6c					

Objaśnienia: ADF – kwaśne włókno detergentowe (celuloza i lignina); NDF – neutralne włókno detergentowe (hemiceluloza + celuloza + lignina); ADL – lignina; pozostałe, jak pod tabelą 1.

Explanations: ADF – acid detergent fibre (cellulose and lignin); NDF – neutral detergent fiber (hemicellulose + cellulose + lignin); ADL – lignin; other as in Tab. 1.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

tości neutralnej (NDF) i kwaśnej frakcji włókna (ADF) w kiszzonek, były istotnie większe w przypadku kiszzonek wyprodukowanych z dodatkiem obu stymulatorów bakteryjnych niż w kiszonce sporządzonej bez dodatków (tab. 2).

Porównując wartość pokarmową kiszzonek z kolejnych lat, można stwierdzić, że ich teoretyczna wartość pokarmowa, wyrażona wskaźnikiem *RFV*, jak i pobranie suchej masy w kolejnych latach się zwiększały. Wynikało to z istotnie większej zawartości frakcji NDF włókna w kiszzonek wyprodukowanych w 2005 r. (tab. 2).

Różnice w zawartości składników pokarmowych i względna wartość pokarmowa kiszzonek zależały nie tylko od dodatku stymulatora biologicznego czy roku badań, ale również od pokosu, z którego zbierano runę łąkową, oraz od roku badań (tab. 2). Spośród kiszzonek sporządzonych z runi różnych pokosów generalnie największą względną wartością pokarmową oraz największym pobraniem suchej masy w przeliczeniu na % masy ciała charakteryzowały się kiszonce z runi III pokosu. Poza tym kiszonce z runi III pokosu charakteryzowały się istotnie większą zawartością białka ogólnego i popiołu surowego oraz mniejszą włókna surowego i kwaśnej frakcji włókna (NDF) w porównaniu z kiszoncek sporządzanymi z runi I i II pokosu.

POBRANIE PASZY I PRZYROSTY MASY CIAŁA ZWIERZĄT

W wyniku przeprowadzonych testów żywieniowych na jałówkach nie stwierdzono wpływu zastosowanych stymulatorów biologicznych na rzeczywiste pobranie paszy oraz na dzienne przyrosty masy ciała zwierząt, mimo że obliczone teoretycznie pobranie suchej masy było większe w przypadku kiszzonek wyprodukowanych z dodatkiem obu stymulatorów fermentacji. Jałówki, oprócz stałej dawki paszy treściwej (śruty zbożowej), dziennie pobierały średnio od 13,2 (grupa 0) do 14,1 kg kiszoncek (grupa ME), co w przeliczeniu na suchą masę wynosiło ponad 6 kg paszy (tab. 3). Również mimo zwiększonej koncentracji kwasu octowego w kiszoncek sporządzonych z dodatkiem inokulantów, szczególnie w kiszonce M, gdzie zawartość tego kwasu była największa, nie stwierdzono istotnego zmniejszenia pobrania paszy przez zwierzęta.

Nie stwierdzono również statystycznie istotnych różnic w przyrostach zwierząt. Zaobserwowano jednak tendencję do większych przyrostów w obu grupach zwierząt opasanych kiszoncek z dodatkami biologicznymi, co wskazuje na większą wartość pokarmową tych pasz. Stwierdzono natomiast istotne różnice w wynikach testów żywieniowych między kiszoncek z kolejnych lat badań. W trakcie trzyletniego okresu badań średnio największe przyrosty zwierząt, mimo najmniejszej początkowej masy ciała, uzyskano w przypadku jałówek w 2006 r. Były one istotnie większe od przyrostów zanotowanych zarówno w 2005, jak i 2007 r. (tab. 3). Kiszoncek wyprodukowane w 2006 r. były najgorsze pod względem jakości (średnio zaledwie 68 punktów w skali Fliega-Zimmera), ale równocześnie zawierały istotnie

Tabela 3. Wyniki testów żywieniowych w zależności od zastosowanego dodatku i roku badań**Table 3.** Results of feeding experiments in relation to the additive used and the year of study

Badany parametr Examined parameter	Wartość w zależności od Value in relation to					
	dodatku additive			roku year		
	0	M	ME	2005	2006	2007
Masa początkowa Initial weight, kg	206,5	206,6	205,7	210,4	198,0	210,5
Masa końcowa Final weight, kg	274,5	278,8	282,4	277,2	280,2	278,5
Przyrost dobowy Daily body gain, kg	0,753	0,840	0,814	0,734a	0,898b	0,781a
Pobranie świeżej kiszonki, kg·doba ⁻¹ Intake of fresh silage, kg·day ⁻¹	13,20	13,90	14,10	13,38	13,42	14,40
Pobranie suchej masy, kg·doba ⁻¹ DM intake, kg·day ⁻¹	6,10	6,08	6,03	5,94	6,37	5,90

Objaśnienia, jak pod tabelą 1. Explanations as in Tab. 1.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

więcej białka ogólnego niż kiszonki z pozostałych dwóch lat badań, co mogło mieć korzystny wpływ na większe przyrosty masy ciała zwierząt.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Badane preparaty bakteryjne zawierały kultury starterowe homofermentatywnych bakterii kwasu mlekowego, które uzupełniono szczepami heterofermentatywnymi *Lactobacillus brevis* (preparat ME) i *Lactobacillus buchneri* (preparat M i ME). Obecność homofermentatywnych szczepów bakterii kwasu mlekowego spowodowała ukierunkowanie procesu fermentacji mlekowej w zakiszonym materiale roślinnym. Wyrażało się to istotnie mniejszymi wartościami pH oraz większą koncentracją kwasu mlekowego, a mniejszą kwasu masłowego i w konsekwencji poprawą jakości obu kiszonek. Równocześnie kiszonki z dodatkiem badanych inokulantów zawierały więcej kwasu octowego. Uzyskano to dzięki obecności bakterii *Lactobacillus buchneri*, szczepu zdolnego do beztlenowego rozkładu kwasu mlekowego do kwasu octowego i 1,2-propanodiolu [OUDE ELFERINK i in. 2001]. Związki te hamują rozwój drożdży i pleśni [DANNER i in. 2003], dlatego też kiszonki sporządzone z dodatkiem obu inokulantów bakteryjnych charakteryzowały się również istotnie mniejszą liczebnością drożdży i pleśni oraz większą liczebnością bakterii kwasu mlekowego niż kiszonki kontrolne.

Spośród obu zastosowanych dodatków większą efektywnością pod względem oddziaływania na proces zakiszania i jakość kiszonek charakteryzował się preparat mikrobiologiczno-enzymatyczny. Większą efektywność tego typu preparatów należy tłumaczyć obecnością odpowiednich enzymów, które wspomagają aktywność bakterii kwasu mlekowego poprzez zwiększenie ilości cukrów rozpuszczalnych, będących substratem do produkcji kwasu mlekowego. Synergistyczne działanie

wybranych szczepów bakterii i enzymów w czasie procesu kiszenia powoduje naruszenie ścian komórkowych roślin, częściowy rozkład węglowodanów nieskrobiowych i skrobi, co poprawia również wartość pokarmową niektórych składników pasz [LARA i in. 2012; MIECZNIKOWSKI i in. 2000].

Psucie się kiszonek na skutek dostępu tlenu po wyjęciu z silosu lub beli, czego objawem jest między innymi zagrzewanie się, jest procesem szkodliwym i mającym zdecydowanie niekorzystny wpływ na stan higieniczny kiszonek, a tym samym na ich przydatność do skarmiania [SZYSZKOWSKA i in. 2010]. Mikroorganizmami, mającymi decydujący wpływ na intensywność tych procesów, są drożdże i w miarę zwiększania się ich liczebności stabilność kiszonek ulega pogorszeniu [MIKOŁAJCZAK, PODKÓWKA 1986]. Ważnym czynnikiem, wpływającym na poprawę tlenowej trwałości kiszonek, jest duża koncentracja kwasu octowego [MAYRHUBER i in. 1999]. Znalazło to potwierdzenie w przeprowadzonych badaniach. Kiszonki sporządzone z dodatkiem inokulantów bakteryjnych zawierały istotnie więcej kwasu octowego niż kiszonki kontrolne, jednakże różnice w stabilności nie zostały udowodnione statystycznie. Podobnie WYSS i in. [2012], w wyniku zastosowania inokulantu bakteryjnego, w większości przypadków nie uzyskali poprawy stabilności tlenowej kiszonki zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i produkcyjnych. Istotną poprawę stabilności tlenowej uzyskali DORSZEWSKI [2009], który również oceniał efektywność preparatu M, oraz ZIELIŃSKA i in. [2006], którzy badali jakość kiszonek sporządzonych z dodatkiem ME.

Podsumowując wyniki nad wpływem zastosowanych stymulatorów fermentacji, można stwierdzić, że zastosowane preparaty miały również pozytywny wpływ na kształtowanie się zawartości poszczególnych składników pokarmowych oraz wartość pokarmową kiszonek. Większą zawartość białka ogólnego oraz mniejszą zawartość włókna surowego w kiszonkach z dodatkami mikrobiologicznymi i mikrobiologiczno-enzymatycznymi stwierdzono również w innych doświadczeniach [BODARSKI, KRZYWIECKI 1998; DORSZEWSKI 2009; ZIELIŃSKA i in. 2006]. Mniejsza zawartość cukrów prostych w kiszonkach sporządzonych zarówno z dodatkiem mikrobiologicznym, jak i mikrobiologiczno-enzymatycznym, obserwowana również przez DORSZEWSKIEGO [2009], świadczy o lepszym wykorzystaniu łatwo dostępnych węglowodanów przez bakterie kwasu mlekowego, zawarte w tych preparatach.

Istotnym elementem oceny wartości pokarmowej kiszonek jest ich pobranie przez zwierzęta. Wyniki badań uzyskane przez innych autorów sugerują, że pobranie kiszonek zależy od wielu składników, często ze sobą skorelowanych. Głównymi czynnikami wpływającymi na pobranie kiszonek z traw jest jednak sumaryczna zawartość kwasów oraz zawartość kwasu octowego [PURWIN 2007]. W badaniach własnych, mimo dość dużej zawartości kwasu octowego w kiszonkach sporządzonych z dodatkiem obu stymulatorów fermentacji, nie stwierdzono istotnych różnic w pobraniu testowanych kiszonek. Potwierdzono więc wyniki wcześniejszych badań [WRÓBEL 2008; WRÓBEL, ZASTAWNY 2004], w których jałówki pobierały

dziennie podobną ilość suchej masy w kiszonkach z runi łąkowej z dodatkami mikrobiologicznymi, jak w kiszonkach bez dodatków. Istnieją również doniesienia o dodatnim wpływie stosowania stymulatorów na pobranie suchej masy przez zwierzęta [DORSZEWSKI 2009; PURWIN 2007]. Jak podają WEINBERG i MUCK [1996], dodatni wpływ stymulatorów fermentacji na pobranie kiszonek został statystycznie udowodniony zaledwie w 25% doświadczeń, prowadzonych na owcach i bydło.

Podobnie jak w poprzednich badaniach dotyczących żywienia jałówek kiszonkami sporządzonymi z dodatkiem inokulantów bakteryjnych [WRÓBEL 2008; WRÓBEL, ZASTAWNY 2004], nie stwierdzono istotnych różnic w przyrostach zwierząt, którym podawano testowane kiszonki. Uzyskane wyniki wskazują jednak na zasadność skarmiania zwierzętami kiszonek z dodatkiem stymulatorów fermentacji.

Jak wynika z przeprowadzonej analizy statystycznej, oprócz zastosowania dodatku bakteryjnego, czynnikami istotnie modyfikującymi jakość i stabilność tlenową kiszonek były zarówno pokos, z którego pochodziła run łąkowa przeznaczona do zakiszania, jak i rok badań. Jakość surowca kisonkarskiego w kolejnych latach badań i w pokosach była podobna, o czym świadczy zbliżona zawartość suchej masy w kiszonkach (brak istotnych różnic). Zakres parametrów jakościowych w ocenianych paszach zarówno w kolejnych latach, jak i pokosach różnił się istotnie. Było to prawdopodobnie wynikiem wpływu innych czynników, między innymi zmienności warunków pogodowych czy sezonowej zmienności składu epifitycznej flory bakteryjnej oraz czynników trudnych do uchwycenia w warunkach doświadczeń produkcyjnych.

WNIOSKI

1. Dodatek stymulatorów fermentacji, zawierających homo- i herefermentatywne szczepy bakterii kwasu mlekowego, do zakiszanej runi łąkowej w technologii dużych bel ukierunkował proces fermentacji, co wyrażało się istotnie mniejszymi wartościami pH oraz większą koncentracją kwasu mlekowego i jednocześnie mniejszą kwasu masłowego.

2. Spośród obu zastosowanych dodatków większą efektywnością pod względem oddziaływania na proces zakiszania i jakość kiszonek charakteryzował się preparat mikrobiologiczno-enzymatyczny, zawierający bakterie kwasu mlekowego i enzymy paszowe.

3. Zastosowane preparaty wywarły również pozytywny wpływ na kształtowanie się zawartości poszczególnych składników pokarmowych oraz wartość pokarmową kiszonek.

4. Nie stwierdzono istotnej poprawy stabilności tlenowej kiszonek oraz wpływu na pobranie kiszonek i przyrosty zwierząt żywionych dawkami z udziałem testowanych kiszonek.

LITERATURA

- BODARSKI R., KRZYWIECKI S. 1998. Wartość pokarmowa kiszzonek z życicy wielokwiatowej z koniżyną łąkową sporządzonych z dodatkami mikrobiologicznymi. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 462 s. 315–324.
- Boehringer Mannheim. Acetic acid UV-method for the determination of acetic acid in foodstuffs and other materials [online]. [Dostęp 15.10.2012]. Dostępny w Internecie: http://www.hottay.ru/Files/acetic_acid_englisch_10148261035.pdf
- Boehringer Mannheim. D-3-Hydroxybutyric acid Colorimetric method for the determination of D-3-hydroxybutyric acid in foodstuffs and other materials [online]. [Dostęp 15.10.2012]. Dostępny w Internecie: http://www.hottay.ru/Files/hydroxybutyric_acid_d_3_englisch_10907979035.pdf
- Boehringer Mannheim. D-Lactic acid/L-Lactic acid UV-method for the determination of D- and L-lactic acid in foodstuffs and other materials [online]. [Dostęp 15.10.2012]. Dostępny w Internecie: http://www.hottay.ru/Files/lactic_acid_d_l_englisch_11112821035.pdf
- CUSSEN R.F., MERRY R.J., WILLIAMS A.P., TWEED J.K.S. 1995. The effect of additives on the ensilage of forage of different perennial ryegrass and white clover content. Grass and Forage Science. Vol. 50. No. 3 s. 249–258.
- DACZEWSKA M. 1976. Jakość i strawność in vitro kiszzonek z traw świeżych i podsuszonych w zależności od poziomu nawożenia azotem. Roczniki Naukowe Zootechniki. T. 3. Z. 2 s. 143–150.
- DANNER H., HOLZER M., MAYRHUBER E., BRAUN R. 2003. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. Applied and Environmental Microbiology. Vol. 69. No. 1 s. 562–567.
- DAVIES D.R. 2010. Silage inoculants – where next? Conference Proceedings 14th International Symposium Forage Conservation. Brno, Czech Republic, March 17–19. Brno. Mendel University 2010. s. 32–39.
- DAVIES D.R., MERRY R.J., WILLIAMS A.P., BAKEWELL E.L., LEEMANS D.K., TWEED J.K.S. 1998. Proteolysis during ensilage of forages varying in soluble sugar content. Journal of Dairy Science. Vol. 81. No. 2 s. 444–453.
- DAVIES Z.S., GILBERT R.J., MERRY R.J., KELL D.B., THEODOROU M.K., GRIFFITH G.W. 2000. Efficient improvement of silage additives by using genetic algorithms. Applied Environmental Microbiology. Vol. 66. No. 4 s. 1435–1443.
- DORSZEWSKI P.A. 2009. Efektywność stosowania dodatków kiszonkarskich w konserwacji zielonek z mieszanki motylkowato-trawiastej oraz z całych roślin kukurydzy. Rozprawy. Nr 136. Bydgoszcz. UT-P. ISSN 0209-0597 ss. 125.
- DRIEHUIS F., OUDE ELFERINK S.J.W.H., VAN WIKSELAAR P.G. 2001. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. Grass and Forage Science. Vol. 56. No. 4 s. 330–343.
- HAIGH P.M. 1995. A note of relationship between oven and toluene determination dry matter concentration in big-bale grass silage. Irish Journal of Agricultural and Food Research. Vol. 34. No. 2 s. 189–191.
- HONIG H. 1990. Evaluation of aerobic stability. Proceedings of the EUROBAC Conference. Uppsala, 12–16 August 1986. Grovfoder, Grass and Forage Reports. Special Issue. No. 3 s. 76–82.
- JALČ D., LAUKOVÁ A., SIMONOVÁ M., VÁRADYOVÁ Z., HOMOLKA P. 2009. The use of bacterial inoculants for grass silage: their effects on nutrient composition and fermentation parameter in grass silage. Czech Journal of Animal Science. Vol. 54. No. 2 s. 84–91.
- LARA E.C., BASSO F.C., RABELO C.H.S., SOUZA F.A., GODOY H.P., GONCAVES G.S., REIS R.A. 2012. Fermentation losses and dry matter recovery of corn silage inoculated with *Lactobacillus buchneri* and exogenous enzymes. Proceedings of the 16th International Silage Conference. Hämeenlinna, Finland, 2–4 July 2012. Helsinki. MTT Agrifood Research Finland University s. 366–367.

- LINN J.G., MARTIN N.P. 1989. Forage quality test and interpretation. St. Paul. University of Minnesota Extension Service Publ. AG-FO-2637 s. 1–5.
- MAYRHUBER E., HOLZER M., DANNER H., MADZINGAIDZO L., BRAUN R. 1999. Comparison of homofermentative *Lactobacillus* strains as silage inoculums to improve aerobic stability. Conference Proceedings of the 12th International Silage Conference. 5–7 July 1999. Uppsala, Sweden. Uppsala. Swedish University of Agricultural Sciences s. 276–277.
- MIECZNIKOWSKI A., ZIELIŃSKA K., SUTERSKA A. 2000. Poprawa jakości kiszonek z traw i roślin motylkowatych poprzez zastosowanie biopreparatu Lactacel-L. W: Nowoczesne metody produkcji pasz na użytkach zielonych i ocena ich wartości pokarmowej. Pr. zbior. Red. H. Jankowska-Huflejt, J. Zastawny. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 182–188.
- MIKOŁAJCZAK J., PODKÓWKA W. 1986. Czynniki wpływające na wtórną fermentację w kiszonce. Postępy Nauk Rolniczych. Nr 4 s. 95–109.
- OUDE ELFERINK S.J.W.H., KROONEMAN J., GOTTSCHAL J.C., SPOELSTRA S.F., FABER F., DRIEHUIS F. 2001. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. Applied and Environmental Microbiology. Vol. 67. No. 1 s. 125–132.
- PN-ISO 15214:2002. Bakterie kwaszące typu mlekowego – oznaczanie liczby (A). Warszawa. PKN. ISBN 83-236-8331-X ss. 12.
- PN-ISO 7954:1999. Mikrobiologia – Ogólne zasady oznaczania drożdży i pleśni – Metoda płytkowa w 25°C. Warszawa. PKN. ISBN 83-236-3697-4 ss. 7.
- PN-R-64791:1994. Pasze. Wymagania i badania mikrobiologiczne. Warszawa. PKN. ISBN 83-7001-838-6 ss. 17.
- PURWIN C. 2007. Jakość kiszonek z traw i mieszanek traw z roślinami motylkowatymi produkowanych prasami zwijającymi. Rozprawy i monografie. Nr 127. Olsztyn. Wydaw. UWM. ISSN 1509-3018 ss. 125.
- StatSoft 2002. Statistica – Opis sytemu. Kraków. Wydaw. StatSoft Polska Sp. z o.o. ISBN 83-88724-11-8 ss. 1002.
- SZYSZKOWSKA A., KRZYWIECKI S., SOBCZYK I. 2010. Czynniki wpływające na intensywność procesu wtórnej fermentacji w kiszonce oraz wpływ skarmiania niestabilnych tlenowo kiszonek na ryzyko wystąpienia jednostek chorobowych u krów mlecznych. Zeszyty Naukowe UP Wrocław. Biologia i Hodowla Zwierząt. Vol. 60. Nr 577 s. 205–216.
- WEINBERG Z.G., ASHBELL G., HEN Y., AZRIELI A. 1993. The effect of applying lactic acid bacteria at ensiling on the aerobic stability of silage. Journal of Applied Bacteriology. Vol. 75. No. 6 s. 512–518.
- WEINBERG Z.G., MUCK R.E. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiology Reviews. Vol. 19. No. 1 s. 53–68.
- WINTERS A.L., FYCHAN R., JONES R. 2001. Effect of formic acid and a bacterial inoculant on the amino acid composition of grass silage and on animal performance. Grass and Forage Science. Vol. 56. No. 2 s. 181–192.
- WRÓBEL B. 2008. Quality and aerobic stability of big bale silage treated with bacterial inoculants containing *Lactobacillus buchneri*. Grassland Science in Europe. Vol. 13 s. 651–653.
- WRÓBEL B., ZASTAWNY J. 2004. The nutritive value and aerobic stability of big bale silage treated with bacterial inoculants. Grassland Science in Europe. Vol. 9 s. 978–980.
- WYSS U., THAYSEN J., PAULY T., RUBENSCHUH U. 2012. Testing inoculant and chemical additives in round bales in comparison to laboratory silos. Proceedings of the 16th International Silage Conference. Hämeenlinna, Finland, 2–4 July 2012. Helsinki. MTT Agrifood Research Finland University s. 294–295.
- ZIELIŃSKA K.J., STECKA K.M., SUTERSKA A.M., MIECZNIKOWSKI A.H. 2006. Ekologiczna metoda kiszenia pasz objętościowych. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. Vol. 51. No. 2 s. 219–223.

Barbara WRÓBEL

**THE QUALITY OF GRASS SILAGE
MADE WITH THE ADDITION OF BIOLOGICAL STIMULANTS OF FERMENTATION**

Key words: *aerobic stability, bacterial inoculants, fermentation, grass silage, nutritive value, quality*

S u m m a r y

An experiment was carried out to examine silage fermentation, aerobic stability and nutritive value of grass silage, which was ensiled in big bales either without (control) or with two bacterial silage additives containing homo- and heterofermentative lactic acid bacteria. Silages were analysed for dry matter, pH, chemical and microbiological composition and aerobic stability. Silage was also tested in feeding experiments on heifers. The addition of inoculants increased the lactic and acetic acid and decreased the butyric acid concentrations in silage. Among used additives higher efficiency in terms of impact on the ensilage process and improvement of silage quality was stated in case of microbiological-enzymatic additive. No significant improvement of aerobic stability was found. The additives had no effect on silage intake and mass gain of animals fed with tested silages.

Do cytowania For citation: Wróbel B. 2012. Jakość kiszzonek z runi łąkowej z dodatkiem biologicznych stymulatorów fermentacji. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 12. Z. 3 (39) s. 211–225.