

¹RAFAL BODARSKI, ¹TOMASZ WERTELECKI, ²TOMASZ KOWALIK

¹Katedra Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa – AR Wrocław
²Brenntag Polska, Sp. z o.o., Kędzierzyn Koźle

WPLYW CHEMICZNYCH DODATKÓW NA SKŁAD CHEMICZNY, JAKOŚĆ I TLENOWĄ TRWAŁOŚĆ KISZONKI Z CAŁYCH ROŚLIN KUKURYDZY

The effect of chemical additives on basic chemical composition, quality and aerobic stability
of whole crop maize silage

ABSTRAKT: Materiał badawczy stanowiły całe rośliny kukurydzy (Mona, FAO 250), które zakiszono na skalę laboratoryjną (3,5 dm³ mikrosilosy) bez dodatku (gr. kontrolna) oraz z dodatkiem preparatu chemicznego o charakterze zakwaszacza – Neubacid Sil-P Liquid i inhibitora tlenowego rozwoju mikroorganizmów – Neubacid Sil-C Liquid. Oba konserwanty stosowano osobno w ilości 0,3% w stosunku do zakiszanej masy. Dla każdego zabiegu wykonano trzy powtórzenia (trzy osobne kiszonki w każdej grupie). W kiszonkach określono wskaźniki jakości: zawartość kwasów – mlekowego, octowego i masłowego, azotu amoniakalnego, pH oraz oznaczono podstawowy skład chemiczny, poszerzony o frakcje NDF i ADF. Następnie wyliczono straty suchej masy i białka ogólnego w trakcie procesu zakiszania oraz oceniono stabilność tlenową uzyskanych kiszonek na podstawie 7-dniowego testu temperatury w warunkach natleniania. Dodatkowo po 7 dniach napowietrzania powtórnie oceniono jakość kiszonek, aby zweryfikować zarejestrowane w teście temperaturowym niekorzystne procesy tlenowego rozkładu materii organicznej.

Kukurydza zakiszona z udziałem obu dodatków chemicznych w porównaniu z kukurydzą z grupy kontrolnej zawierała mniej węglowodanów strukturalnych, a więcej związków bezazotowych wyciągowych. Straty suchej masy i białka w czasie kiszenia tych pasz były istotnie mniejsze niż przy sporządzaniu kiszonki w sposób konwencjonalny. Jakość porównywanych kiszonek była podobna, z wyjątkiem liczby amoniakalnej, niższej w kiszonkach z badanymi dodatkami. Kukurydza zakiszona z inhibitorem tlenowego rozwoju mikroorganizmów była wyraźnie mniej podatna na wtórną fermentację tlenową niż kiszonka z zakwaszaczem i bez dodatków.

słowa kluczowe: key words:

kiszonka z kukurydzy – maize silage, dodatki chemiczne – chemical additives, skład chemiczny – chemical composition, jakość – quality, stabilność tlenowa – aerobic stability

WSTĘP

Kiszonki stanowią podstawowe źródło składników pokarmowych w zimie, a także coraz częściej w całorocznych dawkach dla zwierząt przeżuwających. Wiodącą paszą takiego zestawu pokarmowego jest zazwyczaj kiszonka z całych roślin kuku-

rydzy. Warunkiem pełnego wykorzystania pokarmowej wartości tej rośliny jest skarmianie kiszonek o bardzo dobrej lub dobrej jakości. W osiągnięciu tego celu pomocne może być stosowanie różnego rodzaju dodatków, które poprawiają przebieg procesu kiszenia (3, 8, 10) oraz przeciwdziałają wtórnej fermentacji (zagrzewaniu się) w warunkach dostępu powietrza (4, 6). Kukurydza jest paszą wyjątkowo narażoną na proces mikrobiologicznego psucia się materii organicznej (11). Celem przeprowadzonych badań było określenie skuteczności stosowania dwóch nowych dodatków chemicznych – zakwaszacza i inhibitora wtórnej fermentacji tlenowej – przy kiszeniu całych roślin kukurydzy.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły całe rośliny kukurydzy (mieszaniec Mona, FAO 250) zbierane pod koniec sierpnia 2003 roku. Wyjątkowe warunki pogodowe związane z niską wilgotnością gleby i powietrza w czasie sezonu wegetacyjnego sprawiły, że kukurydzę w momencie zbioru charakteryzowała wysoka zawartość suchej masy – 49,02%.

Rozdrobnione w warunkach terenowych (sieczkarnia polowa) zielonki zakiszono na skalę laboratoryjną w 3,5-litrowych szklanych, gazoszczelnych słojach bez dodatku (grupa kontrolna – 0) oraz z dodatkiem preparatu chemicznego Neubacid-Sil P Liquid (I grupa doświadczalna – P) zawierającego jako podstawowe składniki kwas mrówkowy i mlekowy albo Neubacid-Sil C Liquid (II grupa doświadczalna – C), którego najważniejszymi komponentami były kwasy propionowy i mrówkowy. Oba konserwanty stosowano osobno w ilości 0,3%, zalecanej przez producenta – Brenntag Polska Sp. z o.o. Dla każdego zabiegu wykonano trzy powtórzenia (trzy osobne kiszonki w każdej grupie). W celu ujednoczenia warunków fermentacji poszczególnych roślin zakiszono tę samą ich masę netto. Po 14 tygodniach przechowywania w warunkach pokojowych (temp. 21–23°C) słoje otworzono, pobrano z nich próbki kiszonek do analizy wskaźników jakości: zawartości kwasów octowego, masłowego i mlekowego (met. Leppera), azotu amoniakalnego i pH oraz oznaczono podstawowy skład chemiczny (analiza weendeńska), poszerzony o frakcje NDF i ADF (wg van Soesta). Analizy wykonano wg standardowych metod (13). Straty suchej masy i białka ogólnego w trakcie procesu zakiszania oszacowano na podstawie różnic pomiędzy masą zielonek ubitych w słojach a ich masą po zakiszeniu oraz zawartością suchej masy i białka w zielonkach i w kiszonkach. Dodatkowo z każdego słoja pobrano kilogram kiszonki w celu przeprowadzenia testu stabilności temperaturowej w czasie jej napowietrzania. Wystawione na działanie powietrza próbki kiszonek inkubowano w izolowanym termicznie pomieszczeniu, w temperaturze 21°C przez okres 7 dni (168 godzin). W tym czasie za pomocą automatycznego, elektronicznego, wielokanałowego termometru LB-711 co godzinę wewnątrz próbek kiszonek była mierzona i rejestrowana temperatura. Zgodnie z przyjętymi standardami czas, po którym temperatura kiszonki wzrosła o 1°C ponad temperaturę otoczenia, uznano za okres jej stabilności.

Po 7 dniach napowietrzania powtórnie oceniono jakość kiszzonek, aby potwierdzić niekorzystny wpływ zarejestrowanych w teście temperaturowym procesów tlenowego rozkładu materii organicznej.

Całość uzyskanych wyników poddano opracowaniu statystycznemu za pomocą analizy wariancji jednoczynnikowej, weryfikując istotność różnic między średnimi z grup testem wielokrotnego rozstępu Duncana.

WYNIKI

Skład chemiczny uzyskanych kiszzonek z kukurydzy przedstawiono w tabeli 1. Kiszsonki sporządzone z udziałem obu dodatków w porównaniu z grupą kontrolną zawierały mniej włókna surowego, NDF i ADF, a więcej związków bezazotowych wyciągowych. Różnice te były wyraźniejsze i w całości potwierdzone statystycznie w przypadku preparatu Neubacid-Sil C Liquid.

Tabela 1

Skład chemiczny kiszzonek z kukurydzy (g·kg s.m.⁻¹)
Chemical composition of maize silages (g·kg DM⁻¹)

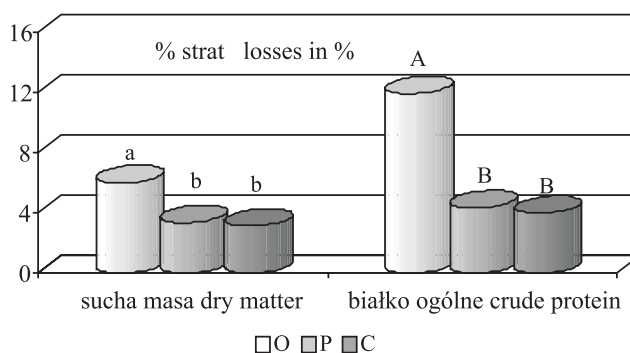
Wyszczególnienie Item	Kiszsonka z kukurydzy; Maize silage		
	0	P	C
Sucha masa; Dry matter (g·kg ⁻¹)	422,4	433,8	437,7
Popiół surowy; Crude ash	46,7	45,9	45,2
Białko ogólne; Crude protein	106,9	102,4	101,2
Tłuszcz surowy; Crude fat	25,4	28,7	31,5
Włókno surowe; Crude fibre	318,8 a	296,0 b	297,0 b
Zw. bez-N wyciągowe; N-free extract	502,1 a	527,0 b	525,0 b
ADF	359,4 a	337,5 ab	314,9 b
NDF	684,3 a	656,8 ab	636,7 b

0 – bez dodatku; without additive P – Neubacid-Sil P Liquid C – Neubacid-Sil C Liquid

Wartości w rzędach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą statystycznie istotnie ($P \leq 0,05$); Values in rows with different letters are statistically ($P \leq 0,05$) different

Zastosowanie badanych preparatów korzystnie wpłynęło na wielkość strat suchej masy i białka (rys. 1). W czasie konserwacji z wykorzystaniem dodatków w porównaniu z grupą kontrolną straty suchej masy były mniejsze o 44–48% ($P \leq 0,05$), a białka o 64–67% ($P \leq 0,01$).

W badaniach nie zanotowano wyraźnego wpływu dodatków kiszonkarskich na główne parametry jakości kiszzonek, poza liczbą amoniakalną, która była niższa w kiszsonkach uzyskanych po zastosowaniu preparatów (tab. 2). W rezultacie, pomimo że kiszsonki z grupy kontrolnej ocenione zostały przeciętnie jako dobre, a z grup doświadczalnych – jako bardzo dobre, różnice między nimi wynosiły zaledwie 4 punkty (tab. 2).



O – bez dodatku without additive; P – Neubacid-Sil P Liquid; C – Neubacid-Sil C Liquid

Wartości oznaczone różnymi literami A, B różnią się między sobą statystycznie istotnie ($P \leq 0,01$);
Values with different letters A, B are statistically ($P \leq 0,05$) different

Wartości oznaczone różnymi literami a, b różnią się między sobą statystycznie istotnie ($P \leq 0,05$)
Values with different letters a, b are statistically ($P \leq 0,05$) different

Rys. 1. Straty suchej masy i białka ogólnego w czasie zakiszania kukurydzy
Dry matter and crude protein losses during ensiling of maize

Tabela 2

Jakość kiszonek z kukurydzy
Quality of maize silages

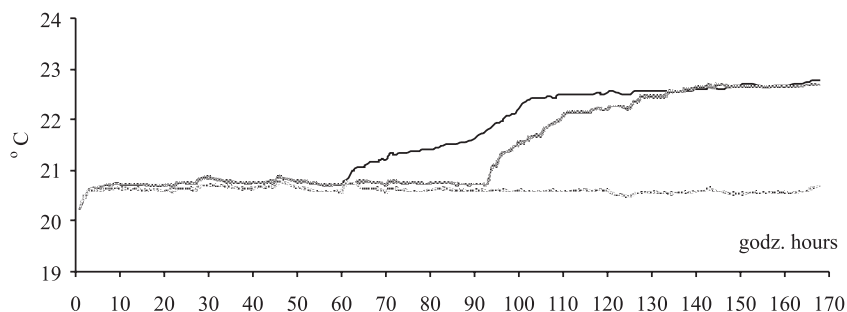
Wyszczególnienie Item	Kiszonka z kukurydzy Maize silage		
	0	P	C
Kwas octowy (g·kg s.m. ⁻¹) Acetic acid (g·kg DM ⁻¹)	51,99	47,54	48,09
Kwas masłowy (g·kg s.m. ⁻¹) Butyric acid (g·kg DM ⁻¹)	0	0	0
Kwas mlekowy (g·kg s.m. ⁻¹) Lactic acid (g·kg DM ⁻¹)	92,42	93,54	100,34
Punkty Fliega-Zimmera Score on Fliega-Zimmer scale	77	81	81
Jakość Quality	dobra good	bardzo dobra very good	bardzo dobra very good
pH	4,01	4,00	3,98
N-NH ₃ %N _{ogólnego} N-NH ₃ %N _{total}	11,40 Aa	9,50 ABb	7,57 Bc

0 – bez dodatku without additive; P – Neubacid-Sil P Liquid; C – Neubacid-Sil C Liquid

Wartości w rzędach oznaczone różnymi literami A, B różnią się między sobą statystycznie istotnie ($P \leq 0,01$)
Values in rows with different letters A, B are statistically ($P \leq 0,01$) different,

Wartości w rzędach oznaczone różnymi literami a, b – różnią się między sobą statystycznie istotnie ($P \leq 0,05$)
Values in rows with different letters a, b are statistically ($P \leq 0,05$) different

Stabilność tlenowa ocenianych kiszonek była zróżnicowana (rys. 2). W kukurydzy bez dodatku temperatura wzrosła o 1°C po 97 godzinach napowietrzania, w kiszoncek z dodatkiem Neubacid-Silu P Liquid – po 110 godzinach, natomiast w grupie z Neubacid-Silem C Liquid – takiego wzrostu nie odnotowano przez cały okres do-



— bez dodatku without additive Neubacid-Sil P Liquid Neubacid-Sil C Liquid

Rys. 2. Temperatura kiszonek z kukurydzy w czasie 7 dni napowietrzania
(temperatura otoczenia = 21°C)

Temperature of maize silage during 7 days of aeration (temperature of environment = 21°C)

Tabela 3

Jakość kiszonek z kukurydzy po 7-dniowym napowietrzaniu
Quality of maize silages after 7-days aeration

Wyszczególnienie Item	Kiszonka z kukurydzy Maize silage		
	0	P	C
Kwas octowy (g·kg s.m. ⁻¹) Acetic acid (g·kg DM ⁻¹)	56,46 A	57,65 A	38,15 B
Kwas masłowy (g·kg s.m. ⁻¹) Butyric acid (g·kg DM ⁻¹)	0	0	0
Kwas mlekowy (g·kg s.m. ⁻¹) Lactic acid (g·kg DM ⁻¹)	8,66 A	13,87 A	77,10 B
Punkty Fliega-Zimmera Score of Flieg-Zimmer scale	50 A	50 A	81 B
Jakość Quality	zadowalająca satisfactory	zadowalająca satisfactory	bardzo dobra very good
pH	4,81 A	4,79 A	4,02 B
N-NH ₃ %N _{ogólnego} N-NH ₃ %N _{total}	18,42 A	17,13 A	9,60 B

0 – bez dodatku; without additive; P – Neubacid-Sil P Liquid; C – Neubacid-Sil C Liquid

Wartości w rzędach oznaczone różnymi literami A, B – różnią się między sobą statystycznie istotnie (P≤0,01)

Values in rows followed by different letters A, B are statistically (P≤0,01) different

świadczenia, to jest przez 168 godzin aeracji. Wyniki te w pełni potwierdzone zostały analizą jakości kiszonek po okresie napowietrzania (tab. 3): kukurydza bez dodatku i z dodatkiem Neubacid-Silu P Liquid uległa wyraźnemu zepsuciu – ilość kwasu octowego, liczba amoniakalna i pH wzrosły, a koncentracja kwasu mlekowego się obniżyła. W rezultacie kiszonki z obu grup po napowietrzaniu ocenione zostały jako zaledwie zadowolające (50 punktów). Zupełnie odmiennie kształtowały się wskaźniki jakości po napowietrzaniu kiszonki z dodatkiem Neubacid-Sil C Liquid, które w niewielkim tylko stopniu uległy zmianie. Jakość tej kiszonki oceniono nadal na 81 punktów, tj. jako bardzo dobrą (tab. 3). Na podstawie wyników testu stabilności tlenowej i oceny jakości kiszonek po siedmiodniowym napowietrzaniu można zatem stwierdzić, że kiszonka z kukurydzy z dodatkiem Neubacid-Silu C Liquid była stabilna w warunkach dostępu powietrza, natomiast kiszonki z preparatem Neubacid-Sil P-Liquid i bez żadnego dodatku (gr. kontrolna) były paszami podatnymi na proces wtórnej fermentacji tlenowej.

DYSKUSJA

Skład chemiczny uzyskanych kiszonek był nieco odmienny od wartości podawanych w tabelach składu i wartości pokarmowej pasz dla przeżuwaczy (14) dla kiszonek z kukurydzy o wysokiej koncentracji suchej masy. Kukurydza zawierała relatywnie wysoką ilość białka ogólnego (pow. $100 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) oraz włókna surowego (ok. $300 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), a także jego frakcji NDF ($640\text{--}680 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) i ADF ($315\text{--}360 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), czemu towarzyszyła niska koncentracja związków bezazotowych wyciągowych. Można przypuszczać, że na skutek suszy występującej w czasie wegetacji udział kolb w zakiszanej masie mógł być niższy od wartości charakterystycznych dla normalnych warunków, co spowodowało obniżenie koncentracji skrobi (głównego składnika zw. bezazotowych wyciągowych). Potwierdza to tezę Adamczyka (1), że o wielkości i jakości plonu kukurydzy w dużym stopniu (w 30%) decyduje przebieg pogody, a zawartość suchej masy nie powinna stanowić jedynego kryterium praktycznej oceny wartości pokarmowej kiszonki z całych roślin kukurydzy.

Obserwowane w badaniach korzystne działanie dodatków kiszonkarskich w postaci obniżenia poziomu frakcji związków strukturalnych a zwiększenia ilości zw. bezazotowych wyciągowych (podstawowego źródła łatwo dostępnej energii) mogło być spowodowane skróceniem czasu zakiszania kukurydzy z udziałem tych konserwantów, a więc szybszym spadkiem pH i wcześniejszym osiągnięciem przez kiszonki fazy stabilnej. Zdaniem Kunga (7) skrócenie okresu potrzebnego na zakonserwowanie zielonek jest jednym z ważniejszych celów stosowania dodatków kiszonkarskich. W aspekcie praktycznym krótszy czas zakiszania oznaczał, iż mniej cukrów prostych i skrobi uległo rozkładowi i przefermentowaniu w tych paszach, a ilość włókna i jego frakcji pozornie (w odniesieniu do innych składników) zmalała. Tezę tę potwierdzają także wyniki dotyczące strat suchej masy i białka zanotowane w czasie konserwacji

kukurydzy. Oba preparaty zmniejszyły te straty, szczególnie w przypadku związków azotowych (białka ogólnego). Potwierdzone to było wyraźnym ograniczeniem rozkładu białka do formy amoniakalnej w czasie kiszenia i niższym udziałem azotu amoniakalnego ($N-NH_3$) w puli azotu ogólnego uzyskanych kiszzonek (tab. 2). Analogiczne obniżenie wartości liczby amoniakalnej po wykorzystaniu dodatków chemicznych do kiszenia kukurydzy obserwowano w badaniach Korniewicza i in. (5).

Poprawę stabilności tlenowej kiszzonek z kukurydzy po zastosowaniu kwasów organicznych i ich soli notowali w swoich badaniach Pflaum i in. (9) oraz Kung i in. (6). Szczególne znaczenie w ochronie kiszzonek przed wtórną fermentacją tlenową przypisuje się kwasowi propionowemu (2). Znalazło to potwierdzenie w wynikach omawianych badań: skutecznym inhibitorem tlenowego rozkładu masy organicznej kiszzonek z kukurydzy był tylko preparat Neubacid-Sil C Liquid, zawierający kwas propionowy. Natomiast Neubacid-Sil C Liquid, którego jednym z głównych składników jest kwas mlekowy – związek uznawany za zły konserwant w warunkach tlenowych, w których ulega szybkiemu rozłożeniu przez drożdże, inicjujące proces wtórnego psucia (12) – nie poprawił znacząco stabilności tlenowej kiszzonek z kukurydzy.

WNIOSKI

1. Preparat Neubacid-Sil P Liquid może być zalecany przy konserwacji całych roślin kukurydzy jako dodatek polepszający skład chemiczny kiszzonek oraz zmniejszający straty suchej masy i białka w czasie konserwacji. Dodatek ten natomiast nie wykazuje zdolności polepszania stabilności kiszzonek z kukurydzy wystawionych na działanie powietrza.

2. Stosowanie preparatu chemicznego Neubacid-Sil C Liquid jest zasadne przy kiszeniu kukurydzy, gdyż polepsza skład chemiczny pasz, zmniejsza straty suchej masy i białka ogólnego w czasie procesu kiszenia oraz wyraźnie zwiększa stabilność tlenową kiszzonek.

LITERATURA

1. Adameczyk J.: Znaczenie doboru odmian w uprawie kukurydzy na ziarno i kiszonkę. *Biul. Inf. Inst. Zoot.*, 2001, 39(1): 29-35.
2. Bolsen, K.K., Bonilla D.R., Huck G.L., Young M.A., Hart-Thakur R.A., Joyeaux A.: Effect of a propionic acid bacterial inoculant on fermentation and aerobic stability of whole plant corn silage. *J. Anim. Sci.*, 1996, 74 (Suppl. 1), 274.
3. Cleale R.M., Firkins J.L., Van der Beek F., Clark J.H., Jaster E.H., McCoy G.C., Klusmeyer T.H.: Effect of inoculation of whole plant corn forage with *Pedococcus acidilactici* and *Lactobacillus xylosus* on preservation of silage and heifer growth. *J. Dairy Sci.*, 1990, 73: 711-718.

4. Hertig W., Potkański A., Kujawiak R., Kostulak-Zielińska M., Michalak S.: Ocena wpływu konserwantów chemicznych na wartość pokarmową kiszonki z kukurydzy, stabilność i pobranie jej przez rosnące owce. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 2003, 30(2): 333-342.
5. Korniewicz A., Bodarski R., Kinal S., Szydłowska A.: Wpływ konserwantu chemicznego na jakość fermentacji i straty składników pokarmowych w procesie kiszenia kukurydzy w mikrosilosach. *Acta Sci. Pol., Zootechnica*, 2004, 3(1): 25-34.
6. Kung Jr. L., 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 Total Mixed Ration. *J. Dairy Sci.*, 1998, 81: 1322-1330.
7. Kung Jr. L.: Use of additives in silage fermentation. *Direct-fed Microbial, Enzyme and Forage Additive Compendium*, Miller Publishing Co., Minnetonka, MN, 1996, 37-42.
8. Mikołajczak J., Grabowicz M.: Aktualne zagadnienia stosowania dodatków do zakiszania pasz. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1998, 462: 285-296.
9. Pflaum J., Rutzmoser K., Gartner L., Büchele N.: The use of a chemical and biological additive to improve aerobic stability. *Proc. 9th Inter. Confer. Forage Conservation*, 6th–8th September, Nitra, Slovak Republic, 1999, 118-119.
10. Podkówka L., Čermak B., Podkówka Z.: Jakość i wartość pokarmowa kiszonki z kukurydzy sporządzonej z dodatkiem Feedtech Silage. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1998, 462: 341-347.
11. Woolford M.K.: A review. The detrimental effects of air on silage. *J. Appl. Bacteriol.*, 1990, 68: 101-116.
12. Yimin C., 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.*, 1999, 82: 520-526.
13. AOAC. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA, 1990.
14. DLG. *Futterwerttabellen. Wiederkäuer*. DLG Verlag, Frankfurt, 1997.

THE EFFECT OF CHEMICAL ADDITIVES ON BASIC CHEMICAL COMPOSITION, QUALITY AND AEROBIC STABILITY OF WHOLE CROP MAIZE SILAGE

Summary

Whole maize plants were ensiled on the laboratory scale in a small silo ($V=3.5 \text{ dm}^3$) without (control) or with addition of the chemical acidifying preparation – Neubacid Sil-P Liquid and with an inhibitor of aerobic spoilage – Neubacid Sil-C Liquid. Both preservatives were applied separately at 0.3% of ensiled matter. For every treatment three repetitions were established (three separate silages in each group). Silages were evaluated for the quality indices, such as lactic, acetic and butyric acid content, pH, N-NH_3 , as well as basic chemical composition including both NDF and ADF fraction. The losses of dry matter and crude protein during the ensiling process and the aerobic stability of obtained silages on the basis of 7-days long temperature-test in the condition of saturation with oxygen were evaluated. Additionally, in order to verify the unfavorable processes of the silage breakdown in oxygenic conditions that were observed in temperature-test, after 7 days of aeration the quality of silages was once more evaluated.

The whole maize plants ensiled with addition of both chemical preparations in comparison with the maize control group contained fewer structural carbohydrates but more the N-free extractive substances. The losses of dry matter and protein during the ensiling process were significantly lower than in the case of silage made in the conventional way. The quality of compared silages was similar except the ammonia level that was lower in silages where the examined additives were used. The maize ensiled with the inhibitor of the aerobic spoilage was clearly less susceptible to the secondary oxygenic fermentation than both remaining silages (with acidifier or without any additive).