

Wpłynęło 12.03.2019 r.
Zrecenzowano 20.03.2019 r.
Zaakceptowano 21.03.2019 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

WPŁYW SZCZELNOŚCI OSŁON Z FOLII ROZCIĄGLIWYCH NA JAKOŚĆ KISZONKI W BELACH CYLINDRYCZNYCH

**Janusz NOWAK^{1) ADF}, Barbara WRÓBEL^{2) DEF},
Wojciech PRZYSTUPA^{3) BCD}, Anna KRAWCZUK^{4) BE}**

¹⁾ orcig.org/0000-0002-8687-4483; Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji

²⁾ orcid.org/0000-0003-4713-5968; Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach

³⁾ orcid.org/0000-0002-6423-8187; Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji

⁴⁾ orcid.org/0000-0001-6227-7740; Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji

Streszczenie

W pierwszej części artykułu dokonano przeglądu wyników badań nad wpływem przemieszczania bel cylindrycznych z zakiszaną paszą na szczelność ich osłony i jakość produktu końcowego. Przedstawiono również dwie metody oceny szczelności osłon z folii rozciągliwych – z zastosowaniem zestawu pomiarowego firmy Ekolag AB Claes Jonsson oraz poprzez pomiar koncentracji gazów. W drugiej części dokonano analizy czynników decydujących o uszkodzeniach osłony bel i ich wpływu na jakość produktu końcowego. Z przeglądu literatury wynika, że na szczelność owinięcia bel negatywnie wpływa: liczba wykonywanych manipulacji, termin ich przeprowadzenia, długość okresu przechowywania bel oraz liczba warstw folii. Najmniej szczelne były osłony na belach intensywnie przemieszczanych po 5 i 10 dniach od momentu ich owinięcia oraz długo przechowywanych. Bardziej narażone na utratę szczelności osłony były również bele owinięte 2 warstwami folii lub folią cieńszą od standardowej. Wykazano również, że bele przechowywane w warunkach produkcyjnych są często narażone na uszkodzenia ich osłony, zwykle powodowane przez ptaki, gryzonie i zwierzęta domowe, a stosowane sposoby ich ochrony nie zawsze są skuteczne. Kiszonki pochodzące z bel z uszkodzoną osłoną są niskiej jakości, a ich powierzchnia w znacznym stopniu jest pokryta pleśniami. Skuteczną metodą ograniczającą uszkodzenia bel z kiszonką przez gryzonie opracowaną w Japonii polegała na zastosowaniu nowego sposobu ich składowania, w którym bele nie były zgrupowane. Uszkodzenie folii na belach przechowywanych w ten sposób było wielokrotnie mniejsze niż na belach przechowywanych w sposób tradycyjny.

Słowa kluczowe: *bele cylindryczne, jakość kiszonki, szczelność osłon bel, uszkodzenia osłon bel*

Do cytowania For citation: Nowak J., Wróbel B., Przystupa W., Krawczuk A. 2019. Wpływ szczelności osłon z folii rozciągliwych na jakość kiszonki w belach cylindrycznych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 19. Z. 1 (65) s. 37–54.

WSTĘP

Kiszenie pasz zielonych w postaci bel cylindrycznych jest metodą konserwowania powszechnie stosowaną w wielu krajach europejskich (Anglia, Niemcy, Norwegia, Szwecja) [LINGVALL 1995; O'KIELY i in. 2002; MCENIRY i in. 2011; WILKINSON, TOIVONEN 2003]. Rezultaty licznych badań dotyczących jakości otrzymanego produktu wskazują jednak na duże trudności w zapewnieniu warunków do przebiegu właściwej fermentacji w zakiszczonym materiale [SPÖRNDLY i in. 2007; SPÖRNDLY, PAULY 2008; TABACCO i in. 2013]. Wynika to przede wszystkim ze stosunkowo małego zagęszczenia zielonki w belach formowanych prasami zwijającymi, częściowej przepuszczalności powietrza przez folię rozciągliwą (worek foliowy) oraz licznych jej uszkodzeń w okresie przechowywania bel [HAN i in. 2014; NOWAK 2013; O'KIELY i in. 2002; PAILLAT, GAILLARD 2001; RESCH 2009]. Wymienione czynniki nie zawsze umożliwiają anaerobowy przebieg fermentacji w konserwowanym materiale, czego efektem może być bardzo niska jakość produktu końcowego [BORREANI, TABACCO 2008; KORPYSZ, GACH 2011; MCCORMICK 2006; O'BRIEN i in. 2005; WYSS i in. 1991]. Podkreśla się również, że w tym sposobie konserwowania zielonek bardzo istotnymi czynnikami wpływającym na wartość kiszonki są: liczba nakładanych warstw folii zabezpieczającej, czas między uformowaniem bel i ich przygotowaniem do przechowywania oraz liczba manipulacji nimi [NONAKA i in. 1999]. W wielu opracowaniach zwraca się szczególną uwagę na rodzaj i cechy fizyczne konserwowanej paszy jako na czynniki, które w znacznej mierze decydują o jakości sporządzanych kiszonek [FYCHAN i in. 2015; KELES i in. 2009; KELLY i in. 2000; PODKÓWKA, PODKÓWKA 2017]. W nielicznych natomiast pracach podejmuje się problem wpływu liczby manipulacji belami cylindrycznymi, bezpośrednio lub po kilkunastu dniach po owinięciu ich folią rozciągliwą, na wskaźnik szczelności osłony oraz jakość kiszonki [FYCHAN i in. 2015; HÖRND AHL i in. 2019; MCENIRY i in. 2011]. Nieznaczna także liczba opracowań odnosi się do przyczyn uszkodzeń osłon bel przechowywanych w warunkach produkcyjnych i wpływu ich na jakość kiszonki [O'BRIEN i in. 2007; O'KIELY i in. 2002; WYSS i in. 1991].

Celem pracy jest wykazanie, na podstawie danych z literatury, wpływu:

- manipulacji belami cylindrycznymi po owinięciu ich folią rozciągliwą na szczelność osłony i jakość kiszonki,
- uszkodzeń osłony na jakość kiszonki.

SPOSOBY OCENY SZCZELNOŚCI OSŁONY FOLIOWEJ NA BELI CYLINDRYCZNEJ

Jeden ze sposobów oceny szczelności osłon formowanych z rozciągliwych folii polega na pomiarze czasu wnikania do ich wnętrza powietrza atmosferycznego,

w którym uprzednio wytworzono odpowiedniej wartości podciśnienie poprzez częściowe wysysanie znajdujących się w niej gazów. Do tych pomiarów przeznaczony jest zestaw firmy Ekolag AB Claes Jonsson [JONSSON 2001]. Przygotowanie bel do oceny szczelności osłony musi być poprzedzone umieszczeniem w ich górnej części wentyla, który umożliwi wysysanie gazów z osłony beli. Jako wskaźnik oceny szczelności osłony foliowej przyjmuje się czas, w którym nastąpi zmiana podciśnienia gazów wewnątrz beli o ściśle określoną wartość. Zwykle przyjmuje się dwa zakresy zmiany podciśnienia gazów – pierwszy z nich obejmuje zakres od 350 do 250 Pa, a drugi od 250 do 200 Pa (lub 150 Pa) [FYCHAN i in. 2015; WRÓBEL i in. 2010]. Natomiast w badaniach szwedzkich przyjmowano zmianę podciśnienia tylko o 50 Pa (od 200 do 150 Pa) [HÖRNDAHL i in. 2019].

Drugi sposób polega na pomiarze koncentracji azotu, tlenu i ditlenku węgla w gazie znajdującym się w osłoniętej beli [MCENIRY i in. 2011]. Każda bela przeznaczona do badań szczelności jej osłony tą metodą miała zainstalowany zestaw umożliwiający wielokrotne pobieranie próbek gazu. Został on wciśnięty przez osłonę w górną część beli, poniżej 20 cm od jej płaskiej powierzchni. Głównym elementem zestawu jest zmodyfikowany zawór pozwalający na wielokrotne pobieranie próbek gazu strzykawką o pojemności cylindra 20 cm³. Natychmiast po wyjęciu igły z zestawu zamykano go zatyczką, a skład gazu zawartego w cylindrze mierzono chromatografem gazowym Shimadzu GC-8A z detektorem TCD.

W skutecznie zabezpieczonej kiszonce przed dostępem powietrza najbardziej pożądanym gazem jest ditlenek węgla, który powstaje w procesach fermentacji i ma właściwości inhibitujące rozwój drobnoustrojów tlenowych. W przypadku kiszonki o małej zawartości suchej masy nie bez znaczenia jest również jego wpływ na zmniejszanie pH w wyniku tworzenia kwasu węglowego [LI i in. 2017; McDONALD i in. 1991; PAHLOW i in. 2003; WEINBERG, ASHBELL 2003].

WPŁYW MANIPULACJI BELAMI NA SZCZELNOŚĆ ICH OSŁONY Z FOLII I JAKOŚĆ KISZONKI

Zagadnienie oceny wpływu manipulacji belami owiniętymi rozciągliwą folią na szczelność osłony i jakość kiszonki stało się przedmiotem badań kilku ośrodków naukowo-badawczych z krajów, w których znaczą część zielonek przeznaczanych do zakiszania zbiera się prasami zwijającymi [HÖRNDAHL i in. 2019; MCENIRY i in. 2011; SPÖRNLDY i in. 2007]. Do tych krajów należą między innymi Irlandia i Szwecja.

Przedmiotem badań w Irlandii były kiszonki sporządzone z zielonki z traw drugiego pokosu o średniej zawartości suchej masy 23,7%, które zbierano prasą stałokomorową KR 130 firmy Krone (średnica i wysokość bel 1,2 m). Bele owinięte folią rozciągliwą przemieszczano jednokrotnie (M1) i trzykrotnie (M2) bezpośrednio po owinięciu folią oraz trzykrotnie po pięciu dniach od owinięcia (M3).

Jako miernik szczelności osłony przyjęto udział objętościowy tlenu w gazie znajdującym się wewnątrz beli. Pomiary udziału tlenu przeprowadzono dwukrotnie – po 20 i 247 dniach przechowywania bel.

Z zależności przedstawionych w tabeli 1. wynika, że wraz ze zwiększaniem liczby manipulacji belami owiniętymi folią rozciągliwą zwiększa się znacznie udział tlenu w gazach znajdujących się wewnątrz beli. Jest to szczególnie widoczne na przykładzie bel przechowywanych 247 dni, które były poddawane trzem manipulacjom po 5 dniach po owinięciu ich folią rozciągliwą. Udział tlenu stanowił wtedy prawie 5,3% objętości pobieranych prób gazu i był ponad 1,6 raza większy w porównaniu z ilością w belach manipulowanych jednokrotnie. Warto jednak zwrócić uwagę na nieznaczny wpływ liczby manipulacji owiniętymi belami na udział tlenu w próbach gazu pobieranych po 20 dniach kisenia (w zakresie od 1,76% w przypadku jednokrotnego manipulowania do 1,7% w przypadku trzykrotnego manipulowania). Wyniki badań osłon z folii rozciągliwych, które prowadzono po 247 dniach przechowywania bel, wykazały, że ocena stopnia zabezpieczenia kiszonki przed dostępem powietrza zależała przede wszystkim od grubości osłon wynikającej z liczby nałożonych warstw, rodzaju folii i liczby manipulacji belami.

Tabela 1. Wpływ liczby manipulacji belami owiniętymi folią rozciągliwej (średnia dla dwóch rodzajów oraz 2, 4 i 6 warstw folii) i czasu ich przechowywania na średni udział objętościowy tlenu w mieszaninie gazów znajdujących się w beli

Table 1. Effect of the number of manipulations of bales wrapped with stretch film (average for two types and 2, 4 and 6 layers of film) and storage period on the average concentration of oxygen in the gas mixture in the bale

Liczba i termin manipulacji Number and term of manipulation	Udział objętościowy tlenu, % Volume fraction of oxygen, %	
	okres przechowywania 20 dni storage period 20 days	okres przechowywania 247 dni storage period 247 days
M1	1,76	3,30
M2	1,76	3,80
M3	1,70	5,30

Objaśnienia: M1 = jednokrotne przemieszczanie bel (bezpośrednio po owinięciu folią); M2 = trzykrotne przemieszczanie bel (bezpośrednio po owinięciu folią); M3 = trzykrotne przemieszczanie bel po 5 dniach od momentu ich owinięcia.

Explanations: M1 = one handling operation (after wrapping); M2 = three handling operations (after wrapping), M3 = three handling operations (5 days after wrapping).

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych: MCENIRY i in. [2011].

Source: own study based on data from: MCENIRY *et al.* [2011].

Z danych zamieszczonych w tabeli 2. wynika, że wskaźniki szczelności osłon uformowanych z dwóch warstw folii nie przekraczały 5 s, nawet jeśli bele były przemieszczane jednokrotnie (M1). Trudno więc mówić o zabezpieczeniu kiszzonej paszy przed dostępem powietrza.

Tabela 2. Wpływ rodzaju i liczby warstw folii oraz liczby manipulacji belami owiniętymi folią na wskaźnik szczelności ich osłony po 247 dniach przechowywania**Table 2.** Effect of the type and number of film layers and the number of manipulations of bales wrapped with plastic film on seal tightness indicator after 247 days of storage

Liczba i termin manipulacji Number and term of manipulation	Wskaźnik szczelności osłony, s Seal tightness indicator, s	
	ST	T
Liczba warstw folii – 2 Number of film layers – 2		
M1	5,0	1,0
M2	3,0	1,0
M3	1,5	0,0
Liczba warstw folii – 4 Number of film layers – 4		
M1	15,0	35,0
M2	13,0	29,0
M3	12,0	27,0
Liczba warstw folii – 6 Number of film layers – 6		
M1	20,0	32,0
M2	23,0	44,0
M3	19,0	45,0

Objaśnienia: ST = folia standardowa, T = 14 µm folia prototypowa, pozostałe jak w tab. 1.

Explanations: ST = standard film, T = 14 µm thick prototype film, others as in tab. 1.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych: MCENIRY i in. [2011].

Source: own study based on data from: MCENIRY *et al.* [2011].

Potwierdzają to też wyniki dotyczące pokrycia powierzchni bel pleśniami (tab. 3). Należy jednak dodać, że osłona z dwóch warstw prototypowej folii grubości 14 µm okazała się znacznie mniej skuteczna w porównaniu z osłoną dwuwarstwową z folii standardowej (25 µm). Można sądzić, że jest to wynikiem zbyt małej grubości osłony z licznymi mikrouszkodzeniami.

Badania prowadzone w Szwecji wykazały, że czas między owijaniem bel a ich dwukrotnym przemieszczaniem miał wpływ na szczelność ich osłony z folii rozciągliwej i stopień porażenia powierzchni bel pleśniami [HÖRNDL i in. 2019; SPÖRNDLY i in. 2007]. Bele przeznaczone do badań formowano prasowijarką Viccon 1601 Combi, ich średnica wynosiła 1,2 m. Materiałem zbieranym była mieszanka koniczyny z trawami, którą podsuszano do dwóch zakresów zawartości suchej masy: 40,0–44,0% i 74,0–76,7%. Średnie zagęszczenie bel z zielonki mniej podsuszanej wynosiło 158 kg s.m. · m⁻³, a z bardziej – 180 kg s.m. · m⁻³. Bele owijano sześcioma warstwami folii grubości 25 µm z 50-procentowym pokryciem poprzednio nałożonej warstwy i 70-procentowym rozciągnięciem. Do przemieszczania bel stosowano ładowacz czołowy wyposażony w chwytak Quadrogrip firmy Trima. Przemieszczanie bel składało się z pięciu czynności: chwytanie bel, uniesienie, transportowanie, opuszczanie i rozsuwanie ramion chwytaka. Bele prze-

Tabela 3. Wpływ rodzaju i liczby warstw folii oraz liczby manipulacji belami owiniętymi folią na pokrycie ich powierzchni pleśniami po 247 dniach ich przechowywania

Table 3. Effect of type and number of film layers and the number of manipulations of bales wrapped with plastic film on coverage of their surface with moulds after 247 days of storage

Liczba i termin manipulacji Number and term of manipulation	Powierzchnia bel pokryta pleśnią,% Mould coverage of bales surface area, %	
	ST	T
Liczba warstw folii – 2 Number of film layers – 2		
M1	37,0	65,0
M2	38,0	70,0
M3	68,0	51,0
Liczba warstw folii – 4 Number of film layers – 4		
M1	1,0	0,0
M2	5,0	20,0
M3	7,0	12,0
Liczba warstw folii – 6 Number of film layers – 6		
M1	1,0	0,0
M2	0,0	5,0
M3	0,5	1,5

Objaśnienia: ST = folia standardowa, T = 14 µm folia prototypowa, pozostałe jak w tab. 1.

Explanations: ST = standard film, T = 14 µm thick prototype film, others as in tab. 1.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych: MCENIRY i in. [2011]

Source: own study based on data from: MCENIRY *et al.* [2011]

mieszczano dwukrotnie w odstępie 10–15 min i tylko w miejscu przechowywania bel, do którego były transportowane na paletach. Czynności te realizowano w czasie: nie dłuższym niż 1 h, 3–5 h, po ok. 24 h, po ok. trzech dniach i po dziesięciu dniach od owinięcia bel folią rozciągliwą. Siła nacisku ramion chwytaka na belę wynosiła 14,5 kN. Bele opuszczające maszynę Vicon 1601 Combi, wyposażoną w zespół pionowego ustawiana bel, były bezpośrednio stawiane na palecie, którą następnie ładowano na środek transportowy. Bele razem z paletami umieszczonymi w miejscu przechowywania stanowiły grupę kontrolną – nie podlegały żadnym manipulacjom. Szczelność osłony bel oceniano po 6, 13 i 14 tygodniach przechowywania. Do oceny szczelności folii zastosowano metodę polegającą na pomiarze czasu wnikania do wnętrza beli powietrza atmosferycznego w warunkach zmiany podciśnienia z 200 Pa do 150 Pa.

Z danych zamieszczonych w tabeli 4. wynika, że wskaźnik szczelności osłon z folii rozciągliwej zależy od czasu, który upłynął od ich formowania na belach cylindrycznych do momentu poddawania bel czynnościom przemieszczania oraz okresu ich przechowywania. Wydłużenie okresu przechowywania bel z 13 do 19 tygodni wpłynęło znacząco na zmniejszenie wskaźnika szczelności osłon z folii

rozcigliwej formowanych na belach cylindrycznych. Średnia wartość tego wskaźnika w przypadku przechowywania bel przez 13 tygodni wynosiła ok. 1200 s. Podana wartość jest ponad dwukrotnie większa od średniej wartości wskaźnika szczelności osłon na belach przechowywanych 19 tygodni. Na szczególne podkreślenie zasługuje wpływ czasu między formowaniem osłony z folii rozciągliwej a manipulowaniem belami na wskaźnik szczelności osłony. Największą wartością wskaźnika szczelności charakteryzowały się osłony na belach, które były poddawane manipulacjom transportowym w okresie od 3 do 5 h po ich zabezpieczeniu folią rozciągliwą. Stwierdzenie to szczególnie odnosi się do osłon na belach, których okres przechowywania zawierał się w zakresie od 13 do 19 tygodni. Wskaźnik szczelności osłon na belach niepoddawanych żadnym manipulacjom stanowił wtedy ok. 36% wartości wskaźnika szczelności osłon na belach poddawanych manipulacjom transportowym w okresie od 3 do 5 h po ich zabezpieczeniu.

Tabela 4. Wpływ okresu przechowywania bel cylindrycznych z zakiszaną paszą i czasu między formowaniem na nich osłony z folii rozciągliwej a dwukrotnym ich przemieszczaniem na wskaźnik szczelności (w warunkach zmiany podciśnienia z 200 do 150 Pa)

Table 4. Effect of the period of storage of round bales with ensiled fodder and the time between wrapping and double displacement on the seal tightness indicator (under conditions of vacuum change from 200 to 150 Pa)

Okres przechowywania, tygodnie Period of storage, weeks	Wskaźnik szczelności (s), gdzie czas między formowaniem osłony a przemieszczaniem jest równy Seal tightness indicator (s), when time between wrapping and manipulation was					
	0 h	1 h	3-5 h	24 h	3 dni 3 days	10 dni 10 days
	6	1 139	1 217	1 501	1 319	1 238
13 i 19, średnio Average 13 and 19	335	609	994	609	649	406

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych: HÖRNDAHL i in. [2019]

Source: own study based on data from: HÖRNDAHL *et al.* [2019]

Wyniki badań prowadzonych w Polsce wykazały, że wskaźnik szczelności osłony na belach o znacznie mniejszym zagęszczeniu zawartej w nich masy (zawartość suchej masy ok. 46%, średnie zagęszczenie 135 kg s.m.·m⁻³) zależy istotnie od liczby warstw folii rozciągliwej [WRÓBEL i in. 2010]. Dane zamieszczone w tabeli 5. informują, że wskaźnik szczelności osłon w przypadku dwuwarstwowej osłony wynosi 21 s w warunkach zmiany podciśnienia gazów z 250 do 150 Pa i tylko 8,1 s w warunkach zmiany podciśnienia z 350 do 250 Pa. Jeśli osłona została uformowana z ośmiu warstw folii, to wskaźnik szczelności zwiększył się prawie dziesięciokrotnie (201 s) w pierwszym zakresie zmian podciśnienia i ponad szesnastokrotnie (135 s) w drugim. Warto jednak podkreślić, że badania szczelności

Tabela 5. Wskaźnik szczelności osłony, stopień porażenia powierzchni bel przez pleśnie i straty suchej masy w zależności od liczby warstw folii rozciągliwej produkcji krajowej (K) i importowanej (I)

Table 5. Seal tightness indicator, bale surface contaminated by moulds and dry matter losses depending on the number of stretch film domestic origin (K) and imported (I)

Wyszczególnienie Specification	Folia Plastic film (25 μm, 0,5 m)		Liczba warstw folii w osłonie Number of film layers in seal			
	K	I	2	4	6	8
Wskaźnik szczelności ¹⁾ , s Seal tightness indicator ¹⁾ , s						
– z 250 do 150 Pa from 250 to 150 Pa	120	120	21	104	148	207
– z 350 do 250 Pa from 350 to 250 Pa	72	73	8,2	56	91	135
PPBP ²⁾ , %	18,2	23,0	50,0	21,2	9,5	1,5
Straty suchej masy, % Dry matter losses, %	0,8	1,0	2,5	0,9	0,2	0,1

¹⁾ W warunkach zmiany podciśnienia w wymienionych zakresach.

In conditions of vacuum change in the mentioned ranges.

²⁾ Porażenie powierzchni bel pleśniami (0 = brak widocznego występowania, 100 = całkowite porażenie powierzchni).

Contamination of bale surface with moulds (0 = no visible occurrence, 100 = total surface contaminated).

Źródło: WRÓBEL i in. [2010]. Source: WRÓBEL *et al.* [2010].

osłon prowadzonych w Polsce przeprowadzono po trzech tygodniach od ich uformowania, a porażenie bel przez pleśnie i straty suchej masy oceniano po 27 tygodniach przechowywania. Porażenie powierzchni bel przez pleśnie było bardzo duże, nawet gdy nałożonych było sześć warstw folii rozciągliwej (9,5%). Wymieniona wartość jest nawet kilkadziesiąt razy większa w porównaniu z wynikami uzyskanymi w Szwecji w najmniej korzystnych warunkach badań – tam pokrycie powierzchni bel pleśniami wynosiło tylko 0,24% [SPÖRNDLY i in. 2007]. Tak znaczne rozbieżności mogą wynikać z co najmniej dwóch powodów. Pierwszy z nich odnosi się do okresu przechowywania bel (27 tygodni w badaniach polskich, 6–19 tygodni w badaniach szwedzkich). Drugi dotyczy zagęszczenia bel, które w badaniach szwedzkich wynosiło nawet 180 kg s.m.·m⁻³.

W wyniku dokonanej analizy oceny efektywności osłon bel cylindrycznych formowanych z folii rozciągliwej nasuwają się pewne wątpliwości dotyczące sposobu jej określania i warunków prowadzenia badań. Porównywanie wyników uzyskanych w warunkach różnych wartości: podciśnienia wstępного gazów w osłonie beli (350, 250, 200 Pa), zmian podciśnienia (100, 50 Pa) oraz terminu badań określanego czasem między formowaniem osłony a ich prowadzeniem nie może zapewnić właściwego wnioskowania.

Z porównania wyników uzyskanych w warunkach różnego zagęszczenia zakiszanej masy w belach (wyrażanych w kg·m⁻³, a nie w kg s.m.·m⁻³) można sądzić, że metoda oceny osłon polegająca na pomiarze czasu wnikania do wnętrza bel powietrza atmosferycznego, w których uprzednio wytworzono odpowiedniej wartości

podciśnienie nie w pełni informuje o ich szczelności. Takie stwierdzenie wydaje się upoważnione, gdyż takiej samej osłonie na belach o różnej gęstości zawartej w nich masy będzie odpowiadać różna wartość wskaźnika szczelności i to nawet bezpośrednio po jej uformowaniu. W belach o mniejszej gęstości masy, zawierających więcej gazów, będą korzystniejsze warunki do zmiany podciśnienia o ustaloną wartość w porównaniu z belami o większym zagęszczeniu masy.

WPLYW USZKODZEŃ OSŁON FOLIOWYCH NA JAKOŚĆ KISZONKI

Oslony z folii rozciągliwych uformowane na belach z paszą przeznaczoną do zakiszania nie są odporne na zniszczenia, a mogą je powodować ludzie, domowe i dzikie zwierzęta, zwłaszcza ptaki, koty, psy, lisy, gryzonie i jelenie [KAWAMOTO i in. 2009; 2012; MCNAMARA i in. 2002; O'KIELY i in. 2002; TSUKADA i in. 2012].

Ważną grupą zwierząt, powodującą często duże uszkodzenia folii na belach z zakiszaną paszą, są ptaki, wśród nich szczególnie miejsce zajmują gawrony (*Corvus frugilegus*), a niekiedy i kawki (*Corvus monedula*) [MCNAMARA i in. 2001; 2002; 2004]. Świadczą o tym między innymi wyniki badań prowadzonych w Irlandii w 50 gospodarstwach. Badania te dotyczyły również rodzaju i przyczyn uszkodzeń folii na belach cylindrycznych przechowywanych w różnych warunkach [O'BRIEN i in. 2007]. Z danych zamieszczonych w tabeli 6. wynika, że spośród 100 analizowanych bel wszystkie miały uszkodzone osłony foliowe, a połowę z nich stanowiły uszkodzenia widoczne (49%). Najwięcej uszkodzeń osłony było zlokalizowanych w górnych partiach bel (29%). Wynikało to prawdopodobnie z pionowej orientacji bel (ok. 70%) i przechowywania ich w jednej warstwie. Należy dodać, że wśród znaczących przyczyn uszkodzeń folii były ptaki (15% ogólnej liczby ocenianych bel) oraz inne czynniki (18%), w tym zwierzęta gospodarskie (tab. 7).

Uszkodzenia osłony (nawet najmniejsze) powodują dostęp powietrza do kiszonki, które stwarza korzystne warunki do rozwoju drobnoustrojów tlenowych, w tym pleśni i drożdży. Świadczą o tym dane zamieszczone w tabeli 8. Widoczne kolonie grzybów były obecne na powierzchni 90 bel (na 100 ocenianych). Udział bel porażonych grzybami zmieniał się w zakresie od 75% w styczniu do 100% w marcu.

Okres przechowywania bel bez widocznych kolonii grzybów zawierał się w przedziale od 14 do 34 tygodni. Po tym czasie na wszystkich badanych belach stwierdzono porażenie grzybami. Średnia liczba kolonii wynosiła 6 i zmieniała się w zakresie od 1 do 21 kolonii na powierzchni beli (tab. 9).

Z danych zamieszczonych w tabeli 10. wynika, że oceniane kiszonki różniły się znacznie, o czym świadczą wartości odchylenia standardowego, które informują przeciętnych odchyleniach wartości poszczególnych parametrów kiszonek od ich wartości średnich. Szczególnie dotyczy to takich parametrów, jak: zawartość kwasu masłowego, propionowego i octowego. Współczynnik zmienności zawartości kwasu masłowego w kiszonkach wyniósł aż 104,5%. Jeśli dokona się oblicze-

Tabela 6. Wyniki obserwacji dotyczących sposobu i warunków przechowywania bel cylindrycznych z kiszonką z traw w regionie Midlands w Irlandii

Table 6. Results of observation concerning way and conditions of grass silage storage in big bales in the Irish Midlands

Sposób i warunki przechowywania bel w 50 gospodarstwach Way and conditions of bale storage in 50 farms	Udział bel, % Proportion of bales, %
Orientacja bel: Bale orientation:	
– pionowa vertical	66
– pozioma horizontal	30
– mieszana mixed	4
Liczba warstw bel Number of bale layers:	
– 1	88
– 2	8
– 3	4
Rodzaj podłoża: Ground surface type:	
– trawa grass	43
– żwir gravel	33
– beton concrete	24
Miejsce składowania: Place of storage:	
– gospodarstwo farmyard	88
– pole field	12
Sposób ochrony bel: Method of bale protection:	
– ogrodzenia fencing	98
– malunki anti-bird paints	12
– siatka anti-bird netting	0
– inne other protection methods	4
– brak none	2
Okres przechowywania bel w tygodniach: Period of bales storage in weeks:	
– 14–20	18
– 21–27	31
– 28–34	28
– 35–41	23

Źródło: O'BRIEN i in. [2007], zmodyfikowane. Source: O'BRIEN *et al.* [2007], modified.

nia jakości kiszzonek na podstawie procentowego udziału średnich wartości trzech podstawowych kwasów w ogólnej ich masie, to uzyska się tylko 36 punktów (na 100 możliwych) wg skali Fliega-Zimmera, a taką kiszonkę należy zaliczyć do miernych [PODKÓWKA, PODKÓWKA 2017]. Według skali DLD, opracowanej przez Niemieckie Towarzystwo Rolnicze (nm. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) [DLG 2006], uzyska ona tylko 20 punktów i należy ją zaliczyć do kiszzonek bardzo złej jakości.

Tabela 7. Wyniki obserwacji dotyczących skali, miejsca i przyczyny uszkodzeń folii na belach cylindrycznych z kiszonką z traw w regionie Midlands w Irlandii

Table 7. Results of observation concerning extent, location and cause of damage of grass silage storage in big bales in the Irish Midlands

Skala, miejsce i przyczyna uszkodzeń 100 bel Extent, location and cause of damage of 100 bales	Udział bel, % Proportion of bales, %
Skala uszkodzeń Extend of damage:	
– niewidoczne not visibly damaged	51
– widoczne visibly damaged	49
Lokalizacja uszkodzeń Location of damage	
– krawędzie shoulder	49
– część boczna barrel	47
– część górna upper end	29
– część dolna lower end	4
Przyczyny uszkodzeń Cause of damage:	
– ptaki birds	15
– maszyny machinery	6
– psy dogs	2
– koty cats	1
– gryzonie rodents	1
– inna other	18

Źródło: O'BRIEN i in. [2007], zmodyfikowane. Source: O'BRIEN *et al.* [2007], modified

Tabela 8. Liczba i rozmiary widocznych kolonii grzybów na powierzchni bel cylindrycznych z kiszonką z traw ($n = 20$) w 50 gospodarstwach regionu Midlands w Irlandii w zależności od terminu skarmiania

Table 8. Number and sizes of visible fungal colonies on baled grass silage examined ($n = 20$) on 50 farms in the Irish Midlands in relation to the term of feed out

Miesiąc skarmiania kiszonek Month of bale feed-out	Liczba bel porażonych Number of bales contaminated	Średnia liczba kolonii grzybów na beli ¹⁾ Number of fungal colonies per bale ¹⁾	Średnia powierzchnia bel porażonych grzybami ¹⁾ , m ² Total surface area of fun- gal growth per bale ¹⁾ , m ²
Listopad November	18	4	0,24
Grudzień December	18	7	0,50
Styczeń January	15	6	0,65
Luty February	19	6	0,50
Marzec March	20	8	0,54

¹⁾ Wartość obliczona dla bel porażonych grzybami.

¹⁾ Value calculated for bales showing fungal contamination.

Źródło: O'BRIEN i in. [2007], zmodyfikowane. Source: O'BRIEN *et al.* [2007], modified.

Tabela 9. Liczba i rozmiary widocznych kolonii grzybów na powierzchni bel cylindrycznych z kiszoną z traw w 50 gospodarstwach regionu Midlands w Irlandii w zależności od okresu przechowywania

Table 9. Number and sizes of visible fungal colonies on baled grass silage on surface of baled grass silage examined on 50 farms in the Irish Midlands in relation to the age of bale

Okres przechowywania bel Age of bale	Liczba bel porażonych (liczba bel badanych) Number of bales contaminated (number of bales examined)	Średnia liczba kolonii grzybów na beli ¹⁾ Number of fungal colonies per bale ¹⁾	Średnia powierzchnia bel porażonych grzybami ¹⁾ , m ² Total surface area of fungal growth per bale ¹⁾ , m ²
14–20	16(18)	5	0,23
21–27	26(31)	5	0,56
28–34	25(28)	8	0,58
35–41	23(23)	6	0,46

¹⁾ Obliczona dla bel porażonych grzybami. ¹⁾ Calculated for bales showing fungal contamination.

Źródło: O'BRIEN i in. [2007], zmodyfikowane. Source: O'BRIEN *et al.* [2007], modified.

Tabela 10. Skład chemiczny kiszzonek z traw pochodzących ze 100 bel cylindrycznych w 50 gospodarstwach regionu Midlands w Irlandii

Table 10. Chemical composition of grass silages from 100 round bales on 50 farms in the Irish Midlands

Wyszczególnienie Specification	Średnia Mean	SD	Zakres Range
Sucha masa (sm.), % Dry matter (DM), %	34,9	11,41	15,7–66,5
pH	4,5	0,38	3,8–6,0
NH ₃ -N, % N ogólnego Ammonia-nitrogen, % total N	5,8	4,01	0,2–18,2
Kwas mlekowy, % s.m. Lactic acid, % DM	3,3	2,12	0,2–12,3
Kwas octowy, % s.m. Acetic acid, % DM	1,2	0,92	<0,1–4,2
Kwas masłowy, % s.m. Butyric acid, % DM	1,1	1,15	<0,1–4,8
Kwas propionowy, % s.m. Propionic acid, % DM	0,2	0,2	<0,1–1
Etanol, % s.m. Ethanol, % DM	1,6	0,91	0,3–4,4
Suma produktów fermentacji, % s.m. Total fermentation products, % DM	7,4	3,29	1,1–17,9
Kwas mlekowy/suma produktów fermentacji Lactic acid/ fermentation products	0,43	0,156	0,11–0,73

Objaśnienia: SD = odchylenie standardowe. Explanation: SD = standard deviation.

Źródło: O'BRIEN i in. [2007], zmodyfikowane. Source: O'BRIEN *et al.* [2007], modified.

Ważną grupą zwierząt powodujących niekiedy duże straty kiszonek produkowanych w formie bel są gryzonie, zwłaszcza szczury i myszy [KAWAMOTO 2011; KAWAMOTO i in. 2009; 2012]. Potwierdzają to wyniki badań japońskich prowadzonych na obszarze pięciu gospodarstw rolniczych z produkcją bydła, dla których podstawową paszą objętościową w okresie zimowym była kiszonka (prefektura Iwate w północnej części wyspy Honsiu). Podczas wyboru gospodarstw kierowano się głównie lokalizacją miejsca przechowywania bel względem istniejących w nim zabudowań oraz elementów środowiska. W jednym z analizowanych gospodarstw aż 34% masy przechowywanych kiszonek nie nadawało się do skarmiania ze względu na uszkodzenia osłon bel powodowanych przez szczury [KAWAMOTO 2011].

Na szczególne podkreślenie zasługują wyniki badań dotyczące wpływu sposobu przechowywania bel na uszkodzenia folii przez szczury. W tym celu zaplanowano doświadczenie, które dotyczyło wpływu sposobu przechowywania w dwóch warstwach, ale o zróżnicowanym układzie przestrzennym. Grupę kontrolną stanowiły bele ustawione w sposób tradycyjny – bele ustawione ściśle obok siebie, w trzech rzędach, w taki sposób, że boczne krawędzie bel ściśle przylegały do siebie. W drugiej grupie odległości między belami w rzędach i odległość między rzędami były równe i wynosiły połowę ich średnicy. Wszystkie bele z pierwszej warstwy były oddzielone od podłoża folią silosową. Z danych zamieszczonych w tabeli 11. wynika, że osłony foliowe na belach przechowywanych w sposób tradycyjny (grupa kontrolna) były bardziej narażone na uszkodzenia przez szczury. Aż 80% bel z kiszoną z ryżu przechowywanych w sąsiedztwie domu i pól ryżowych miało uszkodzone osłony foliowe. Znacznie mniejsze uszkodzenia osłony odnotowano w przypadku bel przechowywanych przez rok w sąsiedztwie obór i lasu (od 46,1 do 61,5%). Można sądzić, że było to wynikiem mniejszej liczby gryzoni oraz większej średnicy bel, wynoszącej 0,9 m i 1,0 m (tab. 11).

Nowy sposób ułożenia bel okazał się bardziej korzystny w stosunku do tradycyjnego. Udział bel z folią uszkodzoną, nawet przechowywanych w pobliżu domu i pola ryżowego, wynosiło 7,1%. Jest to wartość ponad jedenastokrotnie mniejsza w porównaniu z odnotowaną w belach przechowywanych w tym samym gospodarstwie w sposób tradycyjny. Zwiększenie odległości między przechowywanymi belami zmniejszyło szanse na tworzenie kryjówek przez gryzonie, w których mogłyby się skutecznie chronić przed drapieżnikami. Łatwy dostęp drapieżników do tak przechowywanych bel stanowi skuteczny sposób ochrony ich foliowych osłon przed gryzoniami.

Tabela 11. Udział (%) bel cylindrycznych z uszkodzoną osłoną przez szczury w zależności od rodzaju zakiszanej paszy i sposobu ich przechowywania

Table 11. The proportion (%) of round bales with damaged film seal by rats depending on the type of ensiled forage and the method of storage

Rodzaj paszy ¹⁾ Type of forage ¹⁾	Liczba bel Number of bales	Średnica bel, m Bale diameter, m	Otoczenie miejsca przechowywania bel Surroundings of the bale storage area	Okres przechowywania Period of storage	Sposób przechowywania Method of storage	
					tradycyjny ²⁾ traditional layout ²⁾	nowy ³⁾ specious layout ³⁾
Ryż Forage paddy rice	23	0,5	dom i pola ryżowe house and rice filelds	29 dni 29 days	80,0	7,1
Ryż Forage paddy rice	31	1,0	obora i las cowshed and forest	1 rok 1 year	61,5	0
Kukurydza Corn	25	0,9	obora i las cowshed and forest	1 rok 1 year	46,2	0

¹⁾ Kiszonka z całych roślin. Silage from whole plants.

²⁾ Sposób tradycyjny – bele ustawione w trzech rzędach ściśle obok siebie, w dwóch warstwach.
Traditional method – bales set in three rows closely next to each other, in two layers.

³⁾ Nowy sposób – bele ustawione po dwie, jedna na drugiej, z zachowaniem odstępów w rzędach i między rzędami.
A new method – bales set two, one on top of other, keeping the space in a rows and between rows.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych: KAWAMOTO i in. [2012].

Source: own study based on data from: KAWAMOTO *et al.* [2012]

PODSUMOWANIE

Manipulowanie belami cylindrycznymi z kiszonką, na których uformowano osłony z folii rozciągliwych, może prowadzić do zmniejszenia ich szczelności, co stanowi zwykle duże zagrożenie dla przebiegu procesów fermentacyjnych w zakiszanej paszy oraz powodować duże straty ilościowe i jakościowe kiszzonek. Zasadniczych przyczyn tego zjawiska należy doszukiwać się w zmniejszaniu przylegania nałożonych na siebie warstw folii oraz ich uszkodzeniu przez elementy robocze stosowanych maszyn i urządzeń. Wynikają stąd jasne wskazania praktyczne, że przemieszczanie bel po owinięciu powinno być ograniczone do niezbędnego minimum, a wszelkie niezbędne czynności powinny być wykonywane w jak najkrótszym czasie po owinięciu bel. W przypadku konieczności przemieszczania bel po owinięciu w celu ich transportu do miejsca składowania zalecane jest owinięcie ich minimum czterema, a najlepiej sześcioma warstwami folii. Przestrzeganie tych zaleceń umożliwi ograniczenie rozwoju pleśni w zewnętrznej warstwie kiszonki.

Osłony bel cylindrycznych z zakiszaną paszą, które przechowuje się w warunkach produkcyjnych, są bardzo często uszkodzane przez dzikie i domowe zwierzę-

ta, zwłaszcza ptaki i szczury. Wyniki badań prowadzonych w Irlandii wykazały, że wszystkie oceniane osłony foliowe na belach cylindrycznych były uszkodzone, głównie przez ptaki i inne czynniki. Sprzyjało to rozwojowi pleśni w zewnętrznej warstwie kiszonki i pogorszeniu jakości paszy. Skuteczną metodą ograniczającą uszkodzenia bel z kiszonką przez gryzonie, opracowaną w Japonii, okazało się zastosowanie nowego sposobu składowania bel, z pozostawieniem wolnej przestrzeni między poszczególnymi rzędami i belami w rzędzie. Uszkodzenie folii na belach przechowywanych w ten sposób było wielokrotnie mniejsze niż bel przechowywanych w sposób tradycyjny.

BIBLIOGRAFIA

- BORREANI G., TABACCO E. 2008. New oxygen barrier stretch film enhances quality of alfalfa wrapped silage. *Agronomy Journal*. Vol. 100(4) s. 942–948.
- DLG 2006. Grobfutterbewertung. Teil B – DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung [Roughages feed evaluation. Part B – DLG key to assess the fermentation quality of green fodder silage based on chemical analysis] [online]. DLG Information 2/2006. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft. [Dostęp 10.01.2019]. Dostępny w Internecie: https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/grobfutterbewertung_B.pdf
- FYCHAN R., DAVIES D.R., JONES R. 2015. The effect of wilting time and number of film wrap layers applied to baled grass on silage quality. *Silage insights* [online]. [Dostęp 20.07.2015]. Dostępny w Internecie: <http://www.dow.com/silage/links/wilting.htm>
- HAN K.J., MCCORMICK M.E., DEROUEN S.M., BLOUIN D.C. 2014. Bale location effects on nutritive value and fermentation characteristics of annual ryegrass bale stored in in-line wrapping silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Vol. 27(9) s. 1276–1284.
- HÖRNDL T., SPÖRNDLY R., NYLUND R., ALGERBO P. A. 2019. Handling round bale silage after wrapping [online]. [Dostęp 10.01.2019]. Dostępny w Internecie: <https://www.researchgate.net/publication/267824587>
- JONSSON C. 2001. Directions for measuring tightness in wrapped bales. Björklinge, Sweden. Ecolag AB.
- KAWAMOTO H. 2011. Studies of improvement of fermentation and stable storage method in round-baled silage. *Bulletin National Agricultural Research Center Tohoku Region*. Vol. 111 s. 29–84.
- KAWAMOTO H., KIMURA S., KOMATSU T., OSHIBE A., SHIMADA T. 2009. Reduction of rat damage to forage paddy rice stored as round-baled silage by modifying the storage layout. *Grassland Science*. Vol. 55(2) s. 110–112.
- KAWAMOTO H., SEKIYA H., OSHIBE A., KOMATSU T., FUKUJYU N., SHIMADA T. 2012. Review: Rat damage control to round-baled silage by modifying storage layout. *Japan Agricultural Research Quarterly*. Vol. 46(1) s. 35–40.
- KELES G., O'KIELY P., LENEHAN J.J., FORRISTAL P.D. 2009. Conservation characteristics of baled grass silages differing in duration of wilting, bale density and number of layers of plastic stretch-film. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. Vol. 48(1) s. 21–34.
- KELLY L.A., GIBSON G., GETTINBY G., DONACHIE W., LOW J.C. 2000. A predictive model of the extent of listerial contamination within damaged silage bales. *Quantitative Microbiology*. Vol. 2(3) s. 171–188.

- KORPYSZ K., GACH S. 2011. Właściwości folii stretch stosowanej do osłaniania bel zielonki a jakość uzyskiwanych kiszonek [Properties of the stretch film used for green fodder bales wrapping vs. quality of the silage]. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 56(1) s. 76–81.
- LI M., SHAN G., ZHOU H., BUESCHER W., MAACK C., JUNGBLUTH K.H., LIPSKI A., GRANTZ D.A., FAN Y., MA D., WANG Z., CHENG Q., SUN Y. 2017. CO₂ production, dissolution and pressure dynamics silage production: Multi-sensor-based insight into parameter interactions. *Science Reports*. Vol. 7: 14721. PMID: 29116114.
- LINGVALL P. 1995. *The balewrapping handbook. A guide to the efficient production of balewrapped silage*. Smålandsstenar. Trioplast AB. Sweden ss. 52.
- MCCORMICK M.E. 2006. Bale silage production issues. W: *Proceedings of the 60th Southern Pasture and Forage Crop Improvement Conference*. 13.11.2006 Auburn, AL. USA [online]. [Dostęp 20.03.2019]. Dostępny w Internecie: <http://agrifilecdn.tamu.edu/spfcic/files/2013/02/mcmormick.pdf>
- MCDONALD P. 1981. *The biochemistry of silage*. Chichester–New York–Brisbane–Toronto. John Wiley & Sons. ISBN 047127965X ss. 226.
- MCENIRY J., FORRISTAL P.D., O'KIELY P. 2011. Gas composition of baled grass silage as influenced by the amount, stretch, colour and type of plastic stretch-film used to wrap the bales, and by the frequency of bale handling. *Grass and Forage Science*. Vol. 66(2) s. 277–289.
- MCMAMARA K., O'KIELY P., WHELAN J., FORRISTAL P.D., FULLER H., LENEHAN J.J. 2001. Vertebrate pest damage to wrapped, baled silage in Ireland. *International Journal of Pest Management*. Vol. 47(3) s.167–172.
- MCMAMARA K., O'KIELY P., WHELAN J., FORRISTAL P.D., LENEHAN J.J. 2002. Efficacy of different colour films and chemical repellents for preventing bird damage to the plastic film on wrapped baled silage in the field. W: *Proceedings of the Agricultural Research Forum, Tullamore, Ireland*. Carlow, Ireland. Teagasc s. 81.
- MCMAMARA K., O'KIELY P., WHELAN J., FORRISTAL P.D., LENEHAN J.J., HANRAHAN J.P. 2004. An investigation into the pattern of bird damage to the plastic stretch film on baled silage in Ireland. W: *Biology and Environmental: Proceedings of the Royal Irish Academy*. Vol. 104B(2) s. 95–105.
- NONAKA K., NAKUIT T., OHSHITA T. 1999. The effects of the number of film wrapping layers and moisture content on the quality of round bales of low moisture Timothy silage. *Grassland Sciences*. Vol. 45(3) s. 270–277.
- NOWAK J. 2013. *Maszyny do formowania bel cylindrycznych [Machines for forming round bales]*. Lublin. Wydaw. UP w Lublinie. ISBN 978-83-7259-208-8 ss. 156.
- O'BRIEN M., O'KIELY P., FORRISTAL P.D., FULLER H.T. 2005. Fungi isolated from contaminated baled silage on farms in the Irish Midlands. *FEMS Microbiology Letters*. Vol. 247(2) s. 131–135.
- O'BRIEN M., O'KIELY P., FORRISTAL P.D., FULLER H.T. 2007. Visible fungal growth on baled grass silage during the winter feeding season in Ireland and silage characteristics associated with the occurrence of fungi. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 139(3) s. 234–256.
- O'KIELY P., FORRISTAL P.D., BRADY K., MCMAMARA K., LENEHAN J.J., FULLER H., WHELAN J. 2002. Improved technologies for baled silage. End of Project Report. No. 4621. *Beef Production Series*. No. 50. Grange and Oak Park Research Centers. Ireland. ISBN 1-84170-291-9 ss. 86.
- PAHLOW G., MUCK R.E., DRIEHUIS F., OUDE ELFERINK S.J.W.H., SPOELSTRA S.F. 2003. *Microbiology of ensiling*. W: *Silage science and technology*. Eds. D.E. Buxton, R.E. Muck, J.H. Harrison. Ser. Agronomy. No. 42. Madison, Wisconsin, USA. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc. s. 31–93.
- PAILLAT J-M., GAILLARD F. 2001. Air-tightness of wrapped bales and resistance of polythene stretch film under tropical and temperate conditions. *Journal of Agricultural Engineering Research*. Vol. 79(1) s. 15–22.

- PODKÓWKA W., PODKÓWKA Z. 2017. Technologia kiszzenia biomasy na cele paszowe i biogaz rolniczy [Biomass silage technology for fodder and agricultural biogas]. Warszawa. PWRiL. ISBN 978-83-09-01102-6 ss. 199.
- RESCH R. 2009. Abschlussbericht Stretchfolienvergleich. Wissenschaftliche Tätigkeit. Einfluss von unterschiedlichen Stretchfolien auf die Futter- und Gärqualität von Grassilage-Rundballen [Final Report from Stretch Film Comparison: Scientific Activity. Influence of different stretch films on the feed and fermentation quality of grass silage bales]. LFZ Raumberg-Gumpenstein ss. 13.
- SPÖRNDLY R., NYLUND R., HÖRNDALH T., ALGERBO P.A. 2007. Slutrapport. Projekt nr V0630012. Täthet av rundbalar för ensilage [online]. [Dostęp 10.02.2019]. Dostępny w Internecie: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjo7bO27pfhAhVxyqYKHR_nDTUQFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Flogi.n.lantbruksforskning.se%2Ffsbs%2Fprojectbank%2FdownloadPb%3FappFormId%3D402880f6485f65ff01485f9d10ca7074&usg=AOvVaw3nofycn2In-gDt3Y4MW2-A
- SPÖRNDLY R., PAULY T. 2008. Control of the fermentation process at the conservation of feeds. W: Proceedings 13th International Conference Forage Conservation. 3–5.092008. Nitra, Slovak Republic s. 27–33.
- TABACCO E., BISAGLIA C., REVELLO-CHION A., BORREANI G. 2013. Assessing the effect of securing bales with either polyethylene film or netting on the fermentation profiles, fungal load, and plastic consumption in baled silage of grass-legume mixtures. Applied Engineering in Agriculture. Vol. 29(5) s. 795–804.
- TSUKADA H., ISHIKAWA K., SHIMIZU N. 2012. Damage to round bale silage caused by sika deer (*Cervus nippon*) in central Japan. Grassland Science. Vol. 58(4) s. 179–187.
- WEINBERG Z.G., ASHBELL G. 2003. Engineering aspects of ensiling. Biochemical Engineering Journal. Vol. 13(2–3) s. 181–188.
- WILKINSON J.M., TOIVONEN M.I. 2003. World silage. A survey of forage conservation around the world. Welton, Lincoln UK. Chalcombe Publications. ISBN 0948617497 ss. 04.
- WRÓBEL B., JANKOWSKA-HUFLEJT H., BARSZCZEWSKI J. 2010. Wpływ rodzaju folii i liczby owinięć beli na straty suchej masy i jakość kiszonki z runi łąkowej [The influence of the film type and the number of film layers on dry matter losses and quality of silage from meadow sward]. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 10. Z. 4 (32) s. 295–306.
- WYSS U., SCHILD J.G., HONIG H. 1991. Der Einfluss von Beschädigungen der Stretch-Folie bei Rundballensilagen auf Gasgehalte und Silagequalität [The influence of damage of the stretch film in round bale silage on gas content and silage quality]. Landwirtschaft Schweiz. Vol. 4(5) s. 235–239.

Janusz NOWAK, Barbara WRÓBEL, Wojciech PRZYSTUPA, Anna KRAWCZUK

THE EFFECT OF STRETCH FILM SEAL TIGHTNESS ON SILAGE QUALITY IN ROUND BALES

Key words: *damage of seals, round bales, silage quality, tightness of seals*

S u m m a r y

The first part of the article reviews research results on the influence of movement of round bales with ensiled fodder on the tightness of their seal and final product quality. Two methods of assessing the tightness of stretch film seals were also presented: using the Ekolog AB Jonsson measuring set

and measuring gases concentration under bale seal. In the part, factors determining the damages of the bale seal and their influence on the quality of the final product were analysed. The literature review shows that the tightness of the film seal of the bales is negatively influenced by the number of conducted manipulations, their timing, the length of the bale storage period and the number of film layers. The film seal was the least tight when bales were manipulated after 5 and 10 days after wrapping and stored for a long time. The bales wrapped up with 2 layers of film or thinner than the standard one were more likely to lose their tightness. It has also been shown that bales stored in production conditions are often exposed to damage of their seal, usually caused by birds, rodents and pets, and the methods used to protect them are not always effective. Silage coming from bales with damaged film seal are low quality and their surface is contaminated with moulds to a large extent. An effective method to reduce damage of silage in bale bales developed in Japan was a new method of bale storage. Damage to the film on bales stored in this way was many times smaller than on the bales stored in a traditional way.

Adres do korespondencji: prof. dr hab. Janusz Nowak, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Zakład Eksploatacji Maszyn Rolniczych i Urządzeń Ekoenergetycznych, ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin; e-mail: janusz.nowak@up.lublin.pl