

## **Straty zielonki powstające podczas kiszenia i przechowywania**

**Stanisław Gach**

*Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa*

**Słowa kluczowe:** zielonka, metody zakiszania i przechowywania, straty

Znaczący postęp hodowlany i agrotechniczny sprawił, że można obecnie uzyskać wysokie plony zielonek z trwałych, a zwłaszcza przemiennych użytków zielonych. Nadal nierozwiązanym problemem pozostaje zagospodarowanie plonu, poprzez właściwą konserwację. W ostatnim okresie obserwuje się w naszym kraju systematyczny spadek zbioru zielonek z przeznaczeniem na siano, na rzecz wzrostu udziału kiszzonek. Zgodnie z tendencjami występującymi w przodujących gospodarstwach krajach Europy, gdzie kiszzonka od wielu lat stanowi dominującą formę konserwacji pasz zielonych, wprowadza się nowe technologie z zastosowaniem pras formujących duże bele cylindryczne lub prostopadłościenną [12, 23, 29]. Kiszonki są efektywniejszą formą konserwacji, ze względu na mniejsze straty oraz lepsze wyniki produkcyjne niż przy żywieniu sianem [3, 25]. Całkowite straty przy sporządzaniu siana mogą wynosić 30–50% s.m., sianokiszonki 15% s.m., a kiszonki 22,5% s.m. [18]. Z kolei wg innych badań całkowite straty masy suchej substancji podczas zbioru zielonek z przeznaczeniem na siano mieszczą się w zakresie 24–28%, przy czym większość z nich powstaje podczas zbioru, a tylko 5% podczas przechowywania, natomiast przy sporządzaniu kiszonki 14–24%, w tym połowa z nich powstaje w procesie kiszenia i podczas przechowywania [30].

O wielkości całkowitych strat w procesie kiszenia i składowania, decydują straty powstające:

- w wyniku procesu fermentacyjnego w zakiszanej masie,
- w wyniku wypływania soków,
- wskutek powierzchniowego psucia się zakiszanej masy,
- w następstwie wtórnej fermentacji.

W procesie kiszenia zawsze występują straty z tytułu procesów fermentacyjnych, powodujących rozkład substancji organicznej, czemu towarzyszy wydzielanie się

substancji gazowych. Uszkodzenie błon komórkowych w efekcie obróbki roślin w pokosie oraz ich rozdrabniania powoduje uwalnianie z komórek substancji zawierających cukier i udostępnianie ich mikroorganizmom żyjącym na powierzchni roślin [36, 37]. Zmniejszenie wartości pH poniżej 4,0 i anaerobowe warunki hamują rozwój grzybów i bakterii oraz aktywność enzymów rozkładających zieloną masę i powodujących niepożądane procesy gnilne. Dokładne zagęszczenie i szczelne osłonięcie konserwowanej masy roślinnej zapewnia odcięcie dopływu powietrza z zewnątrz. W takich warunkach kwaśny odczyn środowiska w procesie fermentacji sprzyja wytwarzaniu się kwasu mlekowego i dwutlenku węgla, konserwujących surowiec roślinny złożony do zakiszania [18, 36].

Dalsze straty mogą wystąpić w wyniku wytwarzania i odpływu soków kiszonkowych, co ma miejsce w wypadku zakiszania świeżej uwodnionej zielonki i formowania zbyt wysokich pryzm zwiększających nacisk na podłoże [18]. Kluczowe znaczenie dla zapewnienia właściwego przebiegu fermentacji, bez wytwarzania się soków kiszonkowych, ma stosowanie dwufazowego zbioru, a więc składowanie do zakiszania zielonki podsuszanej w warunkach połowych [3, 18, 21, 24, 32]. Poprzez wyeliminowanie powstawania i wycieku soku kiszonkowego, zapobiega się stratom składników pokarmowych (cukrów, białka, związków mineralnych oraz witamin). Szacuje się, że straty takie mogą wynosić 5–12% s.m. [18]. Ponadto zapobiega się ujemnym skutkom ekologicznym [17, 22], albowiem biologiczne zapotrzebowanie tlenu ( $BZT_5$ ) soku kiszonkowego jest ponad 150 razy większe niż ścieków komunalnych [19]. Szczegółowa analiza powstawania soków kiszonkowych zamieszczona jest w pracy [22], a możliwości ich zagospodarowania w pracy [20].

Istotne znaczenie ma również przestrzeganie czasu od momentu uformowania beli do jej osłonięcia (do 2 godzin). Podobnie czas formowania i okrycia pryzmy lub silosu nie powinien przekraczać dwóch dni, gdyż przedłużanie tego okresu i słabe ugniecenie umożliwiają ciągły dostęp powietrza sprzyjający rozwojowi szkodliwych mikroorganizmów i następuje nadmierny wzrost temperatury, podczas gdy właściwa fermentacja (chłodna) odbywa się w temperaturze około 30°C [36].

Straty powierzchniowe zielonki powstające w zewnętrznych warstwach zakiszane surowca roślinnego z powodu dostępu powietrza i wód opadowych zależą od stopnia zagęszczenia zakiszanej zielonki oraz sposobu jej zabezpieczenia przed dostępem powietrza, a także od gatunku roślin [28].

Fermentacja wtórna (samozagrzewanie się) kiszonki następuje w wyniku działania powietrza na odkrytą warstwę kiszonki. Proces ten wywołany jest przez drożdże i pleśnie, które powodują wzrost temperatury powyżej 50°C. Powoduje to zmiany zewnętrzne (brunatnienie) oraz zmniejszenie strawności białka i wzrost strat do 2% s.m. dziennie. Wtórnej fermentacji ulegają w szczególności kiszonki z nadmiernie podsuszonego surowca roślinnego [18]. Najkorzystniejszy zakres wilgotności względnej zakiszanej zielonki, zapewniający występowanie najmniejszych strat kisenia wynosi 55–65% [21, 25].

## Zakiszanie zielonki w formie prasowanej

Zastosowanie pras, zarówno zwijających jak również tłokowych, formujących wielkogabarytowe bele prostopadłościenne do zbioru podsuszanej zielonki przeznaczonej do zakiszania zapewnia wymagane zagęszczenie roślin i w efekcie uzyskanie wysokiej jakości kiszonki, pod warunkiem szczelnego osłonięcia bel.

Najprostsze sposoby osłonięcia bel przed dostępem powietrza to umieszczanie pojedynczych bel w workach foliowych lub układanie bel w pryzmy przykryte szczelnie folią kiszonkową. Próby z pakowaniem pojedynczych bel cylindrycznych do worków z folii o grubości 0,15 mm nie powiodły się, ponieważ nie udało się uzyskać ścisłego przylegania folii do powierzchni beli i usunąć powietrze [29]. Z kolei przechowywanie bel w pryzmach jest możliwe tylko w przypadku bel prostopadłościennych ułożonych w trzech lub czterech warstwach. Sposób ten, zapoczątkowany w Holandii [2], znajduje jednak coraz mniejsze zastosowanie również i w naszym kraju ze względu na trudności z zapewnieniem szczelnego przylegania bel i związane z tym powstawanie wolnych przestrzeni powietrznych. Próby wysysania tego powietrza, dla stworzenia warunków beztlenowych, są efektywne, jednakże po odsłonięciu pryzmy powietrze ponownie wypełnia wolne przestrzenie i następuje wzrost temperatury kiszonki, a w konsekwencji wzrost strat z tytułu wtórnej fermentacji. Specjaliści z IMUZ zalecają wypełnianie szczelin między belami drobnym materiałem roślinnym, jak również formowanie pryzmy dostosowanej do liczebności stada tak, aby umożliwić całkowite skarmienie zgromadzonej w niej kiszonki w okresie nie dłuższym niż 2 tygodnie [37]. Dotychczasowe pozytywne wyniki badań nad jakością kiszonki w belach prostopadłościennych składowanych w pryzmach wskazują, że możliwe jest uzyskanie wysokiej jakości paszy sporządzanej wg tej technologii z traw łąkowych [34] i z lucerny [32].

Właściwe uszczelnienie zapewnia mechaniczne owijanie bel rozciągliwą, samoprzylepną folią o grubości 0,025–0,030 mm z zastosowaniem owijarki. Owijanie bel odbywa się w wyniku oddzielnego zabiegu za pomocą owijarki zawieszanej lub przyczepianej bezpośrednio do ciągnika, bądź zabiegu połączonego z prasowaniem – przy zastosowaniu maszyny kombinowanej [7]. Najpewniejszym sposobem jest owijanie stacjonarne, gdyż owijanie podczas ruchu agregatu ciągnik-maszyna po polu jest ryzykowne, ze względu na możliwość późniejszego uszkodzenia folii w czasie transportu bel do miejsca składowania. Jeżeli uszkodzona folia nie zostanie uzupełniona, może prowadzić do powstania znacznych strat zakiszane materiału. Owinięcie beli czterema warstwami folii zapewnia wystarczające zabezpieczenie przed dostępem powietrza i ulatnianiem się powstałych gazów. Sposób ten charakteryzuje się występowaniem identycznych strat, bez względu na ilość zakiszanej zielonki, pod warunkiem zbliżonej jakości surowca roślinnego, zapewnienia właściwego stopnia zagęszczenia roślin w beli oraz dokładnego jej owinięcia [13, 14, 23, 37].

**Tabela 1.** Zawartość składników pokarmowych, wartość energetyczna oraz jakość kiszonki z bel cylindrycznych owiniętych folią [11]

Pokos	Pomiar	Białko surowe	Włókno surowe	Popiół	Tłuszcz surowy	B.s.w.	Energia netto		Ocena wg klucza Fliega-Zimmera
							MJ · kg <sup>-1</sup> s.m.	JPM	
<b>Warstwa zewnętrzna beli</b>									
I	1	18,59	31,26	10,25	2,83	37,07	6,2620		bdb
	2	16,91	32,47	9,97	2,93	37,71	6,2923		bdb
	3	15,35	26,29	11,00	2,21	44,83	6,2390		db
	średnio	16,95	30,0	10,52	2,66	39,87	6,2658	0,88	
<b>Warstwa wewnętrzna beli</b>									
I	1	17,08	30,19	9,69	3,07	39,97	6,3392		bdb
	2	19,84	33,21	10,13	2,76	34,06	6,2432		db
	3	17,20	30,37	9,34	2,83	40,26	6,3532		bdb
	średnio	18,04	31,26	9,72	2,89	38,10	6,3119	0,89	
<b>Warstwa zewnętrzna beli</b>									
III	1	17,97	20,52	16,04	2,58	42,89	5,9409		db
	2	19,39	20,47	17,67	2,95	39,52	5,8231		bdb
	3	15,35	26,29	11,33	2,21	44,83	6,2390		db
	średnio	17,57	22,43	15,01	2,58	42,41	6,0010	0,84	
<b>Warstwa wewnętrzna beli</b>									
III	1	15,90	25,01	11,45	3,67	43,97	6,2923		bdb
	2	18,13	24,10	12,54	3,44	41,79	6,1938		bdb
	3	16,95	24,26	11,44	3,22	44,13	6,2752		bdb
	średnio	16,99	24,46	11,81	3,44	43,30	6,2538	0,87	

Potwierdzają to również wyniki badań prowadzonych z udziałem autora w IMUZ Falenty [11]. Dla określenia jakości kiszonki według metody NEL w całym przekroju beli pobierano próbki z warstwy zewnętrznej i ze środka beli (tab. 1). Można dostrzec tylko nieznaczne różnicowanie zawartości badanych składników (białka, włókna, tłuszczów, popiołu i b.s.w.) w kiszonce sporządzonej z traw zbieranych w pierwszym i trzecim pokosie w porównywanych warstwach przekroju poprzecznego beli. Wyprodukowano wartościową paszę w całym przekroju bel, o czym świadczy wysoka zawartość białka oraz wartość energetyczna, jak również oceny bardzo dobre i dobre w skali Fliega-Zimmera. Zbliżona jakość kiszonki w warstwach zewnętrznych i wewnętrznych beli potwierdza celowość stosowania pras ze stałą komorą zwijania do zbioru zielonek na kiszonkę. Kiszonka w beli owiniętej folią tworzy porcję paszy łatwą do zadawania, jest skarmiana zwykle w ciągu 1–2 dni, co zapobiega powstawaniu strat w wyniku wtórnej fermentacji.

Zasadniczą wadą owijania pojedynczych bel cylindrycznych jest wysoki koszt folii do ich osłaniania, głównie ze względu na jej znaczne zużycie po stronie czołowej, wskutek nagromadzenia się wielu warstw, co wynika z zasady działania owijarek [4, 7, 10, 14, 15, 16]. Przy owijaniu pojedynczych bel prostopadłościennych o identycznej objętości jak i cylindrycznych zużycie folii wzrasta o około 30% [33]. Jednym ze sposobów obniżenia kosztów jest grupowe osłanianie bel, czołowo przylegających do siebie, które eliminuje wielowarstwowe nakładanie folii w płaszczyznach czołowych [8, 10]. Szczególnie korzystne wydaje się zastosowanie do grupowego owijania bel owijarki tzw. szeregowej, która nakłada folię na bele przylegające do siebie tylko na ich powierzchni cylindrycznej. Szacuje się, że w tym wypadku oszczędność folii, w porównaniu z owijaniem pojedynczych bel okrągłych, wynosi do 50%, natomiast w wypadku bel prostopadłościennych, gdy owija się jednocześnie dwie bele ustawione jedna na drugiej – nawet do 70% [10].

Umieszczanie bel w długich workach o grubości folii 0,3 mm wymaga zastosowania specjalnej maszyny – ładowarki. Na jej stole ustawiane są bele cylindryczne lub prostopadłościenne (pionowo po trzy bele), które są dosuwane siłownikiem hydraulicznym do poprzedniej warstwy. Worek napełniony belami kurczy się i szczelnie okrywa znajdującą się w środku sprasowaną zielonkę [8].

Z przeprowadzonych analiz ekonomicznych wynika, że przechowywanie bel cylindrycznych w workach foliowych jest droższe niż pojedynczych bel owiniętych folią [12]. Przy pakowaniu bel prostopadłościennych do worków o średnicy 2,7 lub 3,0 m koszty jednostkowe są natomiast niższe, albowiem w tym sposobie zakiszania jednostka powierzchni worka osłania większą objętość, a zatem i masę kiszonki niż w wypadku bel cylindrycznych najczęściej o średnicy 1,2 lub 1,5 m [13].

W tym kontekście zastosowanie owijarki szeregowej wydaje się korzystne. W literaturze można spotkać jedynie szczątkowe informacje odnośnie możliwości uzyskania wysokich wydajności przez owijarkę szeregową nawet przy jej eksploatacji na użytkach zielonych o znacząco zróżnicowanej powierzchni i wzajemnej odległości [27]. Brak jest natomiast badań jakościowych, wyjaśniających problem możliwości uzyskania kiszonki wysokiej jakości, zarówno wewnątrz beli, jak i w pobliżu powierzchni zewnętrznych. Podjęcie takich badań wydaje się celowe i uzasadnione w związku z korzystnymi wynikami analiz ekonomicznych tego sposobu osłaniania bel [12]. Należy też nadmienić, że przy grupowym osłanianiu bel straty z tytułu wtórnej fermentacji nie występują lub są minimalne.

## Zakiszanie zielonki w postaci siecзки

Sposoby przechowywania rozdrobnionej zielonki są zróżnicowane: od pryzm osłoniętych folią przez silosy przejazdowe do w pełni zmechanizowanych silosów wieżowych. Wprawdzie najmniejsze straty wykazują hermetyczne silosy wieżowe,

jednakże ich koszt inwestycyjny jest bardzo wysoki i przy obecnym poziomie cen przekracza granice opłacalności. Do wad tego sposobu składowania surowca i przechowywania kiszonki należy zaliczyć również trudności z jej wybieraniem. Dlatego też został on w rolnictwie krajowym zaniechany, na korzyść przechowywania siewki w długich workach foliowych, napęnianych za pomocą specjalnej prasy.

Możliwość zagęszczenia siewki długości 1–5 cm z traw i motylkowych w zakresie  $500\text{--}700\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  oraz pewne zabezpieczenie przed dostępem powietrza i ulatnianiem gazów zapewnia wysoką jakość kiszonki, o czym świadczą wyniki badań prowadzonych na terenie Polski i Czech. Wszystkie kiszonki z podsuszonych traw i roślin motylkowych pociętych na siewkę długości 2–3 cm umieszczonych w workach foliowych średnicy 2,4 m i długości 60 m uzyskały oceny dobre i bardzo dobre. Cechowały się brakiem zawartości kwasu masłowego, dużą zawartością kwasu mlekowego i prawidłowym pH [5, 26]. Podobnie wysoką jakość kiszonki uzyskano przy zakiszaniu traw i motylkowych oraz ich mieszanek w HR Szelejewo w 1998 r. (tab. 2) [26]. Należy podkreślić, że wszystkie kiszonki zawierały powyżej 30% masy suchej substancji. Oceniane według skali Fliega-Zimmera uzyskały oceny dobre i bardzo dobre. Stwierdzono małą zawartość kwasu octowego i brak kwasu masłowego. Wartość pH była uzależniona od zawartości masy suchej substancji kiszonki.

Ta nowoczesna metoda charakteryzuje się występowaniem małych strat całkowitych zakiszania na poziomie 5–6% [35]. Możliwość wysokiego stopnia zagęszczenia zielonki w worku o grubości 0,3 mm zapewnia brak strat powierzchniowych, a ponadto kiszonka z traw i motylkowych jest skutecznie zabezpieczona przed przemarznięciem, gdy zawartość w niej masy suchej substancji jest wyższa niż 35% [26].

Metoda ta dzisiaj jest rozpowszechniona w USA, Anglii i Niemczech [31, 35].

Za wdrożeniem jej do praktyki rolniczej w naszym kraju przemawia [26]:

- wysoka jakość produkowanych kiszonek,
- możliwość zakiszania zielonek z traw motylkowych, kukurydzy, prasowanych wysłodków buraczanych, CCM, wilgotnego ziarna zbóż, młóta browarnianego i innych,
- duża wydajność (w ciągu godziny można zakisić 60 ton paszy),
- lokalizacja rękawów foliowych jest uzależniona od miejsca wykorzystania kiszonki,
- nie jest wymagane posiadanie masywnych zbiorników,
- możliwość zakiszania każdej paszy oddzielnie,
- łatwe obliczenie zapasów kiszonki, co ma istotne znaczenie przy normatywnym żywieniu.

Nakłady w tej technologii są zbliżone w porównaniu ze składowaniem w silosach przejazdowych [13, 26], natomiast w porównaniu ze składowaniem w przyzmach koszty jednostkowe są ok. 1,5 raza większe. Uzasadnia to celowość wykorzystania tej metody do zakiszania materiału roślinnego najwyższej jakości w tym zielonek z roślin motylkowych i ich mieszanek z trawami.

Tabela 2. Jakość kiszzonek sporządzonych w rękawie foliowym w 1998 r. [26]

Kiszzonka	Termin zakiszenia	Sucha masa	W suchej masie [%]		pH	Kwasy [%]		Ocena wg Fliega-Zimmera		
			białko surowe	włókno surowe		mlekowy	octowy	masłowy	punkty	ocena
Lucerna	25 maja	35,2	20,5	26,1	4,29	4,96	1,40	brak	96	b.db
Lucerna	4 czerwca	43,0	19,3	17,2	4,81	3,46	1,43	brak	91	b.db
Lucerna	27 lipca	36,6	22,1	30,6	4,28	2,79	2,05	brak	68	db
Lucerna	10 sierpnia	42,4	16,3	19,8	4,68	3,54	0,83	brak	98	b.db
Trawy + lucerna	30 czerwca	39,4	12,9	15,7	4,62	3,01	1,63	brak	68	db
Trawy + lucerna + koniczyna	21 maja	48,3	12,8	16,7	4,51	4,86	0,86	brak	100	b.db
Rajgras włoski	18 maja	33,0	9,3	19,4	4,08	4,23	0,48	brak	100	b.db
Koniczyna czerwona	20 maja	49,8	12,8	20,7	4,18	3,90	1,33	brak	91	b.db
Koniczyna czerwona	27 maja	36,1	16,9	25,2	4,40	4,54	1,15	brak	98	b.db

Przy tradycyjnym składowaniu rozdrobnionej zielonki w pryzmie lub w silosie konieczne jest systematyczne jej ugniatanie, gdyż w przeciwnym razie uzyskuje się znaczne zróżnicowanie zagęszczenia w poprzecznym przekroju warstwy zielonki. Szczegółowe badania wykazały, że zagęszczenie kiszonki w przekroju pryzmy jest nierównomierne i w warstwie do 25 cm od góry wynosi  $116 \text{ kg s.m.} \cdot \text{m}^{-3}$ , a w warstwie 25–50 cm od dna silosu  $155 \text{ kg s.m.} \cdot \text{m}^{-3}$  [1]. Dla uniknięcia ryzyka wtórnej fermentacji i zapewnienia stabilności składowania wymagane jest zagęszczenie materiału do  $200 \text{ kg s.m.} \cdot \text{m}^{-3}$ , przy zawartości masy suchej substancji 30% i  $250 \text{ kg s.m.} \cdot \text{m}^{-3}$  przy 50% s.m. Grubość warstwy podlegającej każdorazowo ugnieceniu powinna być związana z masą ciągnika [6].

Zielonka składowana w pryzmach lub w silosach przejazdowych jest najbardziej narażona na straty powierzchniowe, powstające w wyniku psucia się części kiszonki stykającej się ze ścianami zbiornika i okrywy lub silosu. O grubości warstwy ulegającej zepsuciu decyduje dokładność okrycia (tab. 3). Charakterystyczne jest to, że w każdym wypadku wartości strat w warstwie wierzchniej są wyższe w kiszonce z zielonki przewiędniętej niż świeżej.

**Tabela 3.** Straty w wierzchnich warstwach [ $\text{kg s.m.} \cdot \text{m}^{-2}$  powierzchni] w zależności od stopnia ugniecenia i rodzaju przykrycia kiszony masy roślinnej [9]

Przykrycie	Straty przy ugnieceniu masy roślinnej					
	dobrym		średnim		niedostatecznym	
	prze- wied- niętej	świe- żej	prze- wied- niętej	świe- żej	prze- wied- niętej	świe- żej
Dobre – folia obciążona na całej powierzchni	15	5	20	10	30	15
Średnie – folia bez obciążenia lub w niektórych miejscach obciążona, plewy i ziemia	75	40	85	50	100	60
Złe – bez przykrycia tylko plewy	150	75	180	110	200	150

W celu zminimalizowania strat kiszonki z tytułu wtórnej fermentacji, korzystne jest formowanie pryzm o możliwie małym przekroju poprzecznym [37]. Ponadto na wielkość tych strat wpływa sposób wybierania kiszonki. Zalecane jest stosowanie urządzeń wyposażonych w zespoły wycinające lub frezujące, pozostawiające gładką, zwartą powierzchnię kiszonki.



## Podsumowanie

Z przeprowadzonej analizy wynika, że sposób składowania surowca roślinnego w formie prasowanej jak również w postaci rozdrobnionej oraz osłonięcia przed dostępem powietrza ma wpływ na wielkość powstających strat ilościowych i jakościowych. Przy porównywalnym poziomie strat fermentacyjnych zróżnicowana jest wartość strat powierzchniowych i wtórnej fermentacji. Zakiszanie surowca podsuszonego w warunkach polowych do wilgotności względnej poniżej 70% zapobiega wytwarzaniu się soku kiszonkowego niezależnie od sposobu zagęszczenia i przechowywania. Najkorzystniejszym sposobem osłaniania prasowanych bel, ze względu na wielkość strat jest owijanie pojedynczych bel. Charakteryzuje się jednak wysokimi kosztami w odniesieniu do jednostki masy kiszonki. Potrzebne jest zatem poszukiwanie metod tańszych z zastosowaniem grupowego osłaniania bel, zwłaszcza z zastosowaniem owijarki szeregowej, co wymaga jednak prowadzenia badań zwłaszcza jakościowych otrzymywanej kiszonki.

Analogicznie przy zakiszaniu zielonki rozdrobnionej najmniejsze straty wykazuje zakiszanie w workach foliowych. Ze względu jednak na wysokie koszty jednostkowe, powinny być zakiszane surowce roślinne najwyższej jakości. Potrzebne jest doskonalenie tradycyjnych metod przechowywania w przyrmach lub w silosach dla zapewnienia minimalnych strat.

## Literatura

- [1] Ahmels H.P., Isensee E. 1994. Zur Verdichtung von Alwelkgras in Fahrtilos. *Landtechnik* 49(3): 146–147.
- [2] Biłowicki J. 1987. Współczesne kierunki w technologii konserwowania pasz zielonych w rolnictwie holenderskim. *Nowe Rolnictwo* 1: 32–39.
- [3] Brzoska F. 1994. Metody konserwacji, przechowywania i przyrządzania pasz. *Biuletyn Informacyjny Instytutu Zootechniki*, Kraków 3: 49–62.
- [4] Buliński J., Gach S., Waszkiewicz Cz. 1994. Ocena parametrów pracy owijarki do bel. Materiały IV Sympozjum im. prof. Cz. Kanafojskiego: Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych. Politechnika Warszawska, Płock: 72–75.
- [5] Cermak B., Lad F., Podkówa W., Novotny D., Podkówa Z. 1998. Wpływ technologii zakiszania na jakość i wartość pokarmową kiszonek z porostu łąkowego i kukurydzy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 462: 423–429.
- [6] Darby D.F., Jofriet I.C. 1993: Density of silage in horizontal silos. *Canadian Agricultural Engineering* 35(4): 275–279.
- [7] Dmitrewski J., Gach S. 1999. Analiza rozwiązań konstrukcyjnych owijarek do bel przeznaczonych do kiszenia. Cz. 1. Maszyny do owijania pojedynczych bel. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej* 10: 2–7.
- [8] Dmitrewski J., Gach S. 1999. Analiza rozwiązań konstrukcyjnych owijarek do bel przeznaczonych do kiszenia. Cz. 2 Maszyny do grupowego okrywania bel. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej* 11: 3–5.

- [9] Dulcet E. 2002. Nowoczesne techniki zbioru zielonek i metody ich zakiszania. Wydawnictwa Uczelniane ATR, Bydgoszcz: 132 ss.
- [10] Endebrock K., Johanning B. 1995. Ballenwickelgeräte-Bauformen und Arbeitsweise. *Landtechnik* 1: 32–33.
- [11] Gach S. 1994. Analiza nakładów robocizny i energetycznych oraz kosztów technologii zbioru zielonek w postaci bel zwijanych i owijanych folią w porównaniu z tradycyjnymi formami zakiszania. Badania jakości kiszonki w belach owiniętych folią. Maszynopis Katedry Maszyn Rolniczych, SGGW, Warszawa: 8 ss.
- [12] Gach S. 2002. Efektywność technologii produkcji kiszonek z traw łąkowych w formie sprasowanych bel. Cz. II. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 486: 397–402.
- [13] Gach S. 2003. Analiza i ocena technologii sporządzania kiszonek z zielonek niskołodygowych. Rozprawa habilitacyjna, Wyd. SGGW, Warszawa: 116 ss.
- [14] Gallard F., Berner J.L. 1989. Le banderolage des balles d'ensilage. Approche économique. *Bull. Tech. Machinis Tech. Agrc.* 37: 9–16.
- [15] Gieroba J., Nowak J., Sawa J. 1993. Zakiszanie zielonek w formie dużych bel cylindrycznych. *Post. Nauk Rol.* 2: 59–66.
- [16] Gieroba J., Nowak J., Sawa J. 1995. Ocena technologii zbioru pasz objętościowych w postaci wielkowymiarowych bel. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 424: 161–168.
- [17] Haigh P.M. 1996. The effect of dry matter content bunker – made grass silages on commercial farms in Wales 1987–1993. *Journal of Agricultural Engineering Research* 64(4): 261–270.
- [18] Jankowska-Huflejt H., Paluch B., Zastawny J. 1996. Przyczyny strat składników pokarmowych w procesie zbioru i konserwacji pasz z użytków zielonych. IMUZ, Falenty: 22 ss.
- [19] Kahlstadt J. 1996. Abwasser von Flachsiloanlagen. Quantitative und qualitative Erfassung. *Landtechnik*, Jg 51(1): 26–27.
- [20] Mikołajczak J. 1997. Soki kiszonkowe a ryzyko skażenia środowiska rolniczego. IMUZ, Falenty, *Zeszyty Edukacyjne* 2: 75–84.
- [21] Nowak J. 1997. Analiza i ocena technologii sporządzania kiszonek w formie bel cylindrycznych. Rozprawa habilitacyjna, AR w Lublinie: 58 ss.
- [22] Nowak J. 1999. Straty w produkcji kiszonek powodowane wypływaniem soków. *Post. Nauk Rol.* 5: 71–83.
- [23] Olszewski T., Nowak J. 1995. Wybrane aspekty produkcji kiszonek w belach cylindrycznych. *Post. Nauk Rol.* 1: 37–47.
- [24] Podkówka W. 1979. Nowoczesne metody kiszienia pasz. PWRiL, Warszawa: 377 ss.
- [25] Podkówka W. 1998. Kierunki w produkcji kiszonek i siana w Europie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 462: 25–39.
- [26] Podkówka W., Podkówka L., Cermak B., Podkówka Z. 1999. Jakość i wartość pokarmowa kiszonek sporządzonych w rękawie foliowym. Mat. konf. nauk.-techn. „Gospodarowanie na użytkach zielonych w warunkach rolnictwa integrowanego”. IMUZ Falenty: 198–211.
- [27] Pottier M. 1995. Enrubannage non-stop. *Top Cultures* 48: 15.
- [28] Roszkowski A. 1979. Mechanizacja zbioru i konserwacji pasz zielonych. PWRiL, Warszawa: 360 ss.
- [29] Roszkowski A. 1998. Technologie zakiszania zielonek niskołodygowych zbieranych prasami – ocena stanu i perspektywy. *Probl. Inż. Rol.* 6(1): 89–108.
- [30] Rotz C.A. 1995. Loss models for forage harvest. *Transactions of the ASAE* 38(6): 1621–1631.
- [31] Schiel A., Winter A. 1996. Gute Silage aus dem Schlauch. *Top Agrar* 8: 72–75.

- [32] Sęk T., Przybył J. 1997. Porównanie technologii zbioru sianokiszonki. Materiały VII Sympozjum im. prof. Cz. Kanafojskiego: Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych. Politechnika Warszawska, Płock: 202–207.
- [33] Thaysen J., Sindt J. 1993. Wickelsilage; Rund oder eckig? *Top Agrar* 3: 132–133.
- [34] Waszkiewicz Cz., Lisowski A. 1999. Jakość paszy w technologii zbioru prasą wielkogabarytową. *Probl. Inż. Rol.* 3: 29–34.
- [35] Wolf J., Mahlkow-Nerge K. 1997. Das Silo in der Pelle. Das Verfahren der Schlauchsilierung. *Neue Landwirtschaft* 8: 57–62.
- [36] Zastawny J. 1993. Wartość pokarmowa różnie konserwowanych pasz objętościowych z użytków w świetle badań chemicznych i zootechnicznych. Rozprawa habilitacyjna, IMUZ, Falenty: 102 ss.
- [37] Zastawny J., Wróbel B. 2002. Nowoczesne technologie zbioru i zakiszania runi łąkowej. W opracowaniu „Pasze z użytków zielonych czynnikiem jakości zdrowotnej środków żywienia zwierząt i ludzi”. IMUZ, Falenty: 118–128.

## Green forage losses at ensiling and storage

---

**Key words:** green forage, ensiling and storage methods, nutrient losses

### Summary

Various methods of green forage ensiling, storage and air-tight protection were analysed in respect of occurring losses. The losses of nutrients connected with fermentation, silage effluents, boundary and secondary fermentation were considered. Some exemplary results of qualitative testing the silage in form of bales and chaff were given.