

Wybrane czynniki decydujące o jakości kiszonek w belach cylindrycznych

Janusz Nowak¹, Petr Šařec²

¹ *Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Akademia Rolnicza
ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin*

² *Katedra Eksploatacji Maszyn, Czeski Uniwersytet Rolniczy w Pradze
Kamýcká 129, 16521 Praga 6-Suchdol*

Słowa kluczowe: jakość kiszonki, gęstość bel cylindrycznych, opóźnienie owijania

Wstęp

Wartość pokarmowa kiszonek zależy od rodzaju i cech fizycznych konserwowanego materiału oraz przebiegu procesów fermentacyjnych. Podstawowym warunkiem kiszenia jest zapewnienie beztlenowych warunków w składowanej paszy. Następuje wtedy dynamiczny rozwój bakterii fermentacji mlekowej, które z cukrów produkują głównie kwas mlekowy. Procesy te powodują obniżenie pH środowiska konserwowanej paszy, które wraz z bakteriobójczym działaniem niezdysocjowanej formy kwasu mlekowego ograniczają rozwój niepożądanych mikroorganizmów (np. *Clostridium*, enterobacterie) [3, 4, 32, 39]. Badania prowadzone nad zakiszaniem zielonek w formie bel cylindrycznych wykazały, że początkowy etap konserwowania przebiega przy znacznym udziale powietrza. Wynika to głównie z niskiego zagęszczenia bel cylindrycznych, które zależy między innymi od rodzaju i wilgotności zbieranej paszy, typu prasy zwijającej oraz stopnia rozdrobnienia paszy [1, 8, 9, 20, 22, 36]. Podkreśla się również, że przy tym sposobie konserwowania zielonek bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na wartość kiszonki jest sposób zabezpieczania paszy przed dostępem powietrza oraz czas pomiędzy uformowaniem beli a jej przygotowaniem do składowania [2, 7, 11, 15, 17, 19, 29].

W artykule dokonano analizy wpływu zagęszczenia paszy w beli oraz stopnia jej rozdrobnienia, a także sposobu i terminu zabezpieczania przed dostępem powietrza na jakość kiszonki.

Zagęszczenie paszy w beli oraz stopień jej rozdrobnienia

Otrzymanie kiszonki dobrej jakości zależy w dużym stopniu od zapewnienia warunków korzystnych dla prawidłowej fermentacji. Przemiany zachodzące w kiszzonej paszy można podzielić na dwie grupy. Do pierwszej z nich należą te, które przebiegają w początkowej fazie przy znacznym udziale powietrza. Zachodzi wtedy proces oddychania tlenowego, którego efektem jest zmniejszenie się zawartości cukrów i wzrost temperatury. W takich warunkach nie następuje dynamiczny rozwój bakterii fermentacji mlekowej, a zatem obniżenie się pH konserwowanej paszy jest znikome. Tlen zawarty w dobrze zagęszczonej paszy (silos wieżowy, pryzma, silos przejazdowy) i właściwie zabezpieczonej przed dostępem powietrza jest dość szybko wykorzystany w procesach oddychania (w czasie jednej godziny) [39]. Istnieją zatem korzystne warunki do uzyskania dobrej jakości kiszonek. Druga faza kiszzenia przebiega wtedy przy braku tlenu. Korzystne przemiany fermentacji decydują o obniżaniu się kwasowości konserwowanej paszy i hamowaniu rozwoju niepożądanych mikroorganizmów. Zbyt długa pierwsza faza konserwowania pasz, które nie zostały dostatecznie zagęszczone (a tym samym pozbawione nadmiaru powietrza), przyczynia się do otrzymania kiszonki złej jakości [10, 13, 14, 18, 38]. W wielu opracowaniach podkreśla się, że rozdrobnienie paszy przeznaczonej do kiszzenia w formie dużych bel cylindrycznych jest ważną przesłanką do poprawy fermentacji, a tym samym do uzyskania lepszej jakości produktu końcowego [15, 21, 23, 34, 37]. Rozdrobniony materiał wpływa na zwiększenie zagęszczenia bel i obniżenie zawartości powietrza „zamkniętego” w opakowaniu zabezpieczającym konserwowany materiał przed dostępem powietrza. Ułatwiony dostęp bakterii do zawartości soków komórkowych paszy umożliwia szybkie namnożenia się ich jeszcze w okresie poprzedzającym właściwy proces konserwacji [25, 27, 28, 31]. Zwiększona podaż soków komórkowych nie może jednak zapewnić odpowiedniego poziomu tworzenia się kwasu mlekowego, jeśli surowiec roślinny nie zawiera dostatecznej ilości węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie [18, 19, 26].

Z zależności przedstawionych w tabeli 1 wynika, że kiszonka otrzymana z materiału rozdrobnionego charakteryzuje się korzystniejszymi parametrami w zestawieniu z paszą pochodzącą z bel formowanych prasą zwijającą, w której noże znajdowały

Tabela 1. Wpływ rozdrobnienia i zawartości suchej masy w konserwowanej zielonce z kulkówki pospolitej na jakość kiszonki w belach cylindrycznych (po 120 dniach składowania) [1]

Wyszczególnienie	Zawartość suchej masy w kiszzonej paszy [%]			
	Bez rozdrobnienia		Z rozdrobnieniem	
	40	55	40	55
pH	4,58	5,18	4,22	4,42
Amoniak [% s.m.]	0,23	0,15	0,25	0,12
Kwas mlekowy [% s.m.]	3,90	1,02	5,40	3,02
Kwas octowy [% s.m.]	1,40	0,55	2,34	0,95
Kwas masłowy [% s.m.]	0,88	0,0	0,13	0,0

się w pozycji neutralnej (niższe pH, wyższa zawartość kwasu mlekowego i octowego, mniejsza zawartość kwasu masłowego) [1].

Wyniki badań prowadzonych przez Itokawa i in. [15] nie wykazały znacznego wpływu zagęszczenia bel cylindrycznych na pH i zawartość azotu amoniakalnego w kiszonkach otrzymanych z traw łąkowych. Stwierdzono natomiast, że bele o małym zagęszczeniu były w znacznym stopniu pokryte białą pleśnią i straty wynikające z materiału nienadającego się do skarmiania są znacznie wyższe w porównaniu z kiszonką pochodzącą z bel o dużym zagęszczeniu.

Badania prowadzone przez Randby [30] dotyczyły między innymi oceny typu zespołu podbierającego prasy zwijającej na zagęszczenie formowanych bel i jakość kiszonki. Materiałem przeznaczonym do kiszenia była zielonka z pierwszego pokosu traw łąkowych (60% kostrzewy łąkowej, 30% tymotki łąkowej, 7% koniczyny czerwonej i 3% chwastów), którą podsuszono do około 29% zawartości suchej masy. Do formowania bel stosowano dwa typy pras zwijających, których komorę roboczą stanowił zespół napędzanych rolek (Welger RP 12, Orkel GP 1202 firmy Gjønnes). Paszę w belach cylindrycznych zabezpieczano przed dostępem powietrza sześcioma warstwami folii rozciągliwej (koloru szarego), której grubość wynosiła 25 μm . Kiszonka otrzymana z bel formowanych prasą Orkel charakteryzowała się znacznie niższym pH (4,38) w zestawieniu z paszą znajdującą się w belach zwijanych maszyną firmy Welger, która nie była wyposażona w zespół rozdrabniający. Zaobserwowano natomiast znacznie wyższą zawartość kwasu mlekowego i octowego. Na szczególne podkreślenie zasługują wyniki badań związanych z oceną stopnia porażenia powierzchni bel przez drożdże i pleśnie. Pasza przechowywana w belach formowanych maszyną Orkel GP 1202 była w znacznie mniejszym stopniu porażona przez wymienione drobnoustroje. Znaczne różnice w opanowaniu powierzchni bel przez szkodliwe mikroorganizmy zaobserwowano podczas przechowywania paszy w pomieszczeniach o wysokiej temperaturze (około 20°C). Płaskie powierzchnie bel z paszy nierozdrobnionej, które przechowywano przez 11 miesięcy (od czerwca do maja), były w 82% opanowane przez pleśnie i grzyby. Wskaźnik ten dla bel formowanych maszyną firmy Gjønnes wynosił 22%. Podobne relacje odnoszą się do wskaźników określających stopień porażenia bocznych powierzchni bel. Straty suchej masy paszy, która nie nadaje się do skarmiania ze względu na znaczne opanowanie przez pleśnie i drożdże, stanowiły 6% w przypadku bel o mniejszym zagęszczeniu. Stwierdzenie to odnosi się do materiału przechowywanego przez 11 miesięcy, a temperatura w pomieszczeniu składowania wynosiła około 20°C. Przechowywanie bel o większym zagęszczeniu w podobnych warunkach było związane ze znacznie mniejszymi stratami paszy nienadającej się do skarmiania (tylko 0,8%).

Wyniki badań Wyssa i in. [40] wykazały, że kiszonka z trawy (zawartość suchej masy około 40%), otrzymana w belach formowanych prasami zmiennokomorowymi, charakteryzowała się nieznacznie korzystniejszymi parametrami w porównaniu z paszą w belach zwijanych prasami stałokomorowymi. Większe zagęszczenie mate-

riału w belach formowanych prasami zmiennokomorowymi (od 170 kg s.m. · m⁻³ do 195 kg s.m. · m⁻³) wpłynęło korzystnie na przebieg procesów fermentacyjnych w konserwowanej paszy. Otrzymana kiszonka zawierała mniej kwasu octowego i masłowego niż pasza w belach formowanych prasami stałokomorowymi, których zagęszczenie wynosiło około 150 kg s.m. · m⁻³. Warto jednak dodać, że straty suchej masy wynikające z kiszenia paszy o mniejszym zagęszczeniu były nieznacznie niższe w zestawieniu ze stratami dotyczącymi kiszenia paszy zbieranej prasami zmiennokomorowymi (po 3 miesiącach składowania — od końca maja do końca sierpnia).

Meeske, Basson i Stoltz [26] badali kiszenie podsuszanej zielonki z lucerny, którą zbierano prasą stałokomorową Welger RP 200 i maszyną zmiennokomorową New Holland 640. Materiał przeznaczony do konserwowania zabezpieczono przed dostępem powietrza czterema warstwami folii rozciągliwej. Po 120 dniach składowania bel na powietrzu oceniano jakość otrzymanej kiszonki. Rezultaty tego doświadczenia wykazały, że pasza otrzymana z bel (średnia masa 677 kg) formowanych maszyną zmiennokomorową cechowała się niższym pH, mniejszą zawartością azotu amoniakalnego, kwasu octowego i masłowego niż kiszonka w belach zwijanych prasą Welger RP 200, tabela 2. Masa bel o mniejszym zagęszczeniu wynosiła 593 kg, a kiszonka pochodząca z nich charakteryzowała się stosunkowo niskim udziałem kwasu mlekowego w ogólnej ilości podstawowych kwasów organicznych (około 36%). Pasza ta uzyskała zaledwie 26 punktów według skali Fliega-Zimmera. Kiszonka z bel o większym zagęszczeniu uzyskała 56 punktów. Na podkreślenie zasługują duże straty paszy nienadającej się do skarmiania. Wynosiły one ponad 16% dla kiszonki z bel formowanych prasą stałokomorową. Tego typu straty wynikające z kiszenia zielonki w belach o większym zagęszczeniu nie przekraczały 12%.

Tabela 2. Podstawowe parametry kiszonki z lucerny zbieranej prasami zwijającymi o różnej konstrukcji komory zwijania [26]

Wyszczególnienie	Typ prasy zwijającej	
	stałokomorowa	zmiennokomorowa
Sucha masa [%]	25,1	31,1
pH	5,12	4,99
Białko ogólne [% s.m.]	20,38	20,56
Strawność substancji organicznej in vitro [%]	62,9	65,5
Azot amoniakalny [% N ogóln.]	18,8	15,3
Węglowodany rozpuszczalne w wodzie [% s.m.]	1,03	1,32
Zawartość kwasów [% s.m.]		
— mlekowy	3,08	2,57
— octowy	5,06	3,58
— masłowy	0,29	0,04
Punktacja (Fliega-Zimmera)	26	56

Fychan i Jones [12] zajmowali się różnymi metodami kiszenia zielonki z pierwszego pokosu życicy cv. Augusta o małej zawartości suchej masy. Rezultaty tych badań wykazały znaczną przewagę jakości kiszonki otrzymanej z materiału zbieranego sieczkarnią dokładnego cięcia nad paszą pochodzącą z bel cylindrycznych (po 150-dniowym okresie składowania). Kiszonka z materiału o dużym rozdrobnieniu cechowała się niskim pH (3,93), a zawartość azotu amoniakalnego nie przekraczała 9% azotu ogólnego. Pasza ta nie zawierała kwasu masłowego. Kiszonka pochodząca z bel cylindrycznych (materiał nierozdrobniony) cechowała się wyższym pH niż pasza z zielonki zbieranej sieczkarnią dokładnego cięcia lub przyczepą zbierającą. Wysoka zawartość kwasu masłowego dotyczyła kiszonki w belach jak i tej, którą sporządzano z zastosowaniem przyczepy zbierającej (19,8% oraz 14,5% zawartości trzech podstawowych kwasów).

Interesujące wyniki osiągnął w Kanadzie Savoie i in. [34], badając wpływ sposobu obróbki mechanicznej koszonej paszy na szybkość połowego suszenia oraz na zagęszczenie formowanych bel cylindrycznych i jakość kiszonki. Do koszenia pierwszego pokosu (80% kupkówki + koniczyna biała) stosowano dwie różne maszyny. Pierwszą z nich była kosiarka kondycjonująca (dolnonapędowa) FC 3006 firmy Kuhn, która jest wyposażona w wirnik ze stalowymi palcami. Maszyna druga posiadała nożycowy zespół tnący oraz 4 pary stalowych walców o średnicy 0,2 m i szerokości 1,5 m. Górne walce obracały się z prędkością 1000 obr. · min⁻¹, a prędkość dolnych wynosiła 670 obr. · min⁻¹. Do formowania bel z materiału o wilgotności około 75% stosowano prasę zmiennokomorową (rolkowo-pasową) New Holland 640. Bele zabezpieczono przed dostępem powietrza ośmioma warstwami folii rozciągliwej. Wyniki tych badań wykazały, że pH kiszzonego materiału, który poddawano intensywnej obróbce mechanicznej (maceracji), było niższe w początkowym okresie konserwowania w porównaniu z materiałem skoszonym maszyną FC 300G. W końcowym okresie badań (po 70 dniach składowania) kiszonka z materiału poddanego maceracji cechowała się wyższą zawartością kwasu mlekowego niż kiszonka w belach formowanych z paszy koszonej maszyną firmy Kuhn.

Bardzo dobrej jakości kiszonkę otrzymano w doświadczeniu prowadzonym przez Waszkiewicza i in. [37]. Materiał przeznaczony do konserwowania (zielonka z traw łąkowych, w której zawartość suchej masy wynosiła od 35% do 55%) zbierano prasą stałokomorową Z-571 z łańcuchowo-rolkowym zespołem formowania beli (średnica beli 120 cm, szerokość beli 120 cm), która była wyposażona w zespół rozdrabniający. Bele zabezpieczano przed dostępem powietrza czterema warstwami folii rozciągliwej grubości 25 μm. Uzyskana kiszonka (po 3-miesięcznym przechowywaniu bel) charakteryzowała się znaczną przewagą zawartości kwasu mlekowego nad kwasem octowym. Pasza pochodząca z bel formowanych prasą zwijającą z wyłączonym zespołem tnącym zawierała prawie 12-krotnie więcej kwasu mlekowego niż octowego. Warto zestawić te wyniki z bardzo dobrej jakości kiszonką z traw łąkowych uzyskaną (z dodatkiem preparatu mikrobiologicznego Sill-All zawierającego bakterie kwasu mleko-

wego i kompleks enzymów) w doświadczeniu prowadzonym przez Cermaka i in. [5]. Pasza ta zawierała tylko 2,8 razy więcej kwasu mlekowego niż octowego. Wyniki doświadczenia prowadzonego przez Waszkiewicza i in. [37] wykazały dodatni wpływ rozdrobnienia paszy w beli cylindrycznej na jakość otrzymanej kiszonki. Pasze pochodzące z bel formowanych z zielonki rozdrobnionej (teoretyczna długość cięcia 15 cm oraz 7,5 cm) charakteryzowały się nieznacznie korzystniejszymi parametrami niż kiszonka otrzymana z materiału niepociętego. Warto również dodać, że wszystkie otrzymane pasze nie zawierały kwasu masłowego, a kiszonka z materiału najbardziej rozdrobnionego charakteryzowała się nieznacznym udziałem azotu amoniakalnego (około 1,4% ogólnej jego ilości). Jest to wartość niezwykle mała w porównaniu z wynikami uzyskanymi w wielu innych doświadczeniach, które dotyczyły kiszenia pasz nawet i w silosach wieżowych [6, 16, 35].

Sposób i termin zabezpieczania konserwowanej paszy przed dostępem powietrza

W początkowym okresie wprowadzania technologii zakiszania zielonek zbieranych prasami zwijającymi do zabezpieczania bel przed dostępem powietrza stosowano folię silosową oraz worki foliowe. Wyniki prowadzonych badań wykazały, że przykrywanie folią bel ułożonych w stertę jest rozwiązaniem korzystnym tylko ze względu na małe nakłady pracy i kapitału [1, 14]. Ten sposób zabezpieczania okazał się dość ryzykowny, ponieważ nieszczelności osłony powodowały znaczne straty konserwowanej paszy. W celu uniknięcia tych problemów zaproponowano umieszczenie bel w workach foliowych, z których część mogła nadawać się do ponownego zastosowania. Worki, których grubość folii wynosiła 100 μm , były preferowane do przechowywania paszy przez okres nie dłuższy niż 3–4 miesiące. Do dłuższego magazynowania zakonserwowanej zielonki proponowano worki, których grubość folii wynosiła 150 μm . Alternatywnym rozwiązaniem było umieszczenie bel w workach, których grubość folii wynosiła 100 μm z jednoczesnym ich zabezpieczeniem dodatkową osłoną.

Wyniki badań Gaillarda i Zwaenepoela [14] wykazały, że zabezpieczenie bel przez owinięcie folią rozciągliwą daje lepsze efekty niż ich umieszczenie w workach, których grubość folii wynosiła 130 μm . Zabezpieczenie konserwowanej paszy przed dostępem powietrza poprzez umieszczenie jej w workach foliowych jest metodą niezapewniającą dobrej jakości produktu końcowego. Takie wnioskowanie wydaje się uzasadnione, gdyż niekorzystnemu procesowi kiszenia towarzyszą duże straty suchej masy. Mogą one być powodowane:

- dużą ilością powietrza „zamkniętego” w opakowaniu beli w okresie umieszczania jej w worku,

— wnikaniem powietrza do konserwowanej paszy przy braku szczelności opakowania.

W Kanadzie [1] nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy różnymi sposobami zabezpieczania bel cylindrycznych przed dostępem powietrza na poziom strat i jakości otrzymanej kiszonki, jeśli była zachowana hermetyczność „opakowania” podczas całego okresu magazynowania paszy. Wykazano jednak zwiększoną podatność kiszonki w workach i dużych rękawach foliowych na rozwój pleśni i drożdży, co wpływa na straty w postaci paszy nienadającej się do skarmiania. Warto jednak dodać, że badania prowadzone w Kanadzie przez Aymota [1] dotyczyły kiszenia pasz formowanych w bele cylindryczne, które umieszczano w workach foliowych (rękawach) bez stosowania specjalistycznych maszyn. Taka technologia nie zapewniała ścisłego przylegania folii do konserwowanego materiału, a więc w „opakowaniu” beli był nadmiar powietrza utrudniający prawidłowe zakiszenie. Wyniki badań dotyczących oceny kiszenia zielonek (głównie z traw) w formie bel cylindrycznych wskazywały na niską jakość produktu końcowego. Pasza przeznaczona do analiz pochodziła z gospodarstw farmerskich południowej Walii. Warto dodać, że do zabezpieczania konserwowanej zielonki przed dostępem powietrza stosowano głównie worki foliowe. Nieznaczny procent kiszonki pochodził z bel przykrywanych folią kiszonkową (tylko 7%). Materiał przeznaczony do konserwowania charakteryzował się dużą zawartością białka i jednocześnie niską zawartością cukrów rozpuszczalnych w wodzie (szczególnie dotyczy to zielonki z 1983 roku). Otrzymane kiszonki cechowały się dużą zawartością kwasu octowego i masłowego. Dotyczy to szczególnie paszy sporządzonej w 1983 i 1985 roku. Uwagę zwraca również wysoka zawartość azotu amoniakalnego z kiszonce produkowanej w 1983 roku. Zadecydowała o tym w dużym stopniu mała zawartość węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie i duży poziom białka. Z ogólnej ilości paszy analizowanej w 1983 roku, kiszonka złej jakości stanowiła 74% (zawartość azotu amoniakalnego powyżej 15% azotu ogólnego).

Wyniki nielicznych badań informują o wpływie terminu zabezpieczenia konserwowanej paszy w formie bel cylindrycznych przed dostępem powietrza na jakość otrzymywanej kiszonki [7,18,28,29]. Doświadczenie prowadzone przez Ciotti i in. [7] dotyczyło kiszenia lucerny zbieranej prasą stałokomorową, której zawartość suchej masy wynosiła 28,4%. Część bel zabezpieczono przed dostępem powietrza (czterema warstwami folii rozciągliwej grubości 25 mikronów) w ciągu 1 godziny od czasu ich uformowania. Pozostałe bele owijano dopiero po 24 godzinach. Wyniki tego doświadczenia wykazały, że kiszonka otrzymana z materiału zabezpieczonego przed dostępem powietrza bezpośrednio po zbiorze charakteryzowała się korzystniejszymi parametrami niż pasza w belach owijanych folią dopiero dnia następnego (niższe pH, wyższa zawartość cukrów rozpuszczalnych w wodzie i kwasu mlekowego, mniejsza zawartość azotu amoniakalnego i kwasu masłowego), tabela 3. Warto dodać, że zawartość kwasu masłowego w paszy gorszej jakości była ponad siedmiokrotnie wyższa niż w kiszonce otrzymanej z zielonki zabezpieczonej przed dostępem powietrza bez-

Tabela 3. Wpływ opóźniania w zabezpieczaniu bel cylindrycznych przed dostępem powietrza na jakość kiszonki z lucerny (po 150 dniach składowania) [7]

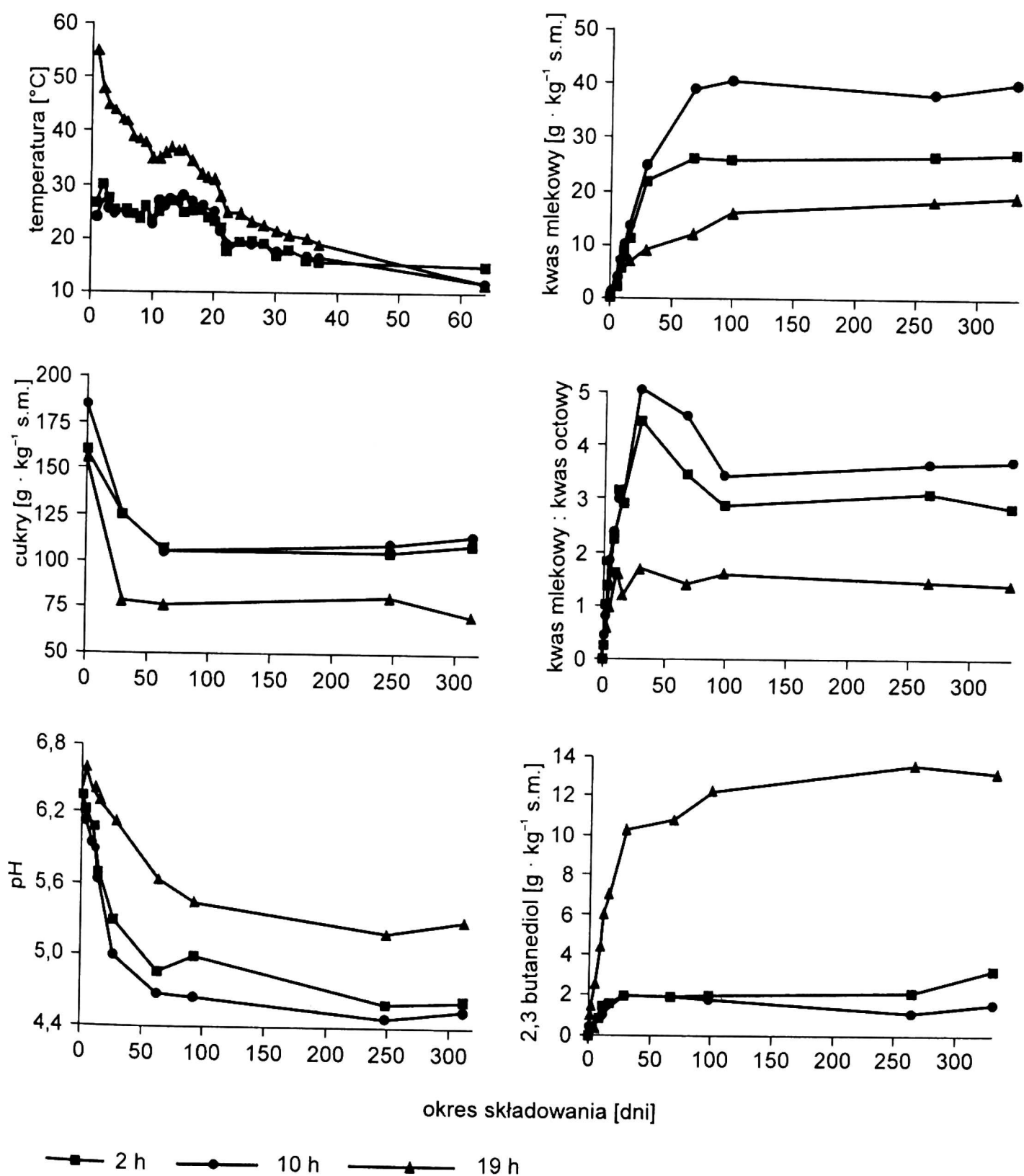
Czas pomiędzy uformowaniem bel a ich owinięciem folią [h]	Pokos	Wyszczególnienie				
		sucha masa [%]	pH	kwas mlekowy [% s.m.]	kwas octowy [% s.m.]	etanol [% s.m.]
<2	I (1)	34,7	4,72	5,18	3,45	0,68
5		36,2	4,77	5,11	4,12	0,52
7		38,1	4,89	4,63	4,34	0,47
19		34,8	5,10	2,60	4,75	0,41
22		32,0	5,17	3,26	4,60	0,23
<2	II (2)	47,9	4,77	4,77	2,44	0,08
5		50,7	4,97	3,92	2,51	0,06
19		48,7	5,24	2,41	3,35	0,01

(1) Zakiszana zielonka: białko ogólne 20,9% s.m.; węglowodany rozpuszczalne w wodzie 6,4% s.m.

(2) Zakiszana zielonka: białko ogólne 17,3% s.m.; węglowodany rozpuszczalne w wodzie 5,8% s.m.

pośrednio po jej zbiorze. Kiszonka ta była miernej jakości, gdyż suma punktów uzyskanych przez nią za zawartość trzech podstawowych kwasów wynosiła tylko 36 (według klucza Fliega-Zimmera). Pasza z bel owijanych folią rozciągliwą w ciągu 1 godziny od czasu ich uformowania uzyskała 76 punktów (dobra jakość kiszonki). Warto również podkreślić, że niekorzystne przemiany zachodzące w konserwowanym materiale przy znacznym udziale powietrza spowodowały gwałtowny wzrost temperatury, której najwyższa wartość wynosiła 51°C. Są to korzystne warunki do tworzenia się połączeń białka z włóknem (reakcja Millarda), czego efektem są substancje niestrawne dla zwierząt. W belach owiniętych bezpośrednio po ich uformowaniu maksymalna temperatura nie przekraczała 35°C.

Itokawa, Honda i Kobayashi [15] mieli na celu między innymi określenie terminu owijania bel folią rozciągliwą na jakość kiszonki sporządzanej z zielonki, w której 60% udziału masowego stanowiła żylica wielokwiatowa. Materiał przeznaczony do konserwowania formowano w bele cylindryczne prasą stałokomorową Orkel GP 1202 (szerokość beli 1,2 m, średnica beli 1,2 m), która jest wyposażona w bijakowy zespół podbierająco-ładujący. Bele zabezpieczano przed dostępem powietrza czterema warstwami folii czarnej, które nakładano w różnych terminach (bezpośrednio po zbiorze oraz po 1, 3, 12 i 24 godzinach). Pasza pochodząca z bel owijanych następnego dnia po ich uformowaniu charakteryzowała się wysokim pH i stosunkowo znaczną zawartością azotu amoniakalnego (13,7% azotu ogólnego). Według klucza Fliega-Zimmera uzyskała tylko 58 punktów (ocena zadowalająca). Należy jednak dodać, że oceniana pasza była przechowywana tylko 30 dni. Kiszonka w belach owijanych



Rysunek 1. Podstawowe parametry kiszonek w zależności od okresu przechowywania bel cylindrycznych i terminu ich zabezpieczenia przed dostępem powietrza folią rozciągliwą (po 2, 10 i 19 godzinach od czasu ich uformowania) [29]

folią w czasie nieprzekraczającym 3 godzin po ich uformowaniu cechowała się znacznie niższym pH i nie zawierała kwasu masłowego, a udział kwasu mlekowego przekraczał kilkanaście razy zawartość kwasu octowego. Udział azotu amoniakalnego nie przekraczał 6% azotu ogólnego.

Na uwagę zasługują wyniki badań prowadzonych w Kanadzie, które dotyczyły konserwowania jęczmienia zbieranego we wczesnej fazie mleczej dojrzałości ziarna

(około 47% zawartości suchej masy) [29]. Z zależności przedstawionych na rysunku 1 wynika, że najlepszej jakości kiszonkę otrzymano w belach owijanych folią rozciągliwą (grubość 25,4 μm , szerokość 750 mm, sześć nakładanych warstw) w czasie nie dłuższym niż 10 godzin od ich uformowania. Kiszonka ta charakteryzowała się najwyższą zawartością kwasu mlekowego i węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie i najniższym pH. Godny podkreślenia jest fakt, że początkowa temperatura zielonki, z której otrzymano najlepszej jakości kiszonkę, nie różniła się praktycznie od temperatury materiału w belach zabezpieczonych przed dostępem powietrza w czasie znacznie krótszym. Pozostawienie bel bez owinięcia ich folią przez 19 godzin wpłynęło korzystnie na przemiany tlenowe, których efektem była wysoka temperatura. Kiszonka pochodząca z tych bel charakteryzowała się wysokim pH, dużą zawartością butanediolu i znacznie mniejszą zawartością węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie niż kiszonka z bel zabezpieczonych przed dostępem powietrza w czasie krótszym. Warto również dodać, że kiszonka pochodząca z bel zabezpieczonych przed dostępem powietrza w czasie około 10 godzin od ich uformowania charakteryzowała się niższą zawartością neutralnego i kwaśnego włókna detergentowego w zestawieniu z kiszonką z innych grup doświadczenia.

Interesujące doświadczenia były prowadzone przez Kellera i in. [19], które dotyczyły kiszenia zielonki z lucerny zbieranej prasą stałokomorową Rollant 46 firmy Claas. Wymienioną maszyną (wyposażoną w zespół rozdrabniający) formowano bele szerokości 1,2 m i średnicy 1,2 m, które zabezpieczano sześcioma warstwami folii rozciągliwej (grubość 25 mikronów, szerokość 75 cm). Materiał przeznaczony do kiszenia pochodził z pierwszego i drugiego pokosu lucerny, którego zawartość suchej masy wynosiła odpowiednio 32% i 47%. W celu zapewnienia przebiegu właściwej fermentacji w kiszonej paszy stosowano jednocześnie dwa preparaty. Pierwszy z nich, o nazwie Ökosil, zawierał bakterie fermentacji mlekowej (*Lactobacillus plantarum* i *Enterococcus faecium*) i był dodawany w takiej ilości, aby na jeden gram zakiszanej zielonki przypadało 10^6 bakterii tworzących kolonie. Drugi preparat, o nazwie Unizym F (endoglukanaza, β -glukozydaza i ksylanaza), dodawano w ilości 20 jednostek aktywności scukrzającej (na papierze filtracyjnym) na kg suchej masy konserwowanej zielonki. Z zależności przedstawionych w tabeli 4 wynika, że jakość kiszonki w znacznym stopniu jest uzależniona od terminu zabezpieczania konserwowanej paszy przed dostępem powietrza. Pasza pochodząca z bel owijanych w czasie nieprzekraczającym 2 godzin po ich uformowaniu cechowała się niższym pH, wyższą zawartością kwasu mlekowego w zestawieniu z kiszonką otrzymaną w belach zabezpieczonych znacznie później. Opóźnienie terminu owijania bel wpłynęło na zwiększenie się udziału kwasu octowego w otrzymanym produkcie. Kiszonka z bel przygotowanych do magazynowania co najmniej po 19 godzinach od ich uformowania cechowała się wysokim pH i większą zawartością kwasu octowego niż mlekowego. Warto również zwrócić uwagę na fakt, że kiszonka otrzymana z pierwszego pokosu lucerny, której pH wynosiło 5,17, charakteryzowała się znacznie mniejszą zawartością suchej masy

Tabela 4. Wpływ liczby nakładanych warstw folii rozciągliwej na jakość kiszonki z traw łąkowych [19]

Liczba warstw folii	Miejsce pobrania prób ¹	Wyszczególnienie				
		sucha masa [%]	pH	kw. mlekowy [% s.m.]	kw. octowy [% s.m.]	kw. masłowy [% s.m.]
2	warstwa zewnętrzna	43,6	4,05	4,33	0,41	0,11
	środek	50,6	4,28	3,10	0,65	—
4	warstwa zewnętrzna	44,6	4,19	3,34	0,34	—
	środek	42,0	4,03	4,45	0,55	0,13
6	warstwa zewnętrzna	41,7	4,00	2,85	0,36	—
	środek	51,0	4,10	2,59	0,33	—
8	warstwa zewnętrzna	53,1	4,15	3,15	0,38	—
	środek	48,4	4,05	3,62	0,29	—

¹ Warstwa zewnętrzna do 15 cm głębokości; środek beli — od 15 cm do 60 cm.

w porównaniu z konserwowanym materiałem. Można sądzić, że ten proces jest wynikiem intensywnego oddychania, którego produktem jest między innymi woda. Ten rodzaj przemian powoduje nie tylko obniżanie zawartości suchej masy kiszonki w porównaniu z materiałem konserwowanym, ale przede wszystkim jest źródłem znacznych strat składników pokarmowych [18, 28, 33, 39]. Opóźnienie w zabezpieczeniu konserwowanej paszy przed dostępem powietrza wpływa na wolniejsze obniżanie się pH spowodowane nadmiernym ubytkiem cukrów (przedłużający się proces oddychania). Produkcja kwasu jest wówczas wolniejsza i istnieje ryzyko otrzymania kiszonki dobrej jakości z powodu braku dostatecznie niskiego pH.

Nieliczne wyniki badań informują o dużym wpływie liczby nakładanych warstw folii na jakość kiszonki otrzymanej w formie bel cylindrycznych. W doświadczeniu prowadzonym przez Itokawa, Honda i Kobayashi [15] zakiszano życicę wielokwiatową w belach, które zabezpieczano przed dostępem powietrza dwoma, czterema, sześcioma i ośmioma warstwami folii czarnej. Kiszonka otrzymana w belach, które zabezpieczano tylko dwoma warstwami folii cechowała się większą zawartością azotu amoniakalnego w zestawieniu z paszą z bel owiniętych ośmioma warstwami folii. Warto jednak zwrócić uwagę na fakt, że uzyskane kiszonki nie różniły się znacznie pod względem zawartości kwasu mlekowego i octowego. Pasza z bel zabezpieczonych dwoma lub czterema warstwami folii charakteryzowała się jednak nieznaną zawartością kwasu masłowego. Na podkreślenie zasługuje ocena organoleptyczna otrzymanych kiszzonek. Zewnętrzne warstwy paszy w belach owiniętych tylko dwoma warstwami folii były w całości pokryte białą pleśnią i drożdżami. Zaobserwowano również duże zawilgocenie paszy pochodzącej z dolnej partii bel. Kiszonka z zewnętrznych warstw takich bel (do 15 cm głębokości) była koloru brązowego i charakteryzowała się mocnym zapachem alkoholu. Wyniki tego doświadczenia wykazały, że

pasza z bel owiniętych ośmioma warstwami folii nie była porażona przez pleśnie i drożdże. Nakładanie tak dużej ilości folii zabezpieczającej konserwowaną paszę przed dostępem powietrza nie może być rozwiązaniem stosowanym w praktyce ze względu na olbrzymie koszty ponoszone na jej zakup [1, 33]. Należy jednak dodać, że w doświadczeniu prowadzonym przez Itokawa i in. [15] czas przechowywania bel wynosił około 2 miesiące (od 8 maja do 17 lipca). Można sądzić, że dłuższe magazynowanie kiszonki mogłoby wpłynąć niekorzystnie na jej jakość.

Lingvall, Lindberg i Jonsson [24] oceniali wpływ sposobu zabezpieczania konserwowanej paszy przed dostępem powietrza (ilość warstw folii rozciągliwej, kolor folii oraz worki foliowe grubości 120 μm) na jakość otrzymanej kiszonki. Wyniki tego doświadczenia wykazały również, że w zakiszonym materiale (zawartość suchej masy 35% i 40%), który był umieszczony w workach foliowych, zarejestrowano znacznie wyższą temperaturę niż w paszy owiniętej sześcioma warstwami folii rozciągliwej. Stwierdzenie to nie odnosi się jednak do konserwowanego materiału, który został zabezpieczony sześcioma warstwami folii koloru czarnego. Wysoka temperatura paszy zakiszanej w formie bel cylindrycznych (o stosunkowo małej objętości) świadczy o niekorzystnych przemianach, które są wynikiem udziału tlenu. Rezultatem tego jest kiszonka o niższej zawartości kwasu mlekowego i octowego. Wzrasta natomiast pH i zawartość produktów rozpadu białka. Świadczą o tym również wyniki badań prowadzonych w Finlandii przez Rauramasa i in. [31], które dotyczyły porównania parametrów kiszonek sporządzonych w różny sposób.

Rezultaty badań nad zakiszaniem lucerny prowadzonych przez Kellera [18] wykazały, że kiszonka pochodząca z bel owijanych czterema warstwami folii (grubość 25 μm) charakteryzowała się wysokim pH i niekorzystnym stosunkiem zawartości kwasu mlekowego do octowego. Paszę najgorszej jakości uzyskano z zielonki konserwowanej bez dodatków mikrobiologicznych i enzymatycznych.

Forristal, O'Kiely i Lenehan [10] prowadzili badania, które miały na celu ocenę wpływu ilości nakładanych warstw folii rozciągliwej i jej koloru na jakość kiszonki w belach cylindrycznych. Materiałem zakiszonym była zielonka z pierwszego pokosu traw (głównie z życicy trwałej), którą zbierano prasą stałokomorową Krone KR 130 z włączonym zespołem tnącym. Wyniki tego doświadczenia wykazały, że zabezpieczanie bel dwoma warstwami folii rozciągliwej nie pozwala na uzyskanie dobrej jakości kiszonki. Ponad 20% powierzchni paszy pochodzącej z bel z małą liczbą nałożonych warstw folii było porażone przez pleśnie. Wskaźnik ten dla bel owiniętych czterema i sześcioma warstwami folii wynosił odpowiednio 1,7% i 0,7%. Wyniki tego doświadczenia nie wykazały istotnego wpływu koloru folii rozciągliwej (czarny, przezroczysty, zielony, jasnozielony, biały) na parametry kiszonek i stopień porażenia przez pleśnie.

Podsumowanie

Na podstawie dokonanego przeglądu literatury można stwierdzić, że o jakości kiszonek sporządzanych w formie bel cylindrycznych decydują w znacznym stopniu następujące czynniki:

- zagęszczenie konserwowanego materiału w beli oraz stopień jego rozdrobnienia,
- sposób i termin zabezpieczania bel przed dostępem powietrza.

W belach o dużym zagęszczeniu można otrzymać dobrej jakości kiszonkę, jeśli będą spełnione co najmniej trzy podstawowe warunki. Pierwszy z nich odnosi się do rodzaju i parametrów konserwowanego materiału. Z zielonki o niekorzystnych cechach, takich jak: duża wilgotność, mała zawartość węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie, duża pojemność buforowa, nie jest możliwe uzyskanie dobrej kiszonki w wyniku fermentacji naturalnej. W belach formowanych z materiału rozdrobnionego lub poddanego wcześniej intensywnej obróbce mechanicznej otrzymuje się lepszej jakości kiszonkę niż z zielonki o długich łodygach. Jest to wynikiem przede wszystkim większego zagęszczenia bel i łatwiejszego dostępu bakterii do zawartości soków komórkowych. Drugi warunek wynika z terminu zabezpieczania paszy przed dostępem powietrza. Bele powinny zostać owinięte folią rozciągliwą lub umieszczone w worku foliowym, najlepiej bezpośrednio po ich uformowaniu. Opóźnianie tego procesu powyżej 10 godzin prowadzi zwykle do otrzymania złej jakości kiszonek. Nieliczne wyniki badań informują o korzystnym wpływie pozostawienia bel niezabezpieczonych przed dostępem powietrza (na kilka godzin) na jakość otrzymywanej z nich później kiszonki. Można więc sądzić, że jest to wynikiem pozytywnego wpływu procesów tlenowych, które są egzotermicznymi, a wydzielane ciepło sprzyja rozwojowi pożądanym drobnoustrojów. Wnioskowanie takie może dotyczyć chyba jedynie bel o dużym zagęszczeniu, w których procesy tlenowe nie przebiegają z dużym natężeniem.

Stworzenie korzystnych warunków dla przebiegu właściwej fermentacji w konserwowanym materiale wymaga nakładania co najmniej czterech warstw folii rozciągliwej. Do długiego przechowywania bel, a zwłaszcza z paszą trudno zakiszającą się, zaleca się zwykle nakładanie nie mniej niż sześć warstw folii rozciągliwej. Kiszonka otrzymywana z bel umieszczanych w pojedynczych workach foliowych jest znacznie gorszej jakości niż kiszonka z bel zabezpieczonych co najmniej czterema warstwami folii rozciągliwej.

Literatura

- [1] Amyot A. 1992. Comment réussir l'ensilage de balles rondes. Conférence présentée dans le cadre des Journées agricoles 1992, 1-12. Drummondville, 4 février 1992.
- [2] Baxter R., Rigby I. 1989. The effect of film type and tension on silage quality, when used with the System Bee Balewrapper. Proceeding of the Big Bale Silage Conference of British Grassland Society. Poster 3. 16 February 1989. Stoneleigh.

- [3] Bolsen K.K. 1985. New technology in forage conservation — feeding system. Proceeding of the XV International Grassland Congress, 82–86. August 24–31, 1985.
- [4] Cal Y., Benno Y., Ogawa M., Kuma S. 1999. Effect of applying lactic acid bacteria isolated from forage crops on fermentation characteristics and aerobic deterioration of silage. *Journal of Dairy Science* 82(3): 520–526.
- [5] Cermak B., Lad F., Podkówka W., Novotny D., Podkówka Z. 1998. Wpływ technologii zakiszania na jakość i wartość pokarmową kiszzonek z porostu łąkowego i kukurydzy. *Zeszyty Problemowe Post. Nauk Rol.* 462: 423–429.
- [6] Charmley E., Veira D.M., Berthiaume R., McQueen R.E. 1995. Effect of a mixture of salts of carboxylic acids on silage conservation, voluntary intake and growth rate of cattle fed grass silages. *Canadian Journal of Animal Science* 75(3): 397–404.
- [7] Ciotti A., Canale A., Valente M.E., Peiretti P.G. 1989. Direct and delayed sealing of round bales of lucerne at low degrees of wilting. XVI International Grassland Congress, 971–972. 4–11 October 1989. Nicea, France.
- [8] Evans D. 1989. The pros and cons of wrapping and bagging. Proceedings of the Big Bale Silage Conference of British Grassland Society, 7.1–7.6. 16 February 1989. Stoneleigh.
- [9] Eyers B. 1989. Place for big bales in current silage scene. Proceeding of the Big Bale Silage Conference of British Grassland Society, 1.1–1.7. 16 February 1989. Stoneleigh.
- [10] Forristal P.D., O’Kiely P., Lenehan J.J. 1999. The influence of the number of layers of film cover and film colour on silage preservation, gas composition and mould growth on big bale silage. Conference Proceedings the XIIth International Silage Conference, 305–306. July 5–7, 1999. Uppsala, Sweden.
- [11] Fychan R., Jones R. 1996. Effect of varying film wrap width and layering on effluent production from baled silage. Proceeding of the XIth International Silage Conference, 88–89. University of Wales, Aberystwyth. 8th–11th September 1996.
- [12] Fychan R., Jones R. 1996. The effect of harvesting technology on silage quality and effluent production. Proceeding of the XIth International Silage Conference, 218–219. University of Wales, Aberystwyth. 8th–11th September 1996.
- [13] Gaillard F. 1982. L’ensilage en balles rondes. *Fourrages* 91: 37–55.
- [14] Gaillard F., Zwaenepoel P. 1987. Balles rondes sous film étirable. *Bulletin Technique du Machinisme et de L’équipement Agricoles* 18: 37–46.
- [15] Itokawa N., Honda Y., Kobayashi R. 1995. Characteristic and quality of wrapped big bale silage under various conserving condition. *Journal of Japan. Grassl. Science* 40(4): 478–487.
- [16] Jakhmola R.C., Weddell J.R., Greenhalgh J.F.D. 1990. Ensiling grass with straw. I. Effect of straw, cellulase enzyme and urea on chemical composition of grass/ legume silages. *Animal Feed Science and Technology* 28(1–2): 39–50.
- [17] Joki-Tokola E. 1992. The effect of dry matter content, storing place and sealing method on the quality of big bale silage. Proceedings of the 14th General Meeting of the European Grassland Federation, 591–592.
- [18] Keller Th. 1996. Untersuchungen zur Rundballensilierung von Luzerne mit biologischen Silierzusätzen. Verlag Dr. Köster. Berlin 1996: ss. 106.
- [19] Keller Th., Hofmann L., Nonn H., Jeroch H. 1996. Effect of delayed wrapping on fermentation of big-bale lucerne silage. Proceeding of the XIth International Silage Conference, 176–177. University of Wales, Aberystwyth. 8th –11th September 1996.

- [20] Kjus O., Selmer-Olsen I. 1992. Norwegian experiences with round bale silage. Proceeding of the 14th General Meeting of the European Grassland Federation, 633–635. June 8–11, 1992. Lahti, Finland.
- [21] Lättemäe P., Sarand R.J. 2000. Impact of technological factors on fermentation and quality of bale silage. Proceeding of the 18th General Meeting of the European Grassland Federation, 22–24. Aalborg, Denmark. 22–25 May 2000.
- [22] Legrand E., Legrain A., Geerens P. 1989. L'ensilage d'herbe. Mécanisation. Balles rondes sous plastique étirable. Note technique du Centre de Recherches Agronomiques de l'Etat. No 5/53: 1–49. Juin 1989.
- [23] Lenge R. 1996. Intensiv aufbereiten statt zweimal wenden? *Top Agrar* 2: 104–106.
- [24] Lingvall P., Lindberg H., Jonsson A. 1990. The impact of packing technique, plastic film and silage additives on round bale silage quality. 13th General Meeting of the European Grassland Federation, 240–248. June 25–29, 1990. Banská Bystrica, Czechoslovakia.
- [25] Marsh R. 1978. A review of the effect of mechanical treatment of forages on fermentation in the silo and the feeding value of the silages. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 6(4): 271–278.
- [26] Meeske R., Basson H.M., Stoltz G. 1996. The effect of an inoculant and type of baler on big bale lucerne silage. Proceeding of the XIth International Silage Conference, 160–161. University of Wales, Aberystwyth. 8th–11th September 1996.
- [27] Merry C. 1989. The experiences of big bale wrapping — a farmers survey. Proceedings of the Big Bale Silage Conference of British Grassland Society, 6.1–6.11. 16 February 1989. Stoneleigh.
- [28] Moshtaghi Nia S.A., Wittenberg K.M. 1999. Use of forage inoculants with or without enzymes to improve preservation and quality of whole crop barley forage ensiled as large bales. *Canadian Journal of Animal Science* 79(4): 525–532.
- [29] Moshtaghi Nia S.A., Wittenberg K.M. 2000. Effect of delayed wrapping on preservation and quality of whole crop barley forage ensiled as large bales. *Canadian Journal of Animal Science* 80(1): 145–151.
- [30] Randby Å.T. 1996. Moulding and aerobic stability of round bale grass silage treated with formic or propionic acid. Proceedings of the XIth International Conference, 108–109. University of Wales, Aberystwyth, 8th–11th September 1996.
- [31] Rauramaa A., Tommila A., Setälä J. 1992. The quality of fresh and pre-wilted silage in Finland. Proceeding of the 14th General Meeting of the European Grassland Federation: 638–639. June 8–11, 1992. Lahti, Finland.
- [32] Rony D.D., Dupuis G., Pelletier G. 1984. Digestibility by sheep and performance of steers fed silages stored in tower silos and silo press bags. *Canadian Journal of Animal Science* 64(2): 357–366.
- [33] Rose M. 1979. Hill silage — it's in the bag! *Power Farming* 9: 43–45.
- [34] Savoie P., Tremblay D., Charmley E., Thériault R. 1996 Round bale ensilage of intensively conditioned forage. *Canadian Agricultural Engineering* 38(4): 257–263.
- [35] Sheperd A.C., Maslanka M., Quinn D., Kung L.Jr. 1995. Additives containing bacteria and enzymes for alfalfa silage. *Journal of Dairy Science* 78(3): 565–572.
- [36] Steinwender R., Buchgraber K. 1992. Ballensilage bringt gute Futterqualität. *Dlz*, 4: 72–74.

- [37] Waszkiewicz C., Gach S., Lisowski A., Kostyra K. 1999. Effect of size reduction degree on the quality of hay silage. *Annals of Warsaw Agricultural University - Agriculture (Agricultural Engineering)* 34: 29–32.
- [38] Weddell J.R. 1989. The quality, animal performance and storage losses of bagged and wrapped big bale silage. Proceeding of the Big Bale Silage Conference of British Grassland Society. Poster 4. 16 February 1989. Stoneleigh.
- [39] Woolford M.K. 1990. The detrimental effects of air on silage. *Journal of Applied Bacteriology* 68(2): 101–116.
- [40] Wyss U., Schild G.J., Honig H. 1991. Der Einfluss von Beschädigungen der Stretch-Folie bei Rundballensilagen auf Gasgehalt und Silagequalität. *Landwirtschaft Schweiz*. 4(5): 235–239.

Selected factors influencing round bale silage quality

Key words: silage quality, round bale density, delayed wrapping

Summary

The basic parameters of silage with respect to the bale density, methods and the time protection from the air inlet were discussed. It has been proved that a better silage quality can be obtained from chopped or intensively mechanically treated green fodder than from the material with long stems. In order to provide the favourable conditions for fermentation processes in ensiled forage it is necessary to cover the bale with no fewer than four layers of stretch film. The silage from the bale put into single bags are usually of worse quality than the silage from the bales wrapped with stretch film.