
Piotr Dorszewski

PRODUKCJA I SKARMIANIE KISZONEK

część 1

PODSTAWY KISZENIA.
KISZONKI Z TRAW, ROŚLIN BOBOWATYCH I GPS

MINIKOWO 2021



PRODUKCJA I SKARMIANIE KISZONEK część 1

PODSTAWY KISZENIA. KISZONKI Z TRAW, ROŚLIN BOBOWATYCH I GPS

Opracował: Piotr Dorszewski

Okładka i skład: Jarosław Domiński

Zdjęcie okładki: Jarosław Domiński

Wydawca: Kujawsko-Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Minikowie

89-122 Minikowo

tel. 52 386 72 14; fax 52 386 72 27

email: sekretariat@kpodr.pl www.kpodr.pl

Minikowo, 2021

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP.....	5
2. MIKROFLORA EPIFITYCZNA	6
3. PRZYDATNOŚĆ SUROWCÓW DO ZAKISZANIA	9
3.1. Skład chemiczny	9
3.1.1. Sucha masa.....	9
3.1.1.1. Oznaczanie zawartości suchej masy w zielonce	10
3.1.1.2. Przewiednięcie i podsuszenie	12
3.1.1.3. Dobór surowców pod względem wilgotności.....	14
3.1.2. Węglowodany rozpuszczalne w wodzie (cukry).....	14
3.1.3. Popiół surowy – wskaźnik czystości	15
3.2. Rodzaj surowca.....	15
3.2.1. Trawy i rośliny bobowate	15
3.2.1.1. Skład botaniczny runi.....	16
3.2.2. Całe rośliny zbożowe i mieszanki zbożowo-strączkowe (GPS).....	16
3.2.2.1. Żyto	17
3.2.2.2. Pszenica, jęczmień, pszenżyto, owies.....	18
3.2.3. Różne surowce – kiszonki kombinowane	18
4. FERMENTACJA I WYBIERANIE.....	19
4.1. Faza tlenowa.....	19
4.2. Faza fermentacji	20
4.3. Faza przejściowa.....	20
4.4. Faza głównej fermentacji	20
4.5. Faza stabilna	20
4.6. Faza wybierania.....	20
4.7. Straty fermentacyjne.....	21
5. WTÓRNA FERMENTACJA, TO FERMENTACJA MASŁOWA!.....	22
6. ZASADY KISZENIA	23
6.1. Termin zbioru	23
6.2. Wysokość cięcia.....	23
6.3. Rozdrobnienie	23
6.4. Ugniecenie.....	24
6.5. Okrycie.....	25
6.6. Zbiór i przechowywanie kiszonek.....	26
6.7. Pryzmy	28
6.8. Zbiorniki.....	28
6.8.1. Obliczanie wielkości zbiorników	29
6.9. Bele cylindryczne i baloty	31
6.10. Rękaw foliowy.....	34
6.11. Tunel silosowy.....	35
7. ZAPOTRZEBOWANIE NA ŚRODKI TECHNICZNE I PRACOWNIKÓW	37
8. DODATKI KISZONKARSKIE	39
9. JAKOŚĆ I STABILNOŚĆ KISZONEK	44
9.1. Czynniki ryzyka	44
9.2. Produkty fermentacji i pH	45
9.3. Jakość pokarmowa i odżywcza	46
9.4. Jakość mikrobiologiczna i higieniczna	47
9.5. Stabilność tlenowa	47
9.6. Tlenowe psucie się kiszonek, to nie jest wtórna fermentacja!	48
9.7. Szkody powodowane przez zwierzęta wolnożyjące.....	48
9.8. Błędy podczas zakiszania i ich efekty	49

10. SKARMIANIE KISZONEK Z TRAW, ROŚLIN BOBOWATYCH I GPS.....	50
10.1. Kiszonki z traw i roślin bobowatych drobnonasiennych.....	50
10.2. Kiszonki z GPS.....	51
10.3. Sucha masa TMR.....	51
10.4. Włókno w czasie upałów	52
10.5. Temperatura otoczenia a TMR/PMR	53
10.5.1. Dodatki stabilizujące i poprawiające wartość pokarmową TMR/PMR	53
10.5.2. Inne zabiegi stosowane podczas wysokich temperatur	54
10.6. Żywienie całoroczne kisonkami.....	55
11. PRODUKCJA KISZONEK A GAZY CIEPLARNIANE	56
12. ZALECENIA „W PIGUŁCE”	58
13. BIBLIOGRAFIA.....	60

1. WSTĘP

Kiszenie jest jednym z procesów konserwacji pasz objętościowych wilgotnych, w którym węglowodany rozpuszczalne w wodzie (WSC – ang. water-soluble carbohydrates) – czyli cukry, są przekształcane w warunkach beztlenowych w kwasy organiczne przez bakterie kwasu mlekowego (BKM). W trakcie fermentacji przede wszystkim powstaje kwas mlekowy, który szybko obniża pH, co przerywa naturalne procesy rozkładu substancji odżywczych zakiszanej biomasy odbywające się dzięki obecnym w niej enzymom własnym. Jednak procesy rozkładu zmieniają nieco skład chemiczny kiszzonek w porównaniu z zielonkami, m.in. zmniejsza się koncentracja cukrów, a rośnie włókna neutralno-detergentowego (NDF – ang. neutral-detergent fibre), które może hamować wchłanianie i wykorzystanie innych składników pokarmowych.

2. MIKROFLORA EPIFITYCZNA

Naturalną (natywną) mikroflorą roślin są różne bakterie i grzyby występujące na ich powierzchni lub wewnątrz. Ich rola jest zróżnicowana, podobnie jak tworzone przez nie produkty przemiany materii, takie jak kwas mlekowy, octowy, masłowy, dwutlenek węgla, mikotoksyny (toksyny grzybowe) i inne. Mikroflorę epifityczną części wegetatywnych roślin, oprócz pozytywnych bakterii kwasu mlekowego (pałeczek – np. *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, paciorkowców – *Enterococcus sp.* *, *Lactococcus sp.*, *Leuconostoc sp.*, *Pediococcus sp.*), tworzą też m.in. beztlenowe laseczki przetrwalnikujące (*Clostridium sp.*) i tlenowe (*Bacillus sp.*) oraz pałeczki grupy *coli* (*Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter sp.*, *Klebsiella sp.*), *Listeria sp.*, a także grzyby (drożdże i pleśnie). W procesie kiszenia najważniejszą rolę odgrywają bakterie kwasu mlekowego (BKM), które mogą być homofermentacyjne (hoBKM), fakultatywnie heterofermentacyjne (fheBKM) i heterofermentacyjne (heBKM). Podczas homofermentacji mlekowej powstaje wyłącznie kwas mlekowy, w trakcie heterofermentacji tworzone są również m.in. kwas octowy, dwutlenek węgla i alkohol (etanol). Bakterie homofermentacyjne (hoBKM), produkują z cukrów wyłącznie kwas mlekowy, fakultatywne (fheBKM) wytwarzają kwas mlekowy fermentując cukry sześciowęglowe (heksozy, np. glukozę, fruktozę, mannozę) na drodze homofermentacji oraz cukry pięciowęglowe (pentozy, np. rybozę, arabinozę, ksylozę) na drodze heterofermentacji, heterofermentacyjne (heBKM) oprócz kwasu mlekowego wytwarzają także niewielkie ilości kwasu octowego, dwutlenku węgla i alkoholu. Liczebność tych grup ma istotne znaczenie, zwłaszcza na początku fermentacji. W fazie startowej tego procesu liczba bakterii kwasu mlekowego (BKM) w jednostkach tworzących kolonie (jtk) powinna wynosić 10^8 w 1 g zielonki, czyli 100 mln. Zwykle jest ich mniej, poniżej 1% całej mikroflory roślin [Purwin i in. 2006], a szczególnie homofermentacyjnych (hoBKM), których liczebność mieści się w zakresie od 0,1 do 10 mln. jtk/g (10^5 do 10^7), co nie gwarantuje wyprodukowania kiszonek dobrej jakości [Pahlow 2004].

Występujące na roślinach pastewnych *Enterobacteriaceae* (bakterie jelitowe, niekiedy mogące być chorobotwórczymi) hamują rozwój bakterii kwasu masłowego, ale rozkładając aminokwasy produkują biogenne aminy – histaminę i tyraminę oraz amoniak, co pogarsza pobieranie kiszonek przez zwierzęta. Do całkowitej eliminacji tych bakterii dochodzi przy niskim pH.

Rozwój mikroflory w fermentującej biomase jest bardzo dynamiczny, a jej liczebność i jakość na początku kiszenia jest zróżnicowana. Okresami krytycznymi są: początek zakiszania, czyli faza tlenowa oraz wybieranie i skarmianie kiszonek, podczas którego ma do nich ponownie dostęp powietrze.

* Wyjaśnienie: sp. – łac. *species*, pol. gatunek; spp. – łac. *species* (l. mn.), pol. gatunki; ssp. – łac. *subspecies*, pol. podgatunek

W obu tych fazach może dojść do zmian składu mikroflory, co determinuje skład chemiczny zakonserwowanej paszy, w tym spowoduje jej psucie się.

Bakterie homofermentacyjne (hoBKM) wymagają mniej cukru niż heterofermentacyjne (heBKM) do osiągnięcia krytycznej wartości pH, która wynosi 4,0. Na roślinach kukurydzy aż około 46% bakterii to grupa bakterii homofermentacyjnych (hoBKM), przede wszystkim z gatunku *Lactobacillus*. Inne zielonki są zasiedlone w 70-80% przez bakterie heterofermentacyjne (heBKM). Najmniej wrażliwe na zakwaszenie środowiska są bakterie *Pediococcus*, których liczebność może dochodzić do 80% wśród wszystkich bakterii mlekowych.

Bakterie *Clostridium*, *Bacillus* i *Enterobacteriaceae* wymagają do swojego rozwoju wyższego pH. Ostatnie z nich są szczególnie popularne na roślinach. Na przykład na kukurydzy może ich być od 100 tys. do 10 mln. jtk/g biomasy. Ich głównymi reprezentantami są *Pantoea agglomerans*, *Rahnella aquatilis*, *Hafnia alvei*, *Serratia fonticola*, *Escherichia coli*. Sporadycznie będą występować gatunki z rodzajów *Erwinia*, *Enterobacter* i *Klebsiella*. Obniżają one szybko pH zakiszanej masy, fermentując cukry sześciowęglowe do kwasu octowego, mrówkowego, propionowego, etanolu i dwutlenku węgla. Natomiast inne redukują azotany do azotynów, które hamują rozwój *Clostridium*. Ponadto rozkładają również aminokwasy do amoniaku. Związek ten zwiększa odporność surowca na zakwaszenie kwasem mlekowym, a powstające w dalszym rozkładzie aminy biogenne pogarszają smak kiszonek.

Ze względu na dwoistą działalność *Enterobacteriaceae*, należy je skutecznie eliminować szybko obniżając pH, gdyż są konkurentami dla bakterii mlekowych o węglowodany sześciowęglowe, np. o glukozę.

Tab. 1. Istotne mikroorganizmy epifityczne zielonek i ich liczebność [wg Pahlow 2004]

Grupa	Liczebność (jtk/g świeżej masy)
Bakterie kwasu mlekowego	10 - 1 000 000
Bakterie octowe	100 - 1000
Bakterie propionowe	10 - 100
Drożdże i grzyby drożdżopodobne	1000 - 100 000
Pleśnie	1000 - 10 000
Bakterie tlenowe	>10 000 000
Enterobacteriaceae	1000 - 1 000 000
Klostridia (endospory)	100 - 1000
Rodzaj <i>Bacillus</i> (endospory)	100 - 1000

Tab. 2. Działalność mikroorganizmów

Mikroorganizmy	Warunki	Produkt	Jakość kiszonki
Bakterie mlekowe	produkują w warunkach beztlenowych	kwas mlekowy z cukru	kiszonka ma przyjemny zapach
<i>Clostridium</i> sacharolityczne	produkują w warunkach beztlenowych	kwas masłowy z kwasu mlekowego	kiszonka śmierdzi
<i>Clostridium</i> proteolityczne	produkują w warunkach beztlenowych	amoniak z białek	kiszonka śmierdzi
Bakterie <i>coli</i>	produkują w war. beztlenowych	kwas octowy	kiszonka ma ostry zapach
Bakterie proteolityczne, bakterie gnilne	rozkładają w warunkach beztlenowych	białka do amoniaku	kiszonka jest zgnita
Grzyby pleśniowe	działanie w warunkach tlenowych	zapleśnienie kiszonki	nie wolno skarmiać takiej kiszonki
Drożdże	działanie w warunkach tlenowych	intensywne namnażanie się drożdży, produkcja ciepła	zagrzewanie się kiszonki i pogarszanie jej jakości
	działanie w warunkach beztlenowych	fermentacja alkoholowa, produkty: etanol i dwutlenek węgla z cukru i kwasu mlekowego	

3. PRZYDATNOŚĆ SUROWCÓW DO ZAKISZANIA

W okresie wiosenno-letnim surowcami do zakiszania są dwie grupy roślin: zielonki z traw oraz z roślin bobowatych drobnonasiennych (motylkowatych) lub z ich mieszanek, pochodzące z upraw polowych, bądź z trwałych użytków zielonych (TUZ), a także całe rośliny zbożowe, często w mieszankach z roślinami bobowatymi grubonasiennymi (strączkowymi), określane skrótem GPS (niem. Ganzpflanzensilage – kiszonki z całych roślin). Jesienią zakiszana jest przede wszystkim zielonka z kukurydzy, kolby nieodkoshulkowane (LKS, niem. Lieschkolbenschrot), kolby odkoshulkowane (CCM, ang. corn-cob mix; MKS, niem. Maiskolbenschrot), ziarno kukurydzy, wyśładki buraczane prasowane, produkty uboczne przemysłu rolno-spożywczego, np. wywar zbożowy z częściami rozpuszczalnymi (DGS, ang. distilled grain with solubles), pulpa (miazga) owocowa, warzywna i inne.

3.1. Skład chemiczny

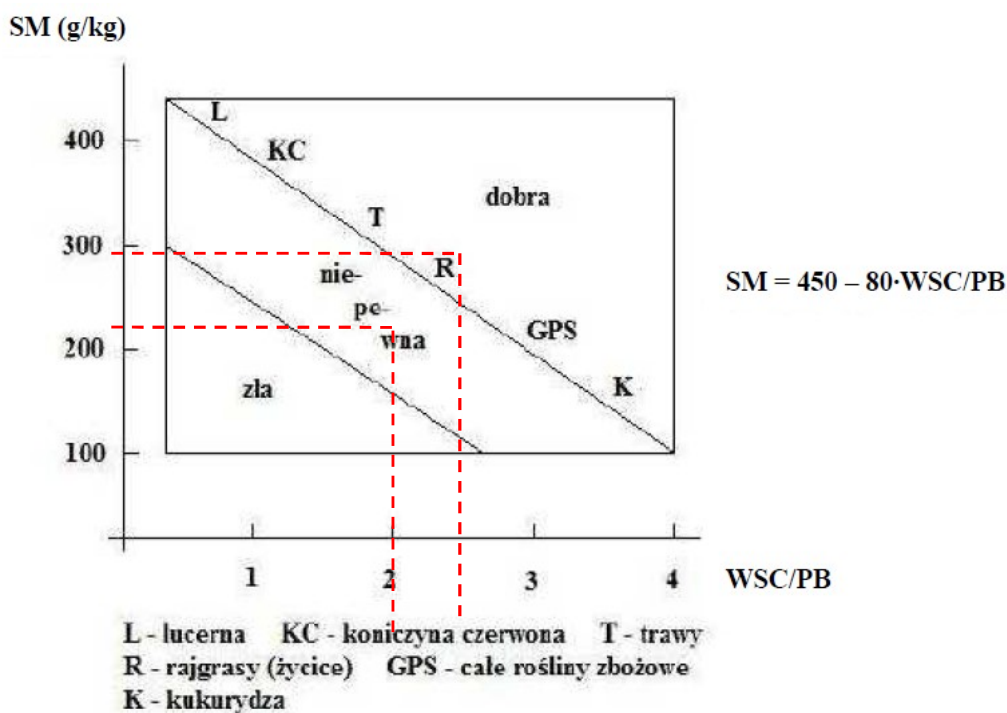
3.1.1. Sucha masa

O przydatności zielonek do zakiszania decydują zawartość suchej masy (SM), zależna od fazy zbioru roślin lub ich przewędnięcia bądź podsuszenia na pokosie, koncentracja cukrów (WSC) oraz pojemność buforowa (PB), czyli odporność zielonej masy na zakwaszenie kwasem mlekowym do pH 4,2. Parametry te oznacza się w laboratorium.

Na ich podstawie można obliczyć współczynnik fermentacji, który powinien być wyższy od 35, a także można oszacować przewidywaną jakość wyprodukowanej kiszonki (ryc. 1). Można także ustalić niezbędną do zakiszania zawartość suchej masy w zielonce na podstawie następującego wzoru:

$$SM (\%) = 450 - 80 \cdot (WSC : PB).$$

Jeżeli zawartość wody w zakiszanej zielonce dochodzi do 700 g/kg (70%), czyli suchej masy (SM) jest 300 g/kg (30%), to wskaźnik (iloraz) WSC : PB powinien przewyższać wartość 2. Przy niższym nie uda się wyprodukować dobrej kiszonki bez zwiększania zawartości suchej masy w surowcu lub bez dodania cukru, np. melasy.



Współczynnik fermentacji: $WF = SM (\%) + 8 \cdot (WSC : PB)$

Rys. 1. Przydatność surowca do zakiszania i przewidywana jakość uzyskanej kiszonki [Weissbach i in. 1974, Wilkinson 2005]

Bakterie mlekowe (BKM) do swojego rozwoju potrzebują wody. Warunki stresowe dla nich są wówczas, gdy biomasa przed jej rozdrobnieniem zawiera powyżej 350 g suchej masy (wilgotność poniżej 65%). Skutkuje to obniżeniem tempa i wielkości produkcji kwasu mlekowego. Ich działalność ulega całkowitemu zahamowaniu przy wilgotności poniżej 20-30%. Kiszonki z suchego materiału zawierają mniej kwasu mlekowego, mają wyższe pH i pozostaje w nich więcej cukrów reszkowych (węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie nieprzefermentowanych do kwasu mlekowego), co zwiększa ich podatność na psucie się podczas wybierania i skarmiania [Muck i Kung 2007].

3.1.1.1. Oznaczanie zawartości suchej masy w zielonce

W praktyce trudno jest określić dokładnie zawartość suchej masy w zielonce bezpośrednio na polu. Przydatne mogą być: test „na wyżymanie” lub Kuchenka mikrofalowa. W pierwszym przypadku należy wyciąć z pola wiązkę zielonki (np. traw) i skrócić z nich powrósło. Jeżeli sok mocno kapie i ręce są mokre, zbiór byłby zbyt wczesny, gdyż rośliny zawierają wówczas około 20-30% suchej masy (SM). Jeżeli dłonie są wilgotne, a sok kapie pojedynczymi kroplami – rośliny zawierają od 30 do 40% suchej masy, co jest wartością optymalną (np. po przewiednięciu na pokosie). Jeżeli sok nie kapie, a dłonie są suche, biomasa została mocno podsuszona – do 40-60% suchej masy. Taki surowiec trudno będzie ugniatać, aby wyprzeć z niego powietrze.



Przy silnym ściskaniu wycieka sok, wiązka roślin po ściśnięciu nie „sprężynuje” – termin za wczesny.

Przy wyżymaniu sok nie wypływa, wiązka roślin po ściśnięciu „sprężynuje”, łodygi jeszcze zielone – termin optymalny.

Ręce przy ściskaniu i wyżymaniu są suche, w zielonkę trudno wbić widły – termin bardzo późny.

Rys. 2. Ocena wilgotności zielonek - próba wyżymania [Galler 2011]

W przypadku szacowania zawartości suchej masy (SM) za pomocą kuchenki mikrofalowej, przed rozpoczęciem oceny należy umieścić w niej szklankę napełnioną wodą w celu zapobieżenia ewentualnemu przypaleniu zielonki. Woda w szklance odbierze ewentualny nadmiar energii, który mógłby doprowadzić do zapłonu oraz zapobiega pyleniu się schnącej zielonki. Do ważenia można użyć wagi kuchennej ważącej z dokładnością do 1 g. Suszenie należy wykonać w głębokiej misce nadającej się do kuchenki mikrofalowej, która musi być najpierw zważona (tara). W misce należy odważyć 100 g zielonki i umieścić ją w kuchence. Uruchomić urządzenie na moc maksymalną na 2-3 minuty. Wyjąć miskę z zielonką, ostrożnie przemieszczać, aby trochę przestygła i ponownie przeprowadzić procedurę. Należy tak postąpić kilkakrotnie. Podczas mieszania zielonka nie może wypaść z miski, gdyż pomiar nie będzie wiarygodny. Jeżeli zielonka stanie się sucha, twarda i łamliwa podsuszyć ją jeszcze dwukrotnie, ważąc za każdym razem. Aby wynik był miarodajny należy ważyć zielonkę przestudzoną, a nie ciepłą lub gorącą. Jeżeli wskazanie wagi nie zmieni się, można uznać, że pomiar dobiegł końca. Odczyt z wagi należy pomnożyć przez 0,975, gdyż pomiar w kuchence mikrofalowej zawyża nieco faktyczną zawartość suchej masy. Czas trwania analizy to około 10-15 do 45 minut.

UWAGA – OSTATNIE WĄŻENIE NIE WSKAZUJE NA ZAWARTOŚĆ SUCHEJ MASY,

JEŻELI ŚWIEŻA ZIELONKA NIE WAŻYŁA 100 G!!!

Wówczas obliczenia należy wykonać następująco (dane przykładowe): masa świeżej zielonki - 125 g, masa zielonki po suszeniu - 38,8 g.

Obliczenia:

$$38,8 \text{ g} \cdot 0,975 = 37,8 \text{ g}$$

$$(37,8 \text{ g} : 125 \text{ g}) \cdot 100\% = 30,24\% \text{ suchej masy}$$

Tab. 3. Przydatność niektórych roślin do zakiszania [Galler 2011]

Roślina	SM (g)	Cukry (g/SM)	Pojemność buforowa*	WF
Rajgrasy (życice) świeże	200	173	52	47
Rajgrasy (życice) przewędnięte	350	173	52	62
Pozostałe trawy świeże	200	92	55	48
Pozostałe trawy przewędnięte	350	92	55	48
Koniczyna czerwona świeża	200	115	69	33
Koniczyna czerwona przewędnięta	350	115	69	48
Lucerna świeża	200	65	74	27
Lucerna przewędnięta	350	65	74	42
Bobik	150	145	49	39
Owies	200	130	56	35
Żyto	160	135	56	35
Kapusta pastewna	160	290	66	51
GPS (jęczmień jary)	43	63	41	55
GPS (jęczmień ozimy)	42	55	32	56

* - ilość g kwasu mlekowego/1 kg SM, WF – wskaźnik fermentacji

3.1.1.2. Przewędnięcie i podsuszenie

Ważnym czynnikiem determinującym wzrost i rozwój mikroflory podczas fermentacji jest zawartość suchej masy w zakiszonym surowcu, która powinna mieścić się w zakresie od 30 do 35-40%. Przewędnięcie lub podsuszenie roślin na pokosie polepsza ich przydatność kiszonkarską, dzięki zwiększeniu się zawartości suchej masy oraz koncentracji cukrów (WSC). Przewędnięcie biomasy zapobiega wyciekaniu soków kiszonkowych, które są bardzo agresywne dla środowiska. Surowiec podsuszony zawiera od 40 do 60% suchej masy i nadaje się do produkcji sianokiszonek. W praktyce zwykle terminem sianokiszonka określa się kiszonki zawierające tyle suchej masy, co kiszonki z roślin przewędniętych. Przewędnięcie i podsuszanie roślin powoduje jednak obniżenie liczebności epifitycznych bakterii kwasu mlekowego (BKM) naturalnie zasiedlających rośliny. Jest to spowodowane działaniem promieniowania ultrafioletowego (UV) pochodzącego z promieniowania słonecznego oraz zmianą warunków wodnych. Gdy biomasa zawiera 70% wody (30% suchej masy), bakterie kwasu mlekowego (BKM) nie są ograniczane w swej działalności, ale gdy surowiec jest bardziej suchy (powyżej 50% suchej masy), ich działalność zostaje zahamowana nawet w 90%. Te ekstremalne warunki przeżywa tylko 10% bakterii kwasu mlekowego (BKM), ponieważ brak dostępnej wolnej wody pogarsza warunki niezbędne do ich rozwoju.

Podczas kiszenia dochodzi do wzrostu ciśnienia osmotycznego w zakiszanej biomasie, co powoduje, że bakterie mlekowe mimo dużej siły ssącej, nie mogą się rozwijać, jeżeli nie są to szczepy osmotolerancyjne. Choć bakterie kwasu mlekowego (BKM) dysponują znaczną siłą ssącą wodę, to jednak jest ona mniejsza niż u pleśni. Woda dostępna bakteriom w suchym surowcu nie zawiera węglowodanów rozpuszczalnych, białek, składników mineralnych. Już 35% suchej masy powoduje, że niektóre partie zakisanego surowca zawierają nawet 45% suchej masy. Jednak mniejsza zawartość suchej masy – na poziomie 30%, może być przyczyną wzrostu bakterii *Clostridium*. Natomiast zawartość suchej masy powyżej 50% powoduje, że surowiec źle się ugniata, a więc trudniej jest z niego usunąć powietrze, co sprzyja rozwojowi bakterii tlenowych i grzybów. Obecność tlenu zależy też od rozdrobnienia surowca, rodzaju zbiornika i staranności wykonania wszystkich czynności związanych z zakiszaniem.

Pomocne w tym przypadku mogą być odpowiednie dodatki kiszonkarskie zawierające bakterie kwasu mlekowego (BKM). Nie zaleca się dodawania wody do zakisanego mocno podsuszonego surowca. Bakterie kwasu mlekowego (BKM) jej nie wykorzystają, gdyż nie zawiera niezbędnych do ich rozwoju składników odżywczych, które ma sok komórkowy. W przypadku kiszenia bardzo suchego surowca można go mieszać z wilgotnym lub zakisić paszę w rękawie foliowym.

Tab. 4. Minimalna zawartość suchej masy w zakiszanych roślinach pozwalająca uniknąć wycieku soków

Surowiec	Zawartość SM (%)
Trawy wstępnie przewiednięte	26
Jęczmień, owies, pszenica	28

Wilgotność w zakresie od 60 do 70% (30 do 40% suchej masy) sprawia, że w kiszonkach powstaje nieco kwasu octowego, co sprzyja tzw. stabilności tlenowej kiszzonek podczas ich wybierania i skarmiania. Ponadto takie kiszonki zawierają optymalny poziom energii, w przeciwieństwie do kiszzonek wilgotnych.

Podsuszenie surowca hamuje rozwój bakterii *Clostridium*, ale za mocne wysuszenie zielonek – powyżej 50% suchej masy, ogranicza aktywność wszystkich gatunków bakterii.

3.1.1.3. Dobór surowców pod względem wilgotności

Przy zakiszaniu surowców wilgotnych, gdy ilość wody jest zbyt duża, aby mogły prawidłowo przebiegać procesy fermentacyjne, należy mieszać surowce wodniste z suchymi, aby otrzymać pożądaną wilgotność. W celu określenia potrzebnych ilości surowców można posłużyć się np. poniższym wzorem:

$$x : y = (z - w) : (w_1 - z),$$

gdzie: x - ilość surowca wilgotnego, y - ilość surowca suchego, z - optymalna zawartość wody w materiale zakiszany, w - zawartość wody w surowcu suchym, w_1 - zawartość wody w surowcu wilgotnym. Jeżeli w zakiszany surowcu wilgotnym, suchej masy jest mniej niż 20%, to we wzorze wartość z = 75%, a jeżeli więcej, to z = 70%.

Przykład

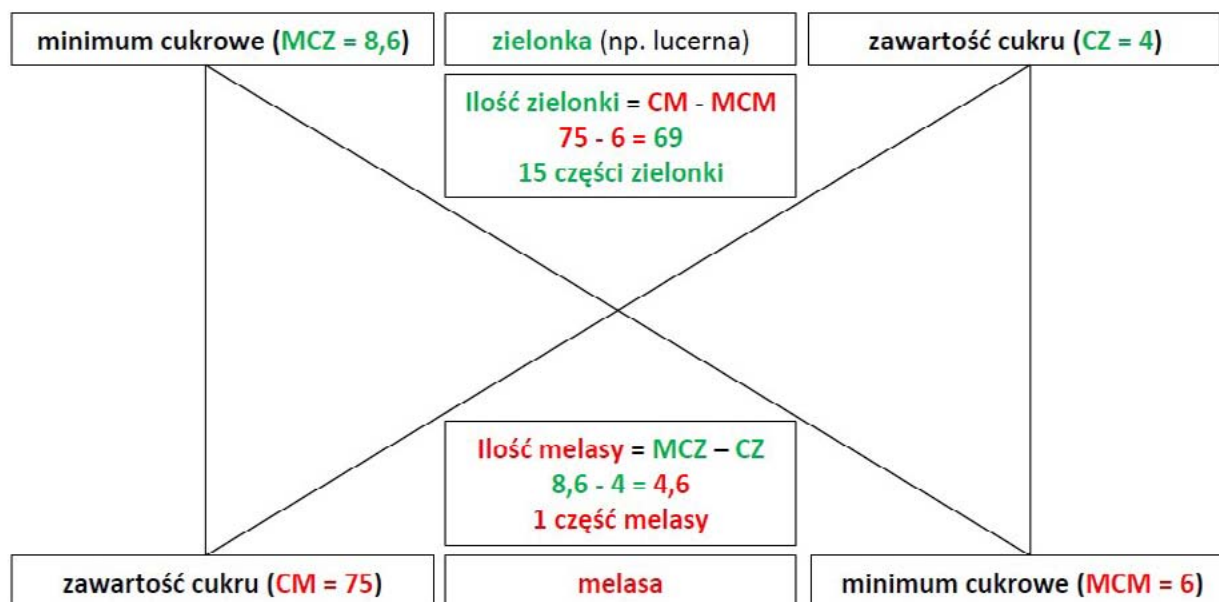
Dane: zielonka z żyta zawiera 21% SM, a sieczka ze słomy jęczmiennej - 85% SM.

Obliczenia wykonuje się następująco:

$x : y = (70 - 15) : (79 - 70) = 6 : 1$, co oznacza, że zielonkę z żyta należy zakisić z sieczką ze słomy jęczmiennej w proporcji 6 do 1.

3.1.2. Węglowodany rozpuszczalne w wodzie (cukry)

Doboru surowców do zakiszania pod względem zawartości w nich cukrów, których powinno być 6-12% w suchej masie, można dokonać wg teorii minimum cukrowego Zubrilina. Minimum cukrowe (MC), to najmniejsza ilość cukru, jaka jest niezbędna do osiągnięcia pH 4,2 w zakiszany surowcu. Najczęstszym komponentem wzbogacającym w cukier jest melasa, która w 1 kg zawiera go 75%, a minimum cukrowe (MC) dla niej wynosi 6%. Jeżeli chcielibyśmy zakisić np. lucernę zawierającą 4% cukru, dla której minimum cukrowe (MC) wynosi 8,6%, za pomocą schematu Zafrena można określić, ile części zielonki z lucerny powinno przypadać na ile części melasy. Z obliczeń wynika, że do 69 części zielonki z lucerny trzeba dodać 4,6 części melasy, co daje po uproszczeniu ($69 : 4,6 = 15$) wynik 15 : 1. Czyli zielonkę z lucerny należy zakisić z melasą w stosunku 15 do 1.



MCZ – minimum cukrowe zielonki, CZ – zawartość cukrów w zielonce, MCM – minimum cukrowe melasy, CM – zawartość cukrów w melasie

Rys. 3. Obliczanie ilości zielonki i melasy (schemat Zafrena)

3.1.3. Popiół surowy – wskaźnik czystości

Składnikiem informującym o czystości zakiszanej zielonki jest zawartość popiołu surowego w uzyskanej kiszonce. Jeżeli jest go na poziomie 5% i taka kiszonka będzie skarmiana w ilości np. 20 kg dziennie, to krowa będzie pobierać 1 kg piasku (ziemi), co obniża zawartość energii w dawce i pogarsza pobieranie paszy oraz niepotrzebnie przyspiesza pasaż (przejęcie) treści przez przewód pokarmowy. W kiszonce koncentracja popiołu surowego nie powinna przekraczać 10% w suchej masie (SM), a najlepiej, aby nie było go powyżej 8% w suchej masie. Popiół surowy wpływa także buforująco podczas fermentacji.

3.2. Rodzaj surowca

3.2.1. Trawy i rośliny bobowate

Istotną rolę w procesie kiszenia odgrywają węglowodany, które są pożywką dla bakterii kwasu mlekowego. Trawy, jako substancje zapasowe gromadzą glukozę, fruktozę i sacharozę, natomiast rośliny bobowate – skrobię nierozpuszczalną w wodzie.

Spośród traw życica wielokwiatowa (rajgras włoski) zakisza się łatwo, a życica trwała (rajgras angielski) średnio łatwo. Umiarkowane w zakiszaniu są stokłosy, tymotka łąkowa, kostrzewa łąkowa, kupkówka pospolita i trawy z trwałych użytków zielonych (TUZ). Bardzo trudne do zakiszenia są rośliny bobowate drobno nasienne (motylkowate) i grubonasienne (strączkowe).

3.2.1.1. Skład botaniczny runi

Skład runi przeznaczonej do zakiszania ma istotny wpływ na jakość uzyskanej kiszonki. Rośliny bobowate drobnonasienne (motylkowate) oraz zioła pogarszają przydatność kiszonkarską, ponieważ zawierają liczne substancje buforujące przeciwdziałające zakwaszeniu, m.in. potas, wapń, magnez. Udział takich roślin w zakiszanej biomase nie powinien przekraczać 30%, choć niektóre zioła mają znaczenie w żywieniu zwierząt. Należą do nich m.in. babka lancetowata, krwiściąg lekarski, mniszek lekarski, które nie wpływają negatywnie na proces fermentacji. Jednak niepożądane są m.in. szczaw, trybula leśna, barszcz, rdest wężownik, które pogarszają wartość pokarmową kiszonki, ale również stabilność tlenową podczas wybierania i skarmiania (kiszonki zagrzewają się). Trwałość kiszonki zależy także od jej zanieczyszczenia ziemią – im brudniejsza (powyżej 10% popiołu surowego w suchej masie), tym gorsza stabilność. Zbyt długo trwające zakiszanie (powyżej 3 dni) lub słabe ugniecenie zielonki i jej nieszczelne okrycie spowalniają zakwaszenie (obniżanie się pH) i w efekcie sprzyjają zagrzewaniu się kiszonki. Korzystny może być niewielki udział ziół z rodziny pierwiosnkowatych, które zawierają różne inhibitory mogące przeciwdziałać niepożądanemu rozkładowi mikrobiologicznemu białka w kiszonkach [Galler 2011].

Pozytywnie na organizm zwierząt mogą natomiast wpływać takie zioła jak: jeżówka, anyż, tymianek, bluszcz, niepokalanka i pluskwica, których wyciągi bywają składnikami preparatów oferowanych na rynku, jako produkty poprawiające strawność [<http://www.farmer.pl/produkcja-zwierzecz/bydlo-i-mleko/ziola-na-poprawe-produkcji-mleka,49861.html>].

Tab. 5. Prawidłowy udział roślin w runi

Rośliny	Udział (%)
Trawy	60-80
Motylkowate	10-20
Zioła (bez chwastów)	10-20

3.2.2. Całe rośliny zbożowe i mieszanki zbożowo-strączkowe (GPS)

Terminem GPS określa się w języku polskim kiszonki z całych roślin zbożowych lub z mieszanek zbożowo-strączkowych (bobowatych grubonasiennych), choć skrót ten pochodzący z języka niemieckiego (niem. Ganzpflanzensilage) oznacza kiszonki z całych roślin, nie tylko ze zbóż lub mieszanek. Na kiszonkę z GPS nadają się zwłaszcza zboża jare, a spośród roślin bobowatych grubonasiennych łubin, peluszką, seradela, wyka. Rośliny należy zbierać w optymalnym terminie, gdy zawierają najwięcej składników pokarmowych i energii we wszystkich częściach i są najbardziej przydatne do zakiszania. Okres ten wypada w fazie mleczno-woskowej ziarna zbóż oraz w fazie płaskiego strąka roślin bobowatych grubonasiennych. Wówczas zawierają one od 28 do 35% suchej masy, co odpowiada zasadom prawidłowego zakiszania. Jednak już w fazie mlecznej zawartość suchej masy może niekiedy przekroczyć 40%, co pogarsza przydatność do zakiszania. Ze zgniecionego ziarna

nie powinna wpływać jego zawartość, a nasiona roślin bobowatych powinny być w fazie woskowej. Są wówczas jeszcze miękkie, a strąki i dolne części łodyg zaczynają żółknąć. Jednak po ścięciu roślin należy je podsuszyć przez jeden dzień, o ile pogoda będzie sprzyjająca, aby uzyskać 30% suchej masy. Po jednorazowym przetrząśnięciu pokosu, można go zbierać na drugi dzień i zakisić, najlepiej w belach. Plon zielonej masy powinien wynosić około 21-23 t/ha, co daje około 7-8 t suchej masy z hektara. Nie należy zwiększać zawartości suchej masy w roślinach przetrzymując je „na pniu”, gdyż wtedy zwiększa się zawartość włókna surowego – łodygi drewnieją z powodu postępującej lignifikacji ścian komórek roślinnych. Im wyższa jest łodyga, tym większy jest udział włókna surowego w całej roślinie, co pogarsza jej strawność. Przy wyborze terminu koszenia ważny jest stosunek liści do łodygi. Wczesny zbiór, przy wysokości 50-70 cm pozwala na uzyskanie w kiszonce z GPS ilości energii na poziomie dobrych kiszonek z traw, a przy właściwym nawożeniu azotowym ilość białka jest też porównywalna z tymi kiszonkami. Według danych niemieckich zbiór w dojrzałości od mlecznej do ciastowatej pozwala na uzyskanie dużego plonu biomasy do zakiszenia, ale zawiera on dużo pustych łodyg i mało węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie, co sprawia, że materiał taki trudniej fermentuje i gorzej ugniata się. Ponadto kiszonka taka ma słabą stabilność tlenową podczas wybierania i skarmiania, a poza tym zawiera tyle składników pokarmowych, co przerośnięte trawy [<https://noe.lko.at/welche-getreide-ganzpflanzensilage-ist-die-bessere+2500+3254969>].

Rośliny uprawiane na kiszonkę GPS są dobrym przedplonem dla rzepaku. Po sprzęcie roślin na GPS można zasiać kukurydzę, która do jesieni osiągnie właściwą dojrzałość kiszonkarską. Jednak w tym przypadku zbiór roślin na GPS musi być wykonany w maju.

Mieszanka do produkcji kiszonki typu GPS może zawierać np. 44% owsa, 36% jęczmienia, 12% peluszek, 8% łubinu słodkiego, przy wysiewie 250 kg/ha lub 50% jęczmienia jarego, 10% wyki jarej, 20% grochu, 20% peluszek albo 66% grochu, 34% jęczmienia jarego czy 50% pszenicy, 25% bobiku, 25% grochu; 66% grochu, 34% jęczmienia jarego [<http://rolniczeabc.pl/505480,Bialko-pasz-objetosciowych-jako-podstawa-produkcji-mleka-bez-GMO-cz-I.html>].

3.2.2.1. Żyto

Kiszonkę sporządza się z żyta ozimego, dzięki czemu można po nim zasiać jeszcze na tym samym polu kukurydzę. Termin zbioru żyta na kiszonkę jest uzależniony od warunków atmosferycznych. Wysoka temperatura i duża ilość opadów przyspieszają wegetację i zbiór tej rośliny na kiszonkę może przypadać przed połową maja. Surowiec zbiera się wówczas, gdy pochwa liściowa liścia flagowego jest otwarta i widać pierwsze ości kłosa. Ze względu na wyższy udział liści niż u innych zbóż, zielone żyto zawiera znacznie więcej cennych składników pokarmowych. Nie wolno zwlekać z koszeniem, gdyż rośliny szybko drewnieją. Najpóźniejszy termin, to faza, w której górna część kłosa wyłania się z pochwy liściowej i widać pierwszy kłosek.

Kiszonka z żyta jest obecnie najczęściej produkowana dla bydła, zwłaszcza opasowego. Taki sposób postępowania pozwala na wprowadzenie tej paszy do bilansu paszowego gospodarstwa nieposiadającego użytków zielonych oraz umożliwia maksymalne wykorzystanie posiadanego areалу. Jednak rośliny zawierają dużo wody i uzyskana kiszonka może być kwaśna i niechętnie zjadana przez zwierzęta. Jest ona też gorzej trawiona. Aby pozbyć się nadmiaru wody, żyto powinno być podsuszone na pokosie przez około 1-2 dni i zakiszone np. w belach (balotach) lub w zbiorniku, bądź na pryzmie.

W celu podniesienia zawartości suchej masy w zielonce z żyta, można ją zakiszać z paszą osuszającą. Sposób postępowania opisano poniżej (można też wykorzystać sposób opisany wcześniej – mieszanie surowców). Warto także zastosować dodatki kiszonkarskie (rozdz. 7).

3.2.2.2. Pszenica, jęczmień, pszenżyto, owies

Optymalny termin zbioru pszenicy, jęczmienia i owsa przypada wówczas, gdy w całych roślinach jest od 30 do 40% suchej masy, czyli w okresie końca dojrzałości mlecznej i początku dojrzałości woskowej ziarna. Wówczas jest ono już prawie w pełni wykształcone, a w miarę postępu wegetacji wysycha, natomiast słoma nie jest jeszcze zbyt zdrewniała. Koszenie w tym stadium daje o około 30% wyższy plon składników pokarmowych w ziarnie i słomie niż podczas dojrzałości pełnej, która pojawi się za około 3 tygodnie. Zbiór w fazie mleczno-woskowej może być jednofazowy, gdyż roślin nie trzeba podsuszać przed zakiszeniem, a nadają się one do zakiszania – mają dużo węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie, a mało białka.

Pszenżyto zaleca się kosić na kiszonkę, gdy kłosy są jeszcze schowane w pochwach liściowych. Jeżeli na GPS uprawiane jest pszenżyto ozime, to można je zebrać jeszcze w maju, więc powinno udać się wysiać po nim kukurydzę.

3.2.3. Różne surowce – kisonki kombinowane

Łączenie różnych materiałów i ich zakiszanie pozwala na wyprodukowanie kisonek kombinowanych dwu-, trzy- lub nawet czteroskładnikowych. Przykładem takich kisonek mogą być wspomniane już mieszanki zbożowo-strączkowe. Można łączyć surowce wilgotne z suchymi, co obniża w tych pierwszych zawartość wody i sprawia, że nie wyciekają z nich soki kiszonkowe. Tak można zakiszać np. całe buraki półcukrowe z otrębami pszennymi.

Surowce wilgotne i suche mogą być układane w zbiorniku warstwami. Przyjmuje się wówczas następujący sposób postępowania: na dnie zbiornika układa się 50% paszy suchej w warstwie o grubości ok. 0,5 m, na której kładzie się 1/3 część ilości paszy wilgotnej przeznaczonej do zakiszenia. Warstwę środkową tworzy 30% paszy suchej i 1/3 część paszy wilgotnej, a górną – 10% paszy suchej i 1/3 część paszy wilgotnej, na której układa się 10% paszy suchej.

Pasza sucha	10% ilości
Pasza wilgotna	1/3 ilości do zakiszenia
Pasza sucha	10% ilości
Pasza wilgotna	1/3 ilości do zakiszenia
Pasza sucha	30% ilości
Pasza wilgotna	1/3 ilości do zakiszenia
Pasza sucha	50% ilości (grubość warstwy 0,5 m)

Rys. 4. Schemat przygotowania kiszonki kombinowanej (surowiec układany warstwami)

4. FERMENTACJA I WYBIERANIE

Proces kiszenia, od chwili ścięcia rośliny aż do wybierania kiszonki ze zbiornika i jej skarmiania, można podzielić na następujące fazy: tlenową, fermentacji, przejściową, głównej fermentacji, stabilną i wybierania [Knický 2005].

4.1. Faza tlenowa

Rozpoczyna się w momencie ścięcia roślin. Komórki roślinne tracą turgor, a rozpuszczalne składniki pokarmowe wydostające się z komórek są pożywką dla różnych grup mikroorganizmów. Przerwany zostaje naturalny proces wegetacji, w którym tworzone są składniki pokarmowe, a rozpoczyna się proces ich rozkładu na skutek działania enzymów roślinnych (np. rozkład białka do aminokwasów) i mikroorganizmów tlenowych. Mikroflora prowadzi procesy oddychania, rozkłada (hydrolizuje) skrobię i hemicelulozę do monosacharydów (węglowodanów prostych). Procesy te zmniejszają ilość tlenu i powodują wzrost temperatury zakiszanej biomasy. Jednak w tym czasie nadal istnieją warunki do rozwoju bakterii i grzybów tlenowych oraz fakultatywnie beztlenowych (opcjonalnie beztlenowych).

4.2. Faza fermentacji

Gdy w stosie kiszonkowym zostanie zużyty tlen, rozpoczyna się faza fermentacji. W dużych ilościach występują wówczas bakterie mlekowe heterofermentatywne (heBKM), odporne na wzrost temperatury zakiszane surowca, jaki nastąpił w fazie tlenowej kiszenia. Jednak na skutek znacznego spadku pH, maleje nieco ich liczebność. Bakterie te wytwarzają duże ilości różnych produktów przemian metabolicznych m.in. kwasów octowego, mlekowego, propionowego i masłowego oraz etanolu i dwutlenku węgla (CO₂). Wyływający sok komórkowy i CO₂ wypełniają przestrzeń między cząstkami paszy i tworzą się warunki beztlenowe. Nadal działają enzymy – proteazy rozkładające białka, powodując powstawanie amoniaku i karbohydrolazy – enzymy hydrolizujące węglowodany strukturalne, rozkładając je do węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie (WSC). W tych warunkach mogą rozwijać się bakterie *Enterobacteriaceae*, *Bacillus sp.*, bakterie kwasu mlekowego oraz drożdże. W tym czasie aktywne mogą być też bakterie *Clostridium*, które wyraźnie potrafią działać w fazie – stabilnej, wywołując wtórną fermentację, czyli fermentację masłową poprzez rozkład m.in. kwasu mlekowego.

4.3. Faza przejściowa

Trwa od 24 do około 72 godzin i podczas jej trwania zakiszany materiał schładza się. Sprzyja to wzrostowi i namnażaniu się bakterii mlekowych homofermentatywnych (hoBKM) ciepłolubnych przetwarzających cukier (WSC) na kwas mlekowy.

4.4. Faza głównej fermentacji

W zależności od pojemności buforowej, wilgotności i stadium dojrzałości zakiszane materiały, faza ta trwa od 10 do około 20 dni. W tym czasie powstaje większość kwasu mlekowego, a pH spada do 4,2. Dzięki temu zahamowany zostaje rozwój niepożądanych mikroorganizmów, które mogłyby zmienić kierunek fermentacji i przyczynić się do powstania znacznych strat fermentacyjnych.

4.5. Faza stabilna

Ta faza trwa najdłużej – aż do momentu otwarcia stosu kiszonkowego. Jednak mogą w niej zachodzić różne niepożądane zmiany z powodu działania bakterii *Clostridium*. Ponadto, jeżeli zakiszana biomasa nie była dobrze ugnieciona, zwłaszcza jej warstwy zewnętrzne oraz poprzez dostęp powietrza (np. z powodu złego okrycia) pojawiają się w niej pleśnie.

4.6. Faza wybierania

W tym czasie nie trwają już żadne procesy fermentacyjne, ale ten okres można jeszcze zaliczyć do procesu kiszenia [Knický 2005]. W tym czasie kiszonka jest wybierana i skarmiana, a tlen z powietrza atmosferycznego ma do niej swobodny dostęp.

Mikroorganizmy tlenowe, zwłaszcza bakterie kwasu octowego, *Bacillus sp.*, drożdże i pleśnie, które przeżyły fazę beztlenową kiszenia swobodnie się rozmnażają i pogarszają jakość pokarmową kiszonki. Im więcej cukrów (WSC) tzw. resztkowych pozostało w kiszonce, gdyż nie zostały przefermentowane do kwasu mlekowego, tym więcej pożywki mają szkodliwe mikroorganizmy. To zjawisko nazywa się tlenowym psuciem się kiszonek (ang. aerobic deterioration, aerobic spoilage, niem. Nachgärung). W części kiszonki, gdzie panują jeszcze warunki beztlenowe, uaktywniają się bakterie *Clostridium*, a wniknięcie tlenu indukuje wytwarzanie przetrwalników.

4.7.Straty fermentacyjne

Podczas kiszenia, mimo przestrzegania prawidłowych zasad sporządzania kiszonek, dochodzi do strat fermentacyjnych. Jednak nie powinny one przekraczać 10-15% masy. Straty spowodowane oddychaniem roślin mogą dochodzić do 0,1-0,2% na godzinę [Galler 2011]. Stąd niezbędne jest jak najszybsze odcięcie dopływu powietrza do zakiszanej biomasy.

Tab. 6. Straty podczas zakiszania [Galler 2011]

Rodzaj strat	%	Przyczyny
Oddychanie	1-5	Czas przewiędnienia, podsuszania
Okruszanie	2-10	Przetrząsanie, przewracanie, udział ziół
Wymywanie	0-10	Opady deszczu, wilgoć
Magazynowe	5-15	Fermentacja, zagrzewanie się
Razem	8-40%	

5. WTÓRNA FERMENTACJA, TO FERMENTACJA MASŁOWA!

W fazie stabilnej kiszenia, gdy biomasa jest przykryta folią może w niej zachodzić niekorzystna **fermentacja masłowa, czyli wtórna fermentacja**. Wywołują ją beztlenowe bakterie *Clostridium* należące do dwóch grup – sacharolitycznej i proteolitycznej. Pierwsze z nich rozkładają cukry oraz pożyteczny kwas mlekowy do niepożądanego kwasu masłowego, co powoduje wzrost pH kiszonki. Drugie – rozkładają białka i aminokwasy do biogennych amin (histaminy, tyraminy) i amoniaku. Obecność tych bakterii zależy od czystości zwożonego z pola surowca kiszonkarskiego. Jednak bakterie te nie zawsze mają możliwość rozwoju i wzrostu. Zahamowanie ich działalności zależy od zawartości azotanów w świeżej masie zielonki, która powinna wynosić 0,1–0,3%, tzn. 4,4–13,3 g w kilogramie suchej masy. Ryzyko wystąpienia fermentacji masłowej rośnie, gdy surowiec zawiera poniżej 20% suchej masy, mniej niż 30 g WSC/g SM, poniżej 10 g azotanów (NO_3) w azocie ogólnym oraz duża jest pojemność buforowa (pow. 400 mEq/kg SM). Podczas fermentacji azotany ulegają rozkładowi do azotynów, a następnie do tlenku azotu i amoniaku. Działanie hamujące rozwój bakterii *Clostridium* wykazują jedynie azotyny i tlenek azotu, natomiast amoniak zwiększa pojemność buforową (PB) zakiszanego surowca. Jednak azotany i powstające z nich azotyny hamują jedynie fermentację masłową prowadzoną przez bakterie *Clostridium*, które w przypadku dużej ilości azotanów (powyżej 0,3% w świeżej masie) rozpoczynają produkcję kwasu octowego [Dorszewski 2009, Knický 2005, McDonald i in. 1991, Weinberg i Muck 1996, Wilkinson 2005].

Przy wysokim współczynniku fermentacji (WF) wynoszącym powyżej 45, można wyprodukować kiszonki wolne od kwasu masłowego, jeżeli zielonka zawiera przynajmniej 0,5 g NO_3 /kg SM, a liczebność bakterii mlekowych wynosi przynajmniej 10^5 jtk/g świeżej masy (100 tys). Jednak kiszonki, w których zachodzą szkodliwe procesy są niestabilne beztlenowo.

6. ZASADY KISZENIA

6.1. Termin zbioru

W ciągu doby skład chemiczny zielonek jest zmienny. W dzień rośliny przeprowadzają asymilację, natomiast nocą wykorzystują składniki pokarmowe wytworzone w dzień. Dlatego rano ich skład jest uboższy, a zwłaszcza zawierają mniej cukrów (WSC). W ciągu dnia, podczas fotosyntezy ponownie wytwarzają i gromadzą składniki zapasowe, więc po południu zawierają więcej cukrów, co sprzyja fermentacji. Wobec tego najlepiej zbierać zielonki na kiszonkę w godzinach popołudniowych.

Skład chemiczny zielonek ulega także zmianie w trakcie wegetacji. Im są one starsze, tym zawierają więcej włókna surowego, przez co kisonki mają wyższe pH. Trawy powinny być koszone w fazie kłoszenia lub wyrzucania wiech. Pierwszy pokos runi łąkowej należy zbierać w fazie kłoszenia się 50% pędów generatywnych traw dominujących w runi łąkowej, kolejne pokosy po 45-50 dniach. Rośliny bobowate drobnonasienne należy kosić na kiszonkę w fazie pąkowania, gdy są już wytworzone pąki kwiatowe, ale kwiaty jeszcze się nie rozwinęły, ani nie wybarwiły.

Całe rośliny zbożowe i w mieszankach z roślinami bobowatymi grubonasiennymi (GPS) należy zbierać w fazie mleczej lub mleczno-woskowej ziarna zbóż oraz w fazie płaskiego strąka roślin bobowatych.

6.2. Wysokość cięcia

Trawy z trwałych użytków zielonych należy ścinać na kiszonkę na wysokości 5 cm, a z upraw polowych – na wysokości 7 cm. Takie cięcie nie uszkodzi stożka wzrostu, a drobne zwierzęta polne nie dostaną się do sieczkarni i nie spowodują zagrożenia na skutek rozkładania się ich w kisonce, co prowadzi do powstania kadaweryny wywołującej botulizm (zatrucie jadem kiełbasianym).

Zielonkę z 3 pokosu należy kosić na wysokości 7-8 cm, aby rośliny mogły zgromadzić substancje zapasowe.

**UWAGA! IM NIŻEJ KOSI SIĘ ZIELONKĘ, TYM JEST ONA BARDZIEJ ZANIECZYSZCZONA –
– ZAWIERA WIĘCEJ POPIOŁU SUROWEGO.**

6.3. Rozdrobnienie

Dobierając teoretyczną długość sieczki z zielonki zbieranej na kiszonkę należy uwzględnić aspekt kisonkarski (fermentacja) i fizjologiczny (struktura paszy). Ze względu na przebieg procesu fermentacji rozdrobnienie powinno być jak najmniejsze, jednak mając na uwadze strukturalność

paszy – większe. Trawy i rośliny bobowate drobnonasienne można ciąć na długość 20-50 mm, mieszanki traw z roślinami bobowatymi drobnonasiennymi – 20-40 mm i GPS – 10-20 mm.

6.4. Ugniecenie

Ugniatanie należy rozpocząć po przywiezieniu pierwszej przyczepy, a zakończyć po godzinie od wysypania na stos kiszonkowy zielonki z ostatniej przyczepy. Widocznym znakiem, że ugniatanie można zakończyć jest brak powstawania kolein po przejechaniu ciągnika, a górna warstwa zakiszanej biomasy powinna mieć wyrównaną powierzchnię.

Najlepiej ugniatć warstwy o grubości około 15 cm ciągnikami kołowymi, ze względu na większy nacisk na 1 cm² powierzchni. Do ugniatania wykorzystywane są także ciągniki gąsienicowe oraz traktory ciągnące walec lub zestaw walców ugniatających zakiszaną biomasę.

Tab. 7. Przykładowa masa walców ugniatających w zależności od wydajności maszyn zbierających [wg LfL]

Warunki zbioru	Wydajność maszyn (h/godz.)	Masa walców (t)
Przyczepa samozbierająca 30 m ³	1,5 (15 t lub 75 m ³)	4,5
Przyczepa samozbierająca 45 m ³	2,5 (25 t lub 125 m ³)	7,5
Przyczepa samozbierająca 60 m ³	4,0 (40 t lub 125 m ³)	12,0
Sieczkarnia	6,0 (60 t lub 125 m ³)	18,0
Bele	1-5 (15 do 25 bel)	-

Z 1 ha uzyskuje się 10 t zielonki (3,5 t suchej masy/ha, przy 35% przewiednięciu), luźno ułożona masa waży 200 kg/m³.

Masa 1 m³ zakiszane surowca jest zależna od rodzaju surowca i technologii zakiszania. Jeżeli biomasa jest zakiszana w rękawie foliowym, to im więcej zielonka zawiera suchej masy przy pocięciu na krótką sieczkę, tym większy stopień zagęszczenia można uzyskać. Na przykład 1 m³ kiszonki z traw i roślin motylkowatych może ważyć 500-700 kg w rękawie foliowym, 400-650 kg w zbiorniku przejazdowym, a 250-450 kg w beli cylindrycznej owiniętej folią. W przypadku kiszonki z kukurydzy 1 m³ w rękawie waży 750-900 kg, a prasowanych wysłodków buraczanych 600-800-1000 kg.

Ugniecenie zakiszanej biomasy jest niezwykle istotne, gdyż ma wpływ na wnikanie powietrza w głąb stosu kiszonkowego. Jeżeli gęstość wynosi 120 kg SM/m³, powietrze może wnikać na głębokość 50-110 cm, przy gęstości 270 kg SM/m³ – już tylko na głębokość 15-20 cm [<http://polmass.eu/prof-zw-dr-hab-inz-witold-podkowka-dr-h-c-jak-wyprodukowac-dobra-kiszonke-dla-bydla-lub-na-biogaz-rolniczy/>].

6.5. Okrycie

Zgodnie z zasadami m.in. Dobrej Praktyki Rolniczej, a także Programu azotanowego, kiszonki powinny być okryte folią kiszonkarską, co jest warunkiem uzyskania pasz bezpiecznych dla zwierząt i o wysokiej jakości pokarmowej i odżywczej. Nie wolno używać innych folii, ponieważ mają odmienne właściwości technologiczne. Nieprzydatne są folie ogrodnicze, budowlane itp. Nieodpowiednie okrycie, to większa infiltracja powietrza w głąb stosu kiszonkowego, co prowadzi do strat suchej masy, pogorszenia parametrów jakościowych i tlenowej stabilności kiszonek (odporności na psucie się) w czasie skarmiania.

Zadaniem folii jest odcięcie dostępu powietrza do zakiszanego surowca oraz zabezpieczenie biomasy przed deszczem. W związku z tym należy ją tak zakładać, aby woda opadowa spływała poza stos kiszonkowy. W zbiorniku przejazdowym należy ją układać wzdłuż ściany, aby woda spływała na zewnątrz, a nie wsiąkała przy ścianie w kiszonkę.

Powszechnie stosowane są folie czarne, białe, czasem niebieskie i zielone. Jeżeli zakiszana biomasa jest okrywana wyłącznie jedną warstwą folii, powinna ona mieć przynajmniej 150 µm grubości, gdyż jest bardziej wytrzymała i mniej podatna na uszkodzenia. Zaleca się również stosowanie dwóch warstw folii. Na zakiszaną biomasę kładzie się cienką folię przezroczystą o grubości 40 µm, która przylega do surowca i przeciwdziała tworzeniu się tzw. poduszek powietrznych między nią a zielonką. Ponadto folia, dzięki zjawisku adhezji, przylega do wilgotnego surowca, co sprzyja wyciąganiu powietrza z głębszych jego warstw. Na cienką folię nakłada się folię właściwą – ochronną, o grubości 100-150 µm. Jeżeli ulegnie ona uszkodzeniu, to spodnia folia – cieńsza, ochroni kiszonkę.

W zbiornikach naziemnych (np. przejazdowych, też na pryzmach) folię należy obciążyć równomiernie na całej powierzchni stosu kiszonkowego np. starymi oponami (najlepiej przeciętymi na pół, aby gromadziła się w nich woda opadowa) lub workami z piaskiem, płytami betonowymi bądź balotami słomy. Powoduje to prawidłowe osiadanie zakiszanej masy. Jeżeli do obciążenia (zwłaszcza biomasy w pryzmach) używa się ziemi, przy wybieraniu kiszonki należy uważać, aby nie została ona nią zanieczyszczona.

Obecnie można też spotkać dodatkowe okrycie folii płachtami z materiału typu brezentowego, które zabezpiecza ją przed uszkodzeniem przez ptaki i gryzonie.

Do owijania bel składowanych pod dachem można użyć folii czarnej, ale jeżeli miałyby być przechowywane na polu – lepsza jest folia biała, która „odbija” promienie słoneczne i nie powoduje wzrostu temperatury wewnątrz beli, choć wyniki niektórych badań pokazują, że kiszonka okryta folią czarną miała latem na głębokości 10-15 cm temperaturę 60 °C, a folią białą – 45 °C [<http://polmass.eu/prof-zw-dr-hab-inz-witold-podkowka-dr-h-c-jak-wyprodukowac-dobra-kiszonke-dla-bydla-lub-na-biogaz-rolniczy/>].

Niektórzy producenci folii informują, że folie kolorowe zawierają filtr UV o wyższej wartości, natomiast białe – o niższej. W przypadku folii dwukolorowej, jej ciemna strona powinna przylegać do zakiszanej biomasy, a jasna powinna być na zewnątrz. Folie różnokolorowe ułatwiają oznaczenie kolejnych pokosów, poczynając od białej (I pokos), przez jasno- lub ciemnozielony (II pokos), ciemnozielony lub niebieski (III pokos), niebieski lub czarny (IV pokos, o ile zielonka będzie nadawała się do zakiszenia).

Nadal do przygotowywania kiszzonek używa się folii z czystego polietylenu (PE) małej gęstości, ponieważ jest relatywnie tania, nieprzepuszczalna dla tlenu, charakteryzuje się dobrą plastycznością i łatwą dostępnością, ale problemem jest jej zagospodarowanie po wykorzystaniu. Często zużyta folia kiszonkarska usuwana jest na nielegalne wysypiska śmieci, zakopywana lub spalana. Uwalniane wówczas składniki tworzyw polimerowych stanowią poważne zagrożenie dla środowiska [Borreani i Tabacco 2005; Denoncourt i in. 2006; 2007; Laffin i in. 2005; Majdiuk 2002; Rutkowska i in. 2002; Rymarz i Klecan 2001]. Zamiast folii konwencjonalnej można stosować folię oksybiodegradowalną. Uzyskuje się ją z polimerów naturalnych (chitozanu, celulozy, skrobi, białka soi lub serwatki i innych) bądź syntetycznych związków wielocząsteczkowych rozkładanych przez mikroorganizmy. Warunkiem wykorzystania biodegradowalnych materiałów do produkcji kiszzonek będzie skuteczne zabezpieczenie zakiszanego surowca przed dostępem tlenu i zachowanie wysokiej wartości pokarmowej pasz w czasie skarmiania [Denoncourt i in. 2006; 2007]. Na razie folia ulegająca biodegradacji jest droższa od konwencjonalnej.

Zużytą folię należy segregować według koloru i przekazywać do punktu skupu surowców odpadowych.

6.6. Zbiór i przechowywanie kiszzonek

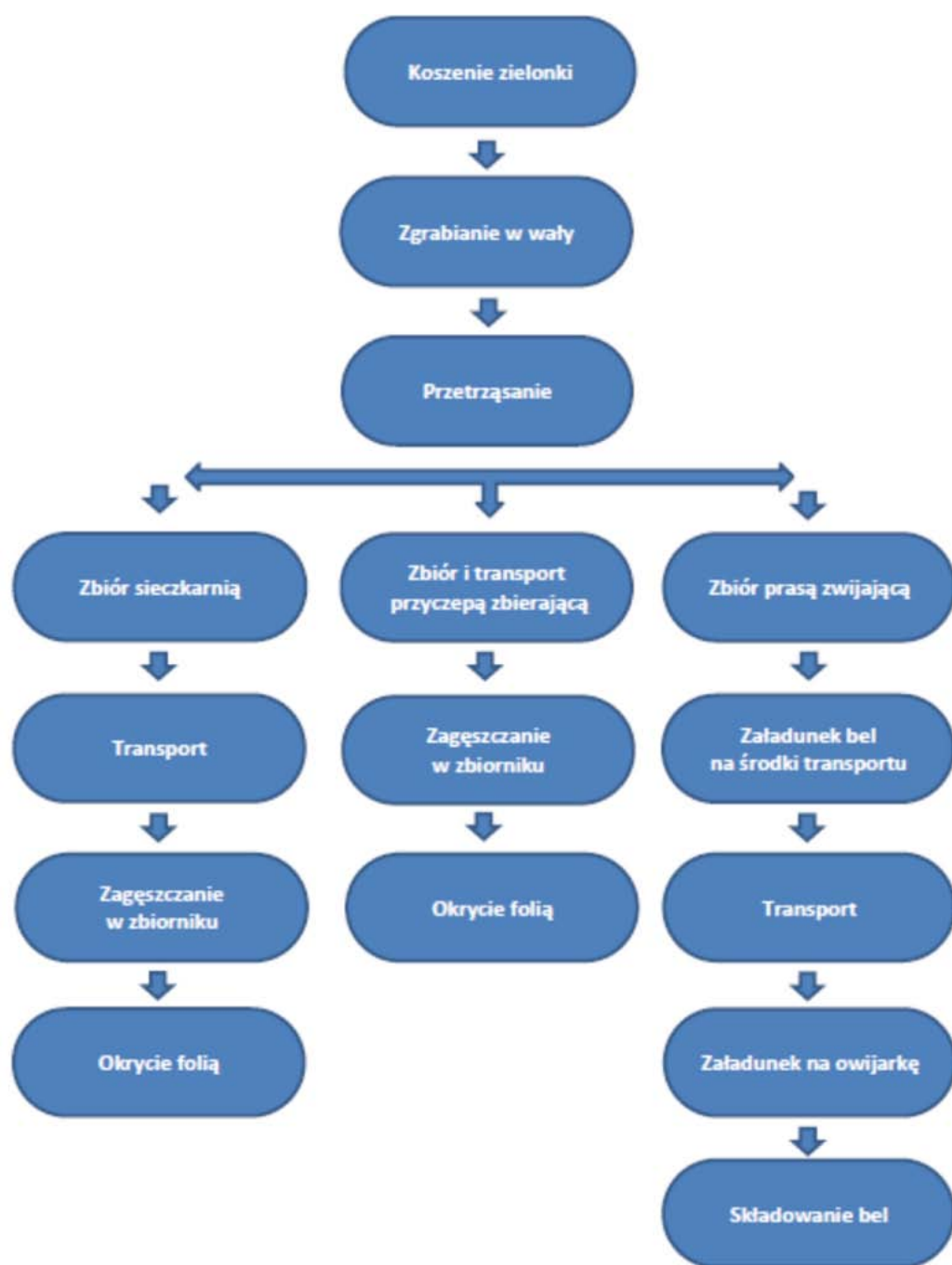
W zależności od fazy wegetacji i wilgotności zielonek, ich zbiór może być jednofazowy (koszenie i rozdrabnianie) lub dwufazowy (koszenie roślin niepociętych i ich przewiednięcie, zbiór i rozdrabnianie lub zbiór bez rozdrabniania). Zielonki zakisza się w zbiornikach przejazdowych lub nieprzejazdowych, zadaszonych lub niezadaszonych, w belach formowanych za pomocą pras zwijających zmienno- i stałokomorowych, a także w rękawach foliowych.

Wytyczne odnośnie do przechowywania kiszzonek zostały zawarte w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”, zwanego popularnie Programem azotanowym.

Kiszzonek nie można przechowywać bezpośrednio na gruncie, natomiast w silosach, rękawach foliowych, na płytach lub na podkładzie z folii, sieczki, słomy lub innego materiału pochłaniającego odcieki oraz pod przykryciem foliowym i w odległości nie mniejszej niż 25 m od studni lub ujęć wód,

jeżeli nie ustanowiono strefy ochronnej na podstawie przepisów ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne oraz od linii brzegu wód powierzchniowych oraz pasa morskiego. Bele z kiszunką z roślin przewiędnionych i z sianokiszunką mogą być składowane bezpośrednio na ziemi.

Położenie zbiorników na kiszunki w stosunku do innych budowli w gospodarstwie zostało sprecyzowane w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie.

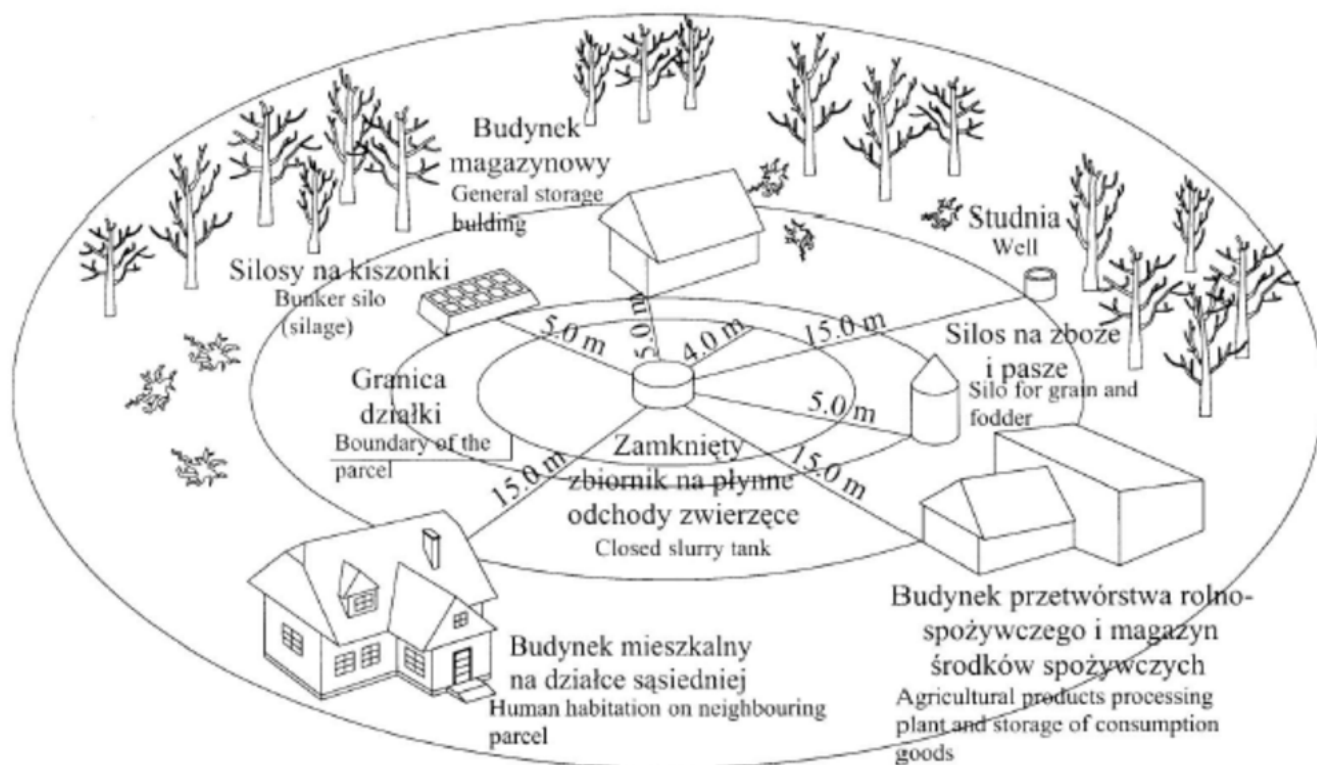


Rys. 5. Schemat blokowy produkcji kiszzonek z roślin przewiędnionych i sianokiszzonek

6.7. Pryzmy

Zakiszanie w pryzmach jest najmniej korzystnym sposobem konserwowania biomasy. Najbardziej niekorzystne jest tworzenie pryzm okrągłych, które mają niekorzystny stosunek objętości do powierzchni, co sprzyja większym stratom powierzchniowym. Pryzma powinna być podłużna. Pryzmy, które nie posiadają utwardzonego podłoża (trwałej płyty) nie powinny być tworzone ze względu na zachowania prawidłowej higieny pasz oraz ze względu na gospodarkę wodną. Jednak we wielu polskich gospodarstwach kiszonki są nadal produkowane w ten sposób. Zwłaszcza nie należy tworzyć pryzm okrągłych (tzw. kurhanów), w których powstają największe straty składników pokarmowych

ze względu na niekorzystny stosunek objętości stosu kiszonkowego do powierzchni zewnętrznej.



Rys. 6. Minimalne odległości usytuowania zbiorników na kiszonkę (i na odchody) [Dz. U. Nr 132 poz. 877, 1997 r.]

6.8. Zbiorniki

Magazyny na kiszonkę mogą być naziemne lub częściowo zagłębione. Trwały zbiornik (tzw. silos) ma ją chronić przed dostępem powietrza, czyli zapewnić warunki beztlenowe, zabezpieczyć przed wodą opadową, promieniowaniem słonecznym i w sposób bezpieczny dla środowiska odprowadzać nadmiar soków kiszonkowych, a także ułatwić załadunek zielonki i umożliwić jej ugniatanie ciągnikami oraz pracę ładowarki i wybieranie kiszonki specjalistycznymi wybierakami (frezami).

Dojazd do silosu powinien być utwardzony. Ze względów bezpieczeństwa należy umieścić na nim tablice informujące o maksymalnej wytrzymałości jego ścian. Beton (klasa wytrzymałości C35/45 wg PN-EN 206-1 – dawna klasa B45, natomiast płyty dennej C20/25 – dawniej B25) użyty do budowy ścian powinien zapewnić wodoszczelność, być mrozo- oraz kwasoodporny. Zazwyczaj buduje się je z prefabrykatów żelbetowych lub jako monolityczne ze żwirobetonu zbrojonego prętami stalowymi. Z zewnątrz ściany powinny być obsypane ziemią, aby zabezpieczyć je przed ewentualnym wypchnięciem podczas ugniatania zielonki oraz w razie przemarzania kiszonki. Ich wysokość może dochodzić do 1,5-3,0 m (zwykle 1,80-2,00 m), a grubość – 12-15 cm. Budowla powinna być okolona betonowym pasem brzegowym o szerokości nie mniejszej niż 1 m w celu zabezpieczenia przed nanoszeniem i wwożeniem ziemi do zbiornika. Zbrojona płyta denna ($\emptyset$ 6-100 mm · 100 mm) powinna składać się z 15 cm warstwy podsypki piaskowej, 5 cm betonu podkładowego i 20 cm warstwy właściwej betonu i znajdować się co najmniej o 0,5 m poniżej poziomu granicy przemarzania gruntu, podobnie jak fundamenty – na głębokości 0,80-1,20 m poniżej poziomu terenu. Dno powinno umożliwiać spływ soków do studzienek odpływowych o pojemności od 2 do 10 m³ będących integralnymi elementami silosu. Zakiszając świeżą zielonkę (18-25% suchej masy) z 1 tony wycieknie około 0,2 m³ soku [https://www.itp.edu.pl/pw/PW2016/files/4.-Przechowywanie-nawozow-naturalnych-i-kszonki_Wardal.pdf].

Zapełniać zbiornik zakiszaną biomasą można po całkowitym związaniu betonu, jednak nie wcześniej niż po miesiącu. Wymiary zbiornika uzależnione są od potrzeb gospodarstwa. Zazwyczaj przyjmuje się następujące parametry: długość 18-36 m, szerokość 3-9 m (najczęściej 6 m), wysokość 2 m, jednak silos powinien zapewnić możliwość zakiszenia w ciągu 3 dni, gdyż jest to optymalny czas pozwalający na stworzenie warunków beztlenowych [https://www.itp.edu.pl/pw/PW2016/files/4.Przechowywanie-nawozow-naturalnych-i-kszonki_Wardal.pdf].

6.8.1. Obliczanie wielkości zbiorników

Przykład obliczania wielkości zbiornika na kiszonkę z traw lub roślin bobowatych przewiedniętych wg następujących danych:

masa 1 m³ kiszonki – 650 kg (0,65 t),

liczebność stada krów – 50 szt.,

średnioroczna dzienna dawka kiszonki – 25 kg,

rezerwa – 30% (uwzględnia straty powstające m.in. podczas zbioru, kisenia i skarmiania).

Obliczenia:

1) obliczanie potrzebnej ilości kiszonki

liczba zwierząt x ilość kiszonki (kg/dzień) x liczba dni żywienia x rezerwa

$$50 \text{ krów} \times 25 \text{ kg kiszonki/dzień} \times 365 \text{ dni} \times 1,3 \text{ (rezerwa)} = 593\,125 \text{ kg} \approx 600 \text{ t.}$$

2) obliczanie wielkości zbiornika

ilość potrzebnej kiszonki x masa 1 m³ kiszonki

$$600 \text{ t} \times 0,65 \text{ t/m}^3 = 390 \text{ m}^3$$

W zbiorniku przejazdowym kiszonka wypełnia tylko 85-90% jego objętości. Wyliczoną objętość zbiornika należy pomnożyć np. przez współczynnik 1,1 (100/90 = 1,1).

$$390 \text{ m}^3 \times 1,1 = 429 \text{ m}^3 \approx 430 \text{ m}^3$$

Zakładając 2 m wysokość ścian i 6 m szerokość zbiornika, długość jego ścian powinna wynosić 36 m.

$$a \times b \times c = 430 \text{ m}^3$$

$$6 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times X = 430$$

$$12 \text{ m}^2 \times X = 430 \text{ m}^3 / 12$$

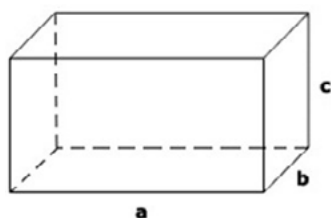
$$X = 430 \text{ m}^3 / 12 \text{ m}^2$$

$$X = 430 \text{ m}^3 / 12 \text{ m}^2 = 35,83 \text{ m} \approx 36 \text{ m}$$

Poniżej przedstawiono parę przydatnych wzorów do obliczania objętości zbiorników:

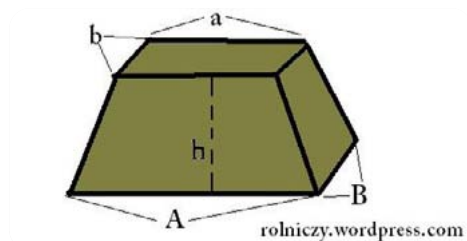
– objętość zbiornika (prostopadłościan)

$$V = a \times b \times c$$



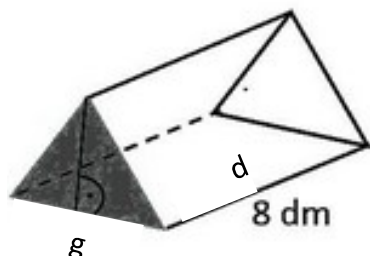
– objętość zbiornika lub przyzmy (graniastosłup o podstawie trapezu o ścianach pochylonych na zewnątrz - zbiornik lub do wewnątrz - przyzma)

$$V = h/6 \times [(2A + a) \times B + (2a + A) \times b]$$



– objętość przyzmy (graniastosłup o podstawie trójkąta)

$$V = (g \times h \times d)/2$$



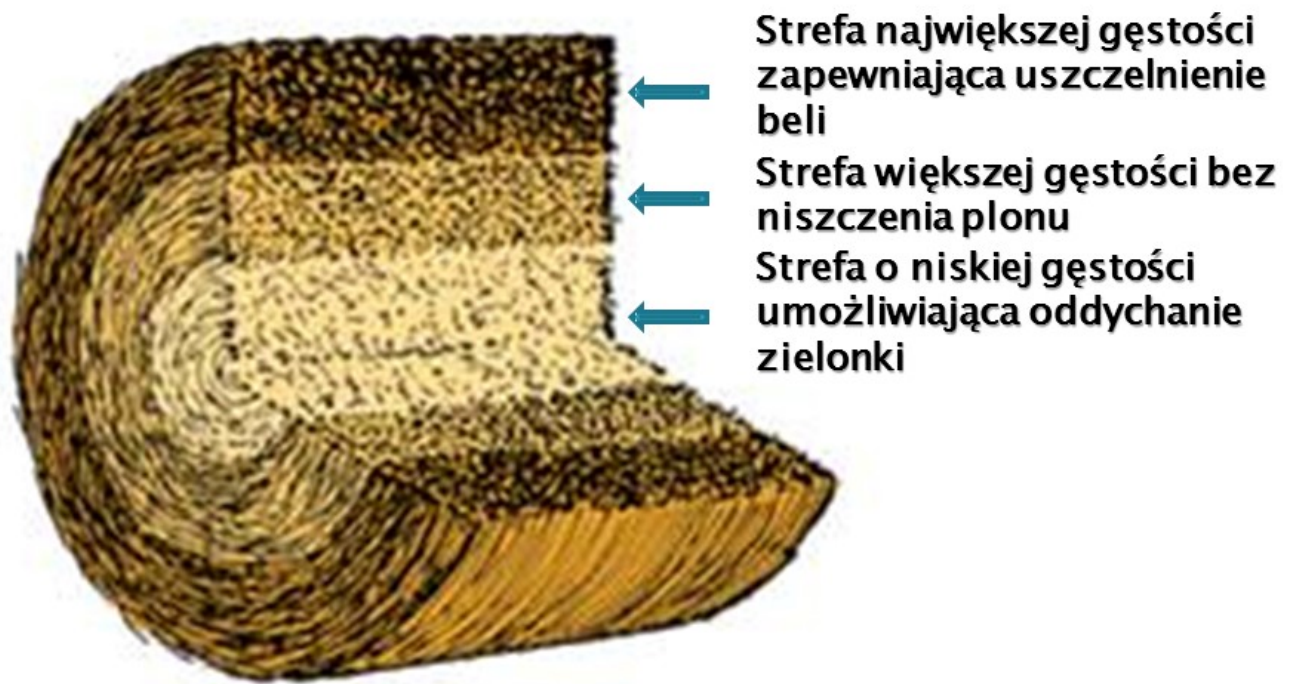
W celu obliczenia parametrów zbiorników na kiszonkę można posłużyć się arkuszem obliczeniowym zamieszczonym pod adresem: <https://www.cdr.gov.pl/transfer-wiedzy/narzedzia>, PARAMETRY SIŁOSÓW NA KISZONKĘ - narzędzie do obliczania: parametrów siłosów oraz planowania produkcji kiszonek w zależności od wielkości stada, plik o nazwie **kiszonki.xls**.

Tab. 8. Masa 1 m³ kiszonek w zależności od rodzaju surowca i zawartości suchej masy

Kiszona	Surowiec	
	Trawy, rośliny bobowate drobnonasienne (kg)	GPS (kg)
Świeża (17-30% SM)	750-800	750-800
Przewiędniała (30-40% SM)	550-650	650-700
Sianokiszona (40-60% SM)	pow. 650	—

6.9. Bele cylindryczne i baloty

Zazwyczaj ten sposób zakiszania zaleca się dla mniejszych gospodarstw. Zaletą tego systemu jest to, że można dopasować ilość dostarczanej do obory kiszonki do obsady zwierząt, przywożąc do niej odpowiednią liczbę bel (balotów). Są one formowane za pomocą specjalnych pras nadających zakiszanej biomase kształt najczęściej walca lub sześcianu (tzw. kostki), które są owijane siatką i kilkoma warstwami folii polietylenowej, także typu stretch. Masa jednej beli zależy od rodzaju zakiszanej biomasy i może dochodzić do 1,2 t – w przeliczeniu na 1 m³ – 250 do 450 kg. Na przykład przy zawartości suchej masy na poziomie 35-50%, 1 m³ będzie zawierać około 150-220 kg suchej masy. Wewnątrz bel ugniecenie nie jest równomierne (ryc. 6), jednak jakość uzyskanych kiszonek jest porównywalna z jakością kiszonek sporządzonych w rękawach foliowych.



Rys. 7. Strefy zgniotu w beli cylindrycznej [wg LfL]

Bele z kiszonką powinny być ciągle monitorowane pod względem uszkodzenia folii, głównie przez ptaki. Ze względu na to, że zazwyczaj kiszony surowiec nie jest rozdrobniony, długie fragmenty roślin słabiej fermentują. Rozwiązaniem mogą być prasy wyposażone w noże tnące zielonkę na długość 40-100 mm. Najlepiej jednak spowodować przewiednięcie skoszonych roślin, zwłaszcza bobowatych drobnonasiennych. Na przykład lucerna może zawierać 40% i więcej suchej masy, co pozwoli wyeliminować działalność bakterii *Clostridium*.

W belach zakisza się przede wszystkim lucernę, trawy, mieszanki traw z roślinami bobowatymi drobnonasiennymi, porost łąkowy oraz prasowane wysłodki buraczane i zielonki z kukurydzy, w „kostkach” – cztery pierwsze surowce.

Zbiór biomasy zakiszanej w belach można rozpocząć przy zawartości suchej masy na poziomie 35-40%, gdyż zwłaszcza w słoneczny i wietrzny dzień zielonka będzie szybko wysychała. Jeżeli zielonka zawiera poniżej 30% suchej masy nie należy jej zakiszać w belach, gdyż może z nich wyciekać sok. Należy przyjąć zasadę, że po zwinięciu beli powinna ona być owinięta folią w czasie do 2 godzin, gdyż przedłużanie czasu spowoduje zagrzewanie się zakiszanej zielonki. Folia, najlepiej typu stretch (rozciągliwa), o grubości około 0,025-0,030 mm powinna być nawijana na surowiec z zakładką wielkości 50% i dobrze naciągana. Dwukrotne owinięcie folią z zakładką tej wielkości daje w sumie 4 warstwy. Odpowiednim wskaźnikiem poprawności owinięcia beli folią może być pomiar szerokość pasa folii, którą ją owinięto. Jeżeli jest ona mniejsza o około 15 cm w porównaniu z szerokością pierwotną, można uznać, że folia okrywa szczelnie i ściśle zakiszaną biomasę.

Podczas zbioru zielonki prasą należy zwrócić uwagę na szerokość wałów przez nią podbieranych. Powinny one być porządnie zagrabione, a ich szerokość musi być dostosowana do szerokości roboczej prasy rolującej, przez co jej komora będzie równomiernie zasilana zieloną masą, co zapewni formowanie beli na całej szerokości prasy i uzyska się wyrównaną powierzchnię zewnętrzną. Zbyt mocno przewiednięte zielonki, mające twarde łodygi, mogą uszkodzić folię. Dla takich materiałów zaleca się owijanie 6 warstwami folii. Nie zaleca się owijania mokrych bel, ponieważ folia może się rozklejać, gdyż traci wówczas swą charakterystyczną lepkość.

Bele należy składować „na stojąco”, maksymalnie w 3 warstwach, najlepiej na powierzchni wyścielonej folią, możliwie na wzniesieniu, co zabezpieczy je przed zalewaniem wodą opadową. Uszkodzenia folii należy naprawiać specjalną taśmą samoprzylepną. Taśmy przeznaczone do użytku domowego nie są przydatne, gdyż szybko się odklejają i nie są szczelne. Jeżeli nie zastosuje się folii na podłoże, to ziemię można spryskać środkiem chwastobójczym, aby rosnące rośliny nie niszczyły folii. Utrudnia to też zasiedlanie bel przez gryzonie. Dobrą praktyką jest oznaczanie bel w taki sposób, aby jednoznacznie można było stwierdzić bez rozrywania folii, jaki surowiec w nich został zakiszony.

Zakiszanie w belach/balotach ma tę zaletę, że praktycznie otrzymuje się tzw. minikiszonki. To znaczy, że można określoną ilość kiszonki skarmić jednorazowo lub w ciągu maksymalnie jednego dnia. Takie postępowanie zmniejsza straty składników pokarmowych, do jakich dochodzi podczas wybierania i skarmiania kiszzonek ze zbiorników.

6.10. Rękaw foliowy

Zakiszanie w rękawach foliowych jest jednym z najnowszych sposobów konserwowania biomasy. W gospodarstwach, w których dziennie wybiera się mniej niż 700-800 kg lub m^3 kiszonki, trudno uzyskać parametr wybierania wynoszący średnio 2 m kiszonki w tygodniu. Powoduje to zagrzewanie się wybieranej biomasy i jej pleśnienie, szczególnie wtedy, gdy zielonka została słabo ugnieciona (zagęszczona). W przypadku dużych gospodarstw często potrzebne są pasze stosowane krótkoterminowo, w tym kiszonka z lucerny, ale też różne produkty uboczne. Dotyczy to też biogazowni kiszących różne surowce [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/30577_silotunnel.pdf]. Rozwiązaniem może być zakiszanie w rękawie foliowym.

Ten sposób zabezpieczania pasz wilgotnych pozwala na wytworzenie dobrych kiszonek, ponieważ szybko zostają stworzone warunki beztlenowe, a cała biomasa jest szczelnie osłonięta folią. Rękawy są produkowane w różnych wielkościach – długość od 45 do 75 m, średnica – od 2,4 do 3,6 m. Technologia ta polega na napełnianiu rękawa foliowego biomasą do zakiszania za pomocą specjalnej prasy silosującej. Urządzenie jest zbudowane z kosza zasypowego, komory prasującej z tłokiem oraz prowadnicy, na którą zakłada się rękaw. W miarę napełniania zsuwa się on z niej. Na prasie mogą być zainstalowane dozowniki do konserwantów. Prasy są napędzane poprzez WOM ciągnika lub są autonomiczne, także samojezdne. Cechują się one dużą wydajnością. Na przykład rękaw o średnicy 2,4 m i długości 60 m może być napełniany prasowanymi wysłódkami przez 2 godziny, zielonką z kukurydzy – 3-5 godzin, zielonką z traw – 5-8 godzin. Z obliczeń wynika, że przy tych parametrach uzyska się tunel o pojemności 270 m^3 .

Najczęściej kiszonymi surowcami są: wilgotne ziarno kukurydzy, CCM, LKS, prasowane wysłódki buraczane, młóto browarniane. Coraz częściej kiszone są też trawy, rośliny bobowate drobnonasienne lub ich mieszanki. Jednak za duża zawartość suchej masy w zakiszanej biomacie stwarza zagrożenie przedziurawienia folii przez twarde i sztywne fragmenty roślin.

Rękawy dostępne na rynku mają różną pojemność, a co za tym idzie różną średnicę, co pozwala na dopasowanie tempa i ilości wybieranej kiszonki. Standardowo średnica rękawa wynosi 1,8-3,6 m, a długość – 30, 60 i 90 m. Powierzchnia rękawa po napełnieniu go zakiszaną biomasą powinna być gładka. Jednak nadmierna jej gęstość może sprawić, że podczas napełniania powstaną w surowcu swoiste korytarze ułatwiające wniknięcie powietrza do wnętrza kiszonki po otwarciu rękawa, co sprzyja zagrzewaniu i psuciu się paszy. Rękawy wymagają ciągłego monitoringu pod względem rozszczelnienia, gdyż są często dziurawione przez ptaki [Muck i Kung 2007].

Tab. 9. Zalecana zawartość suchej masy w niektórych surowcach do zakiszania w rękawie foliowym

Surowiec	Sucha masa (%)
Koniczyna	30 – 50
Kukurydza	25 – 35
Lucerna	30 – 50
Mieszanka trawy i koniczyny	30 – 45
Trawa	28 – 45
Wysłodki buraczane	powyżej 18

Zakiszanie wysłodków mokrych (poniżej 18% suchej masy) nie jest wskazane, ponieważ prasa je rozgniata, co sprzyja burzliwej fermentacji, podczas której powstaje dużo gazów, które mogą rozsadzić rękaw. Ponadto sok kiszonkowy spływa na dół rękawa, przez co kiszonka na dole jest bardziej mokra, a u góry jest sucha. Kiszonka w rękawie nie jest mniej podatna na wtórną fermentację (fermentację masłową), ale jest bardziej stabilna w warunkach tlenowych, ponieważ jej odkryta powierzchnia narażona na działanie powietrza jest mniejsza niż w zbiorniku lub przyźmie. Rękaw foliowy jest jednorazowego użytku.

Prawidłowe rozciągnięcie rękawa foliowego, czyli jego wypełnienie można sprawdzić na specjalnym oznakowaniu znajdującym się na trwale na folii. Rękaw powinien być ułożony na utwardzonej powierzchni i być łatwo dostępny, zwłaszcza przy codziennym wybieraniu kiszonki.

W przypadku rękawów foliowych kiszonka z traw lub z roślin bobowatych drobnonasiennych o zawartości 35% suchej masy nie przemarznie. Jeżeli jest wilgotniejsza – 25-30% suchej masy lub jest z wysłodków prasowanych zawierających 20% suchej masy, przy temperaturze -15°C może przemarznąć na głębokość do 20 cm. Nie zamarzne kiszonka z kukurydzy ze względu na dużą zawartość tzw. węglowodanów „reszkowych”, czyli tych, które nie zostały przefermentowane do kwasu mlekowego.

6.11. Tunel silosowy

Ten sposób jest na pierwszy rzut oka podobny do zakiszania w rękawie foliowym, jednak nieco inna jest technologia sporządzania kiszonki w tunelu silosowym opracowana w Austrii. W literaturze specjalistycznej można znaleźć termin pochodzący z języka angielskiego – silospeed (pol. szybka kiszonka) lub Silotunnel pochodzący z języka niemieckiego (pol. tunel silosowy, tunel silosujący). Ten sposób można zalecić w przypadkach opisanych we wcześniejszym rozdziale.

W przeciwieństwie do rękawa, biomasa nie jest wciskana do folii za pomocą prasy silosującej, lecz zagęszczana przez prasę rotacyjną w metalowym tunelu, a następnie owijana folią o grubości 180 μm . Tunele mogą mieć trzy różne średnice (G3, G4, G5) i różne pojemności, co wpływa na wydajność całego procesu kiszenia. Z badań niemieckich wynika, że testowany tunel G4, w którym zakiszano zielonkę z pierwszego pokosu lucerny z trawami w trzecim roku użytkowania, napełniano z wydajnością 32 t/godz., a nawet 66,5 t/godz. w szczytowym momencie. Producent urządzenia podaje, że maksymalna wydajność, to 10 $\text{m}^3/\text{min.}$, czyli około 150-200 t/godz. Jednak wówczas należy stosować np. przyczepy samozbierające o dużej pojemności i odpowiednio ustawić ich przejazdy, aby osiągnąć taką przepustowość. Napełnianie tunelu postępuje od przodu, więc tworzonych jest więcej warstw pionowych niż poziomych, a wirnik prasy sprawia, że wybierana powierzchnia ma tendencję do przewracania się ku przodowi niż w zbiorniku, co może ułatwić jej podbieranie (usuwanie). Większość stosowanych technologii wybierania kiszzonek nadaje się do tunelu, ale ze względu na dużą liczbę warstw pionowych, wybieranie za pomocą wybieraka z frezem nie pozwalało na uzyskanie równej powierzchni wybierania. Jednak przy prawidłowym postępie wybierania nie stanowi to problemu. Stwierdzono, że wybieranie kiszonki nie jest kłopotliwe, a folię można łatwo usunąć. Przy wybieraniu kiszonka zsuwa się, więc należy przewidzieć odpowiednią wielkość utwardzonego placu manewrowego.

Zastosowanie tunelu silosowego jest alternatywą zbiornika na kiszonkę, zwłaszcza jeżeli jego budowa jest nieopłacalna. Nadaje się do zakiszania różnych surowców w różnych terminach, uzyskuje się dość duże zagęszczenie (ugniecenie) zakiszanej biomasy pod warunkiem równomiernego obciążania maszyny zielonką oraz dobrą wydajność zakiszania przy odpowiedniej logistyce. Teren pod tunel powinien być utwardzony (nieprzepuszczalny) i najlepiej, aby był skanalizowany z możliwością zbierania soków kiszonkowych [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/30577_silotunnel.pdf].



Źródła zdjęć:

<https://www.facebook.com/SILOSPEED/photos/a.388745174550939/1197138973711551/?type=1&theater>

<https://www.facebook.com/SILOSPEED/photos/a.388745174550939/965222343569883/?type=1&theater>

<https://www.facebook.com/SILOSPEED/photos/a.388745174550939/388745177884272/?type=1&theater>

7. ZAPOTRZEBOWANIE NA ŚRODKI TECHNICZNE I PRACOWNIKÓW

Liczba i wielkość niezbędnych środków transportu jest zależna od wydajności sieczkarni. Przy sieczkarniach ciągnikowych jednorzędowych zielonka powinna być transportowana środkami o ładowności od 3 do 4 ton. Jeżeli używane są sieczkarnie szersze – 2-3 rzędowe – ładowność powinna wynosić od 4 do 7 t. Znacznie większych ładowności wymagają nowoczesne siloskombajny (sieczkarnie samobieżne). Urządzenie o wydajności zbioru wynoszącej powyżej 100 t/godz., aby było właściwie wykorzystane powinno być obsługiwane przez środki transportu o ładowności od 10 do 18 t. Zaleca się, aby wraz ze wzrostem wydajności maszyny zbierającej, zwiększać ładowność środków transportu, a nie ich liczbę, przy czym ich maksymalna dopuszczalna liczebność wynosi 5 [<http://www.pckz-zawiercie.pl/wp-content/uploads/2020/11/Zbi%C3%B3r-ro%C5%9Blin-pastewnych.pdf>].

Przykład obliczania liczby środków technicznych i pracowników przy zakiszaniu zielonki z traw z roślinami bobowatymi drobnonasiennymi w zbiorniku przejazdowym (dane orientacyjne).

Dane:

- zbiornik przejazdowy – 1500 m³,
- plon zielonej masy – 20 t/ha,
- wielkość plantacji – 70 ha,
- czas trwania zakiszania – maks. 3 dni,
- czas pracy w ciągu dnia – 8 godz.,
- wydajność sieczkarni samobieżnej – 60 t zielonki/godz.,
- zbiór jednofazowy,
- prędkość transportu sieczki i jazdy bez ładunku – 20 km/godz.,
- gęstość zakiszanej biomasy po ugnieceniu w dniu formowania stosu – 0,5 t/m³,
- pojemność 1 przyczepy – 40 m³,
- masa 1 m³ zielonki – 0,35 t,
- czas wymiany zestawu ciągnik-przyczepa przy sieczkarni – 0,5 min.,
- odległość pola od zbiornika – 2 km, droga asfaltowa,
- czas wyładunku przyczepy w silosie – 1 min.,
- liczba ciągników w zbiorniku – 2 (ugniatanie, zgarnianie, rozgarnianie)
- liczba pracowników w zbiorniku (podgarnianie zielonki, inne prace) – 2.z

Obliczenia

1. Ilość zielonki, jaką trzeba zebrać i zakisić w ciągu 3 dni
$70 \text{ ha} \times 20 \text{ t/ha} = \mathbf{1400 \text{ t zielonki}}$
2. Liczba potrzebnych sieczkarni
ilość zielonki do zakiszenia/wydajność sieczkarni/godz./liczba godz. pracy sieczkarni/dzień/ liczba dni zakiszania $1400 \text{ t}/60 \text{ t/godz.} / 8 \text{ godz. pracy/dzień}/3 \text{ dni zakiszania} = 0,97 \text{ sieczkarni}$ $\approx 1 \text{ sieczkarnia}$
3. Czas załadunku przyczepy przy 90% jej wykorzystaniu
pojemność przyczepy (m^3) x 90% wykorzystanie x masa 1 m^3 zielonki (t/m^3) $40 \text{ m}^3 \times 0,9 \times 0,35 \text{ t/m}^3 = 12,6 \text{ t}$ [(pojemność przyczepy przy 90% wykorzystaniu x 60 min.)/wydajność sieczkarni] + czas wymiany zestawu ciągnik-przyczepa przy sieczkarni $[(12,6 \text{ t} \times 60 \text{ min.})/60 \text{ t/godz.}] + 0,5 \text{ min.} = \mathbf{13,1 \text{ min.}}$
4. Czas przejazdu z pola do zbiornika i z powrotem
$[(\text{odległość pola od zbiornika} \times 60 \text{ min.})/\text{prędkość transportu}] \times 2$ $[(2 \text{ km} \times 60 \text{ min.})/20 \text{ km/godz.}] \times 2 = \mathbf{12 \text{ min.}}$
5. Czas pracy zestawu ciągnik-przyczepa
czas załadunku przyczepy przy 90% jej wykorzystaniu + czas przejazdu z pola do zbiornika + czas wyładunku przyczepy w zbiorniku $13,1 \text{ min.} + 12 \text{ min.} + 1 \text{ min.} = \mathbf{26,1 \text{ min.}}$
6. Niezbędna liczba zestawów ciągnik-przyczepa do transportu zielonki + 1 (w zaokrągleniu do 1,0)
(czas pracy zestawu ciągnik-przyczepa/czas załadunku przyczepy przy 90% jej wykorzystaniu) x liczba sieczkarni + 1 $(26,1 \text{ min.} / 13,1 \text{ min.}) \times 1 + 1 = 2,99 \text{ zestawu ciągnik-przyczepa}$ $\approx 3 \text{ zestawy ciągnik-przyczepa}$
7. Liczba ciągników do transportu zielonki
jest równa liczbie zestawów ciągnik-przyczepa niezbędnych do transportu zielonki z pola do zbiornika (1 ciągnik – 1 przyczepa) 3 ciągniki
8. Liczba ciągników łącznie
jest równa liczbie ciągników do transportu zielonki + liczba ciągników ugniatających zielonkę w zbiorniku $3 \text{ ciągniki do transportu zielonki} + 2 \text{ ciągniki w zbiorniku} = \mathbf{5 \text{ ciągników}}$
9. Liczba operatorów sprzętu:
1 operator silosokombajnu + 3 operatorów ciągników transportujących zielonkę z pola do zbiornika + 2 operatorów ciągników w zbiorniku = 6 operatorów (kierowców)
10. Liczba pracowników w zbiorniku:
2
11. Łączna liczba pracowników:
6 operatorów (kierowców) + 2 pracowników w zbiorniku = $\mathbf{8 \text{ pracowników}}$

8. DODATKI KISZONKARSKIE

Dodatki do zakiszania można podzielić na dwie grupy: inhibitory fermentacji i stymulatory fermentacji. Pierwsze z nich hamują naturalny proces fermentacji mlekowej i przerywają inne procesy życiowe, natomiast drugie – wspomagają fermentację mlekową. Fermentację przerywają kwasy organiczne i ich sole, a wspomagają preparaty biologiczne – mikrobiologiczne zawierające bakterie kwasu mlekowego (BKM) i mikrobiologiczno-enzymatyczne w tym z bakteriami oraz enzymami, zwłaszcza celulolitycznymi (rozkładającymi włókno surowe). W sprzedaży oferowane są także dodatki kombinowane łączące stymulację fermentacji z hamowaniem działania mikroorganizmów szkodliwych takich jak np. pleśnie lub drożdże, zwłaszcza podczas wybierania i skarmiania kiszzonek. W takich produktach stymulatorem jest dodatek mikrobiologiczny zawierający bakterie kwasu mlekowego (BKM), a inhibitorem są sole kwasów, np. propionowego (propioniany).

Za prekursora stosowania chemicznych konserwantów uważa się fińskiego biochemika, który w 1945 roku otrzymał nagrodę Nobla z dziedziny chemii za badania i wynalazki z agrochemii i chemii odżywiania, zwłaszcza za opracowanie metody konserwacji pasz. Artturi Ilmari Virtanen opracował w latach 30. XX wieku metodę stosowania kwasów mineralnych (solnego i siarkowego) jako zakwaszaczy (AIV-kwasy). W latach 60. XX wieku do kiszenia zielonek stosowano również kwasy organiczne o krótkim łańcuchu węglowym. Na przykład kwas benzoesowy, który ogranicza fermentację alkoholową, kwas propionowy wstrzymujący rozwój pleśni oraz kwas mrówkowy hamujący rozwój bakterii masłowych i gnilnych.

Ze względu na dużą agresywność kwasów mineralnych i organicznych do zakiszania można stosować ich sole (np. mrówczan amonu, sodu i wapnia, benzoesan sodu, propionian sodu, heksaminę, azotan i azotyn sodu, siarczan magnezu i miedzi, bezwodniki kwasu siarkowego). Jednakże azotany i azotyny mogą być prekursorami karcynogennych nitrozoamin. Zaleca się zamiast nich siarczany magnezu bądź miedzi w ilości mniejszej niż 15%. Działanie korozyjne i agresywność kwasów mineralnych i organicznych skłoniły do zastosowania kwasów zbuforowanych.

Konserwantem jest też dwutlenek węgla, który nadaje się do konserwacji zielonek o dużej zawartości suchej masy (50-60%), kiszonych zwłaszcza w dużych belach (big bale). Związek ten stwarza warunki beztlenowe, a zastosowany w formie stałej lub ciekłej obniża temperaturę zakiszanego surowca hamując oddychanie roślin oraz wzrost mikroorganizmów tlenowych, bakterii termofilnych (np. *Clostridium*), drożdży i grzybów. Według twórców metody, sposób ten poprawia także odporność kiszzonek na stres tlenowy po otwarciu bel i podczas skarmiania.

Istotą stymulatorów fermentacji jest zwiększenie liczebności bakterii kwasu mlekowego (BKM), których jest zwykle za mało na roślinach, a ponadto ich skład gatunkowy nie jest właściwy. Szczególnie liczebność homofermentacyjnych bakterii mlekowych (hoBKM) nie gwarantuje

wyprodukowania kiszonek dobrej jakości. Stąd wynika m.in. konieczność stosowania dodatków kiszonkarskich, szczególnie preparatów mikrobiologicznych. Wyodrębnić można 4 ich grupy: inokulanty (stanowiące 90% stosowanych dodatków biologicznych) złożone z bakterii kwasu mlekowego (BKM) takich jak *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, inokulanty zawierające inne mikroorganizmy (*Propionibacterium*, *Bacillus*, *Serratia*, fagi np. klostridiofagi, „zabójców drożdży” – szczepy drożdży piekarniczych *Saccharomyces cerevisie* zainfekowanych wirusem, które produkują antybiotyczną toksynę), inokulanty zawierające bakterie kwasu mlekowego (BKM) i enzymy (np. celulolityczne), mieszaniny bakterii kwasu mlekowego (BKM) z chemikaliami (dodatki kombinowane), np. z sorbinianem potasu (środkiem antypleśniowym).

Nieskuteczność dodatków biologicznych spowodowała łączenie ich z konserwantami chemicznymi oraz z enzymami amylolitycznymi i celulolitycznymi oraz z glukooksydazą. Zbuforowane związki kwasu propionowego z inokulantem mogą nadać fermentacji właściwy kierunek i poprawić stabilność tlenową kiszonek.

Dodatki biologiczne zawierające glukooksydazę wiążącą tlen, przyspieszają wytworzenie warunków beztlenowych w zakiszanej biomase. Te mikroorganizmy, np. *Lactobacillus paracasei*, mogą być efektywne zwłaszcza przy zakiszaniu traw, które zawierają fruktany, a tylko około 5% bakterii mlekowych jest zdolnych do ich rozkładu. Do zakiszania traw i roślin bobowatych nie są niezbędne dodatki zawierające wyłącznie bakterie mlekowe heterofermentacyjne (heBKM), np. *Lactobacillus buchneri*. Należy je przeznaczyć do zakiszania kukurydzy, choć są zastrzeżenia, co do ich efektywności [Zhang i in. 2019]. Bakterie te produkują m.in. kwas octowy, który działa antygrzybiczo, zakłócając metabolizm np. drożdży, co polepsza tlenową stabilność kiszonek podczas ich wybierania i skarmiania. Jednak bakterie heterofermentacyjne (heBKM) rozkładają kwas mlekowy zużywając dużo energii, co zwiększa straty składników pokarmowych, zwłaszcza cukrów (WSC). Skuteczność tych bakterii związana jest z rodzajem zakiszanej paszy oraz z ich szczepami, które charakteryzują się różną przydatnością do kiszenia [Dorszewski 2009]. Psucie się kiszonek z roślin bobowatych drobnonasiennych pod wpływem tlenu jest związane z aktywnością bakterii [McAlister i in. 1998], więc stosowanie *Lactobacillus buchneri* nie zawsze daje pożądany efekt, gdyż produkując kwas octowy hamują rozwój drożdży.

Efektywność i skuteczność działania dodatku kiszonkarskiego zależy m.in. od fazy rozwoju roślin, zasiedlenia surowca naturalnymi bakteriami, stopnia podsuszenia (zawartości suchej masy), zawartości cukrów (WSC), pojemności buforowej (PB), zanieczyszczenia ziemią oraz od wyposażenia technicznego i technologii zakiszania (maszyny, zbiorniki, ugniatanie, okrycie).

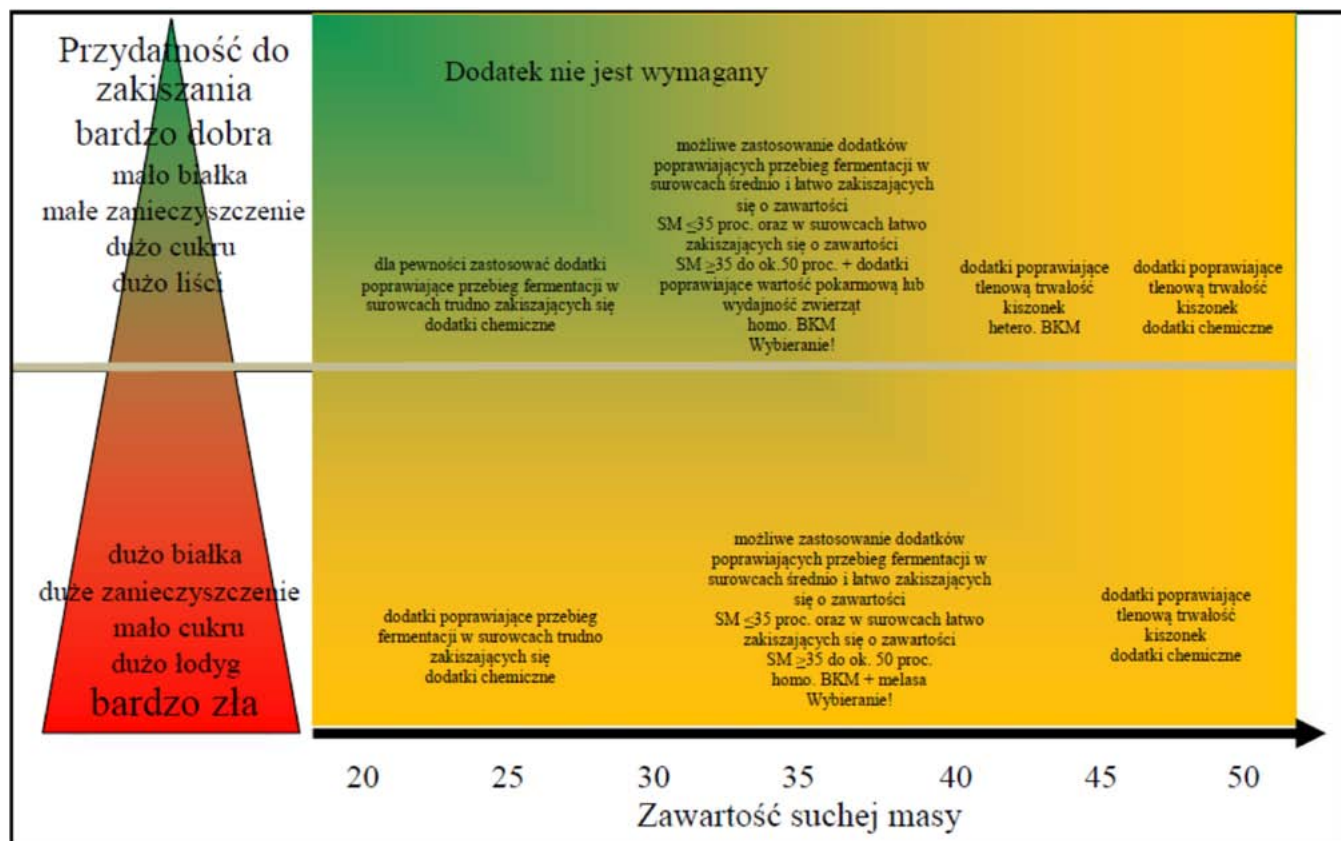
Tab. 10. Klasyfikacja dodatków kiszonkarskich wg DLG (Niemieckie Towarzystwo Rolnicze)

Oznaczenie	Zakres stosowania	Cechy surowca	Rodzaj surowca	WF
1a	poprawa przebiegu fermentacji w surowcach trudno zakiszających się	niska zawartość cukru, zwiększona PB, zwykle niska zawartość SM	trawy i motylkowate	<35
1b	poprawa przebiegu fermentacji w surowcach średnio do łatwo zakiszających się o niższej zawartości SM ≤ 35%	wystarczająca zawartość cukru, zmniejszona PB, niska zawartość azotanów, mała liczebność flory epifitycznej	trawy i motylkowate, GPS, kukurydza, wysłodki prasowane	≥ 35
1c	poprawa przebiegu fermentacji w surowcach łatwo zakiszających się o wyższej zawartości SM ≥ 35% do ok. 50%	jak dla 1b, ale o wyższej zawartości SM ≥ 35%	jak dla 1b	≥ 35
1d	dla surowców wymagających specjalnego działania dodatku kiszonkarskiego	–	buraki pastewne, pulpa, wysłodki prasowane	–
2	poprawa tlenowej trwałości kiszonek	jak dla 1a – 1c	trawy i motylkowate, GPS, kukurydza, CCM, wysłodki prasowane, surowce wilgotne	>35
3	zmniejszenie wyciekania soków kiszonkowych	<30% SM	trawy i motylkowate, kukurydza	>35
4	poprawa wartości pokarmowej lub wydajności zwierząt	4a – poprawa pobierania paszy		
		4b – poprawa strawności		
		4c – poprawa wydajności mlecznej (c_{mleko}) i opasowej (c_{opas})		
5	środki o działaniu dodatkowym	5a – uniemożliwienie rozmnażania się w paszy bakterii Clostridium		

preparat może uzyskać kilka oznaczeń (np. 2, $4c_{mleko}$ – określa dodatek kiszonkarski mogący poprawić tlenową trwałość kiszonki i wydajność mleczną)

Według Niemieckiego Towarzystwa Rolniczego (DLG) dodatek kiszonkarski jest skuteczny, jeżeli po jego zastosowaniu zwiększy się pobranie paszy o 5%, a strawność o 1,5%, wydajność mleka ECM (o skorygowanej zawartości energii) o 1%, wydajność opasowa o 5%, ponadto dodatek wpłynie pozytywnie na kierunek fermentacji i stabilność tlenową. U krów o wysokiej wydajności mlecznej pozytywny efekt może nie uwidocznić się ze względu na skarmianie dużych ilości pasz treściwych w dawce. Największe znaczenie mają preparaty zmniejszające straty składników pokarmowych podczas fermentacji oraz poprawiające tlenową trwałość kiszonek, jednocześnie zwiększając strawność pasz objętościowych lub ich pobieranie, a także poprawiając produkcję mleka lub mięsa. Skuteczność dodatków kiszonkarskich zależy od łatwości ich dozowania i mieszania z zakiszaną

biomasą. Lepsze są produkty płynne niż sypkie. Należy pamiętać, że zwiększenie dawki nie polepszy kiszonki, a spowoduje niepotrzebny wzrost kosztów, natomiast zmniejszenie nie zapewni odpowiedniej skuteczności preparatu. Preparatów mikrobiologicznych nie należy rozpuszczać w wodzie o zawartości chloru powyżej 1 ppm, jednak zwykle woda wodociągowa zawiera go mniej.



Rys. 8. Schemat zastosowania dodatków kiszonkarskich do zakiszania zielonek [wg LfL]

UWAGA - zastosowanie jakiegokolwiek dodatku kiszonkarskiego nie naprawi błędów związanych z niewłaściwą technologią kiszenia. Niedobór azotanów w zielonce może częściowo zrekompensować użycie inokulantów, ale nie zastąpią one właściwego postępowania podczas zakiszania.

W przypadku zielonek mocno podsuszonych (40% suchej masy i powyżej) skuteczne mogą być osmotolerancyjne bakterie kwasu mlekowego (BKM), znoszące wysokie ciśnienie osmotyczne, choć różnią się one stopniem osmotolerancyjności i możliwością rywalizacji z naturalną (epifityczną) mikroflorą zielonek.

Tab. 11. Dodatki kiszonkarskie do traw i motylkowatych [wg DLG]

WS (%) SM (%)	20–25 (optymalny termin zbioru)	25–32 (opóźniony termin zbioru)
20–28	DLG 1a, jeżeli nie jest zanieczyszczona także DLG 1b	DLG 1a; głównie kwas mrówkowy
28–31	hoBKM (DLG 1b, 1c, 4b, 4c) w optymalnych warunkach; przy niedoborze WSC dodatek melasy	DLG 1a lub melasa + hoBKM
31–35		hoBKM do 35% SM lub przy odpowiednim wybieraniu dodatek melasy
35–38		W przypadku niebezpieczeństwa
38–50	W przypadku niebezpieczeństwa zagrzewania: DLG 2, hoBKM lub sole kwasu sorbowego lub benzoowego	zagrzewania: DLG 2, przeważnie kwas propionowy lub sole kwasu sorbowego lub benzoowego

hoBKM – homofermentatywne BKM (produkują wyłącznie kwas mlekowy); heBKM – heterofermentatywne BKM (produkują kwas mlekowy, octowy, dwutlenek węgla); WS – włókno surowe; SM – sucha masa

W tabelach 10, 11 i 12 oraz na rys. 8 przedstawiono możliwości doboru różnych dodatków do zakiszania zielonek z traw, roślin bobowatych drobnonasiennych i ich mieszanek oraz z całych roślin zbożowych i w mieszkankach z roślinami bobowatymi grubonasiennymi (GPS).

Tab. 12. Dobór dodatków kiszonkarskich [wg różnych autorów]

Rodzaj paszy	Rodzaj dodatku
bardzo trudno kiszące się wilgotne motylkowate, bardzo młode wilgotne trawy	kwasy organiczne, melasa
bardzo trudno kiszące się czyste zielonki z traw o zawartości suchej masy 30-35% i włókna powyżej 24% w suchej masie	BKM + enzymy
trudno kiszące się bobowato-trawiaste poniżej 30% suchej masy	sole neutralne, bakterie hoBKM, 2–4% melasy
średnio kiszące się mieszanki bobowato-trawiaste powyżej 30% suchej masy, świeże trawy	bakterie hoBKM
łatwo kiszące się trawy i rośliny bobowate przewiednięte do ok. 40% suchej masy	preparaty biologiczne, sole neutralne, kwas propionowy
zabrudzone zielonki z traw (popiół surowy powyżej 10% w suchej masie)	konserwanty chemiczne – kwasy

Szacuje się, że około 5% kiszonek z traw jest sporządzanych z dodatkami chemicznymi, w porównaniu z 25% kiszonek z roślin motylkowatych.

9. JAKOŚĆ I STABILNOŚĆ KISZONEK

9.1. Czynniki ryzyka

Należą do nich zagrożenia chemiczne, mikrobiologiczne i toksyny roślinne. Pierwsze z nich związane są z obecnością azotanów w roślinach. W żwaczu przeżuwaczy są one rozkładane bardzo szybko do azotynów i amoniaku przez bytujące tam mikroorganizmy. Jednak dalszy rozkład przebiega znacznie wolniej, a nadmiar azotynów we krwi prowadzi do powstania methemoglobiny nieprzenoszącej tlenu, co prowadzi do uduszenia się zwierzęcia. Ponadto szkodliwe dla zwierząt, a także ludzi, są różne gazy powstające podczas rozkładu białek obecnych w roślinach, np. amoniak, siarkowodór.

Zagrożeniem mikrobiologicznym w kiszonkach są obecne w nich bakterie patogenne. Należą do nich *Clostridium botulinum*, wywołująca zatrucie jadem kiełbasianym (botulizm) oraz *Listeria monocytogenes* – powodująca zakaźną chorobę listeriozę wywołującą m.in. poronienia, na którą szczególnie wrażliwe są owce i kozy. Choroba ta jest zoonozą. Rozwojowi tych bakterii sprzyja wyższe pH kiszonek.

Kolejnym zagrożeniem jest *Mycobacterium bovis* odpowiedzialna za gruźlicę u bydła. Szczególnie w kiszonkach złej jakości może występować duża liczba przetrwalników tej bakterii. Po otwarciu stosu kiszonkowego i podczas skarmiania kiszonek niebezpieczne mogą być pleśnie magazynowe, np. *Aspergillus ssp.* powodująca miejscowe czarne zabarwienie kiszonki, *Penicillium roquefortii*, zabarwienie zależne od fazy rozwoju – od białego do zielonego i błękitnego oraz *Monascus ruber* (czerwone). Obecność grzybów w kiszonkach nie musi oznaczać ich skażenia mikotoksynami (toksynami grzybowymi), jednak nie można tego wykluczyć. Mikotoksyny są niebezpieczne dla zdrowia zwierząt i ludzi.

Nasiona traw, zwłaszcza kostrzew i rajgrasów (życic) bywają porażone grzybem *Neotyphodium uncinatum* sprzyjającym ich wzrostowi i wspomagającym je w warunkach stresowych. Grzyb ten wytwarza ergotaminę (alkaloid ergotowy). Jest to jedna z niewielu mikotoksyn ulegająca rozkładowi podczas fermentacji mlekowej. W kiszonkach mogą występować także inne toksyny roślinne, np.: alkaloidy, fitoestrogeny, kwas pruski.

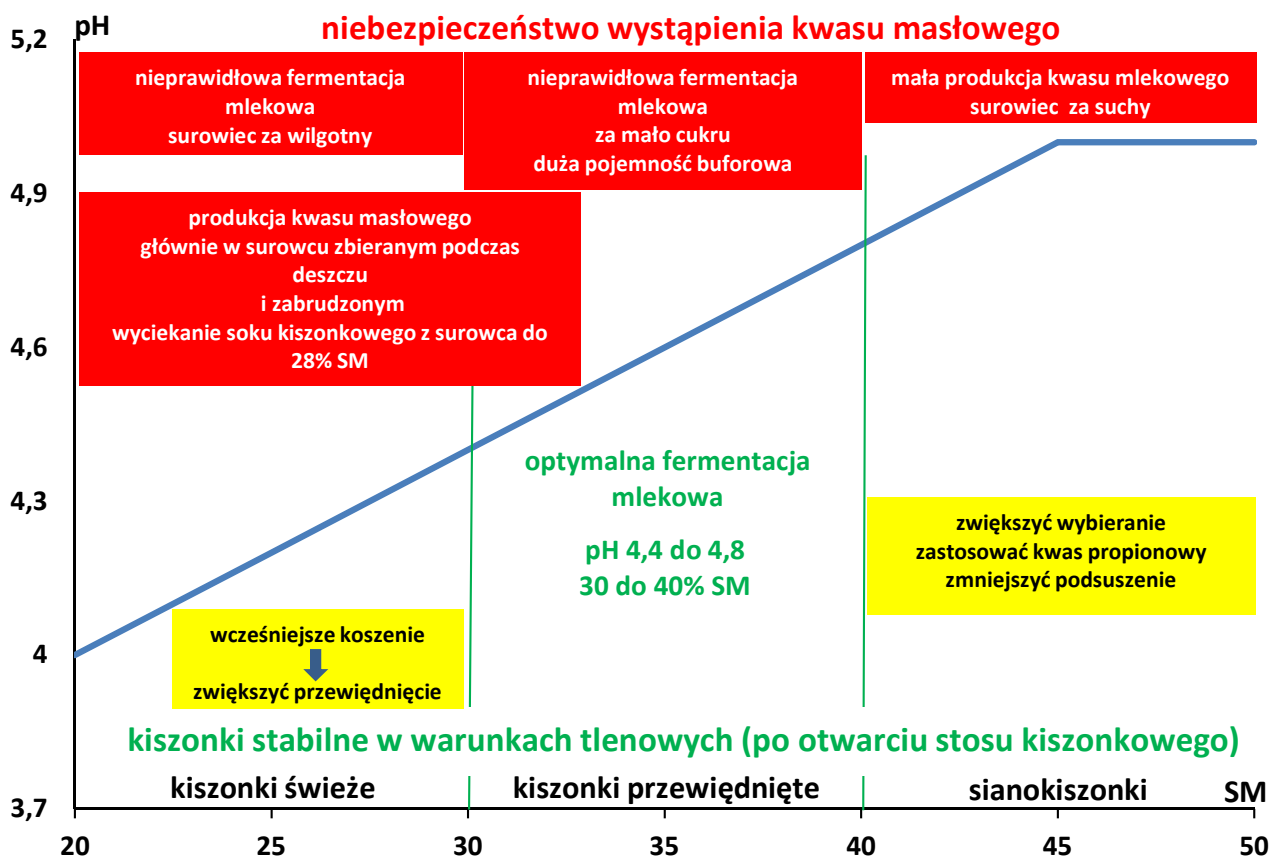
Przestrzeganie zasad prawidłowego zakiszania pozwoli w znacznej mierze uniknąć występowania zagrożeń chemicznych i mikrobiologicznych, jednak całkowicie nie uda się ich wyeliminować.

9.2. Produkty fermentacji i pH

Produktami fermentacji są lotne związki chemiczne powstające w procesie zakiszania. Główną rolę odgrywają kwasy organiczne takie jak mlekowy, octowy, masłowy oraz mrówkowy i propionowy, a także amoniak i etanol.

Tab. 13. Parametry dobrej kiszonki [wg Kung i Shaver 2001]

Kiszonka	Rośliny bobowate		Trawy	
Sucha masa (%)	poniżej 30-35	45-55	25-35	30-40
pH	4,3-4,5	4,7-5,0	4,3-4,7	3,7-4,0
Etanol (%)	0,5-1,0	0,5	0,5-1,0	1-3
N-NH ₃ do N _{ogólnego} (%)	10-15	poniżej 12	8-12	5-7
Kwas mlekowy (%)	6-8	2-4	6-10	3-6
Kwas octowy (%)	2-3	0,5-2,0	1-3	poniżej 0,1
Kwas propionowy (%)	poniżej 0,5	poniżej 0,5	poniżej 0,1	poniżej 0,1
Kwas masłowy (%)	poniżej 0,5	0	poniżej 0,5-1,0	0



Rys. 9. Zawartość suchej masy a pH [wg Galler 2011]

Tab. 14. Parametry jakościowe kiszzonek z traw [wg Galler 2011]

Parametr	Zakres	Sposób postępowania
Rozdrobnienie (cm)	2-4	liczba noży
Sucha masa (%)	30-40	umiarkowane podwiednięcie
Sucha masa (kg/m ³)	ponad 200	rozdrobnienie, ugniecenie
Popiół surowy (% SM)	poniżej 10	wysokość cięcia, zanieczyszczenie zielonek
Białko ogólne (% SM)	15-18	nawożenie N, moment zbioru
Włókno surowe (% SM)	22-26	wcześniejsze koszenie
Cukier w podwiedniętym surowcu (%)	2-4	udział traw, czas zbioru, stopień podwiednięcia
Energia (MJ NEL/kg SM)	ponad 6	udział traw powyżej 60%
pH (uzależnione od zawartości SM)	4,4-4,8	wspieranie tworzenia kwasu mlekowego
N-NH ₃ do N _{ogólnego} (% SM)	poniżej 10	szybkie obniżenie pH i odcięcie dopływu powietrza
Kwas octowy (% SM)	poniżej 2	nie zakiszać wilgotnego surowca
Kwas masłowy (% SM)	poniżej 0,3	unikać zanieczyszczenia
Drożdże (1000/g surowca)	poniżej 100	unikać zbyt niskiego koszenia
Clostridia (1000/g surowca)	poniżej 10	unikać zanieczyszczenia
Pleśnie (1000/g surowca)	poniżej 10	dobre ugniecenie i szybkie odcięcie dostępu powietrza

Wartość pH zależy od ilości kwasu mlekowego, który powinien stanowić około 80% sumy kwasów kiszonkowych, czyli jego zawartość powinna wynosić około 2,5% czyli 25 g w 1 kg świeżej masy. Kwas mlekowy szybko obniża pH, a w żwaczu jest rozkładany do kwasu propionowego ze stratą energii. Nie ma potrzeby, aby powstawało go więcej w kiszonce, niż potrzeba do obniżenia pH do poziomu zależnego od stopnia przewiednięcia zielonki.

9.3. Jakość pokarmowa i odżywcza

Jakość pokarmowa pasz, to zawartość w nich składników pokarmowych, przede wszystkim suchej masy, białka ogólnego, tłuszczu surowego i włókna surowego, włókna kwaśnego detergentowego (ADF), włókna neutralnego detergentowego (NDF), cukrów prostych i skrobi, soli mineralnych, głównie wapnia, fosforu, potasu, magnezu, cynku, miedzi, jodu i selenu. Natomiast jakość odżywcza, to m.in. wartość wypełnieniowa, zawartość składników strawnych, w tym białka strawnego i aminokwasów trawionych w jelicie oraz energii strawnej [Brzóska i Śliwiński 2011].

Kiszonki z traw i roślin bobowatych drobnonasiennych nie są dominującymi w dawkach pokarmowych krów o wysokiej wydajności, ale są źródłem białka, zwłaszcza kiszonka z lucerny. Ich skarmianie częściowo może ograniczyć konieczność stosowania drogich surowców wysokobiałkowych – śrut poekstrakcyjnych sojowej czy rzepakowej. Białko kiszzonek z zielonek ulega rozkładowi mikrobiologicznemu w żwaczu, gdyż bakterie korzystają z azotu białka roślinnego

do tworzenia białka własnych komórek. Ilość białka w zielonkach zależy od terminu ich zbioru, który decyduje o zawartości w nich związków azotowych niebiałkowych (ZAN, NPN – ang. non-protein nitrogen). Im wcześniejszy zbiór, tym więcej jest tych związków. Są bardzo szybko rozkładane w żwaczu w ciągu kilku minut po zjedzeniu zielonki czy kiszonki, głównie do wolnych aminokwasów. Ilość ZAN w kiszonce jest również zależna od przebiegu fermentacji. Jeżeli dominujące będą bakterie produkujące kwas masłowy, np. *Clostridium* proteolityczne, kiszonka będzie zawierała dużo NPN, szczególnie amoniaku. Na skutek obecności tych związków w trawach i roślinach bobowatych drobnonasiennych, rozkład białka ogólnego w żwaczu może przekraczać nawet 70%. Jest to niekorzystne, gdyż z powodu niedoborów energetycznych w tych paszach (zielonkach i kiszonce), bakterie nie wykorzystują większości amoniaku. Dlatego kiszonce z traw i roślin motylkowatych bywają uważane za nieefektywne.

9.4. Jakość mikrobiologiczna i higieniczna

Jakość higieniczna pasz odnosi się do obecności lub braku chorobotwórczych bakterii z rodzaju *Salmonella* i *Listeria* oraz toksyn pleśniowych i substancji niedozwolonych zapisanych w ustawie paszowej. Jakość mikrobiologiczna jest częścią jakości higienicznej [Brzóska i Śliwiński 2011].

Jakość higieniczna kiszonek jest determinowana przez liczebność drożdży i pleśni. Na roślinach liczba drożdży nie powinna przekraczać 10^3 do 10^5 (1000 do 100 000), a pleśni – 10^3 - 10^4 jtk/g (1000-10 000). W kiszonce z lucerny lub lucerny z życią trwałą (rajgrasem angielskim) liczba drożdży i pleśni kształtuje się zazwyczaj w zakresie do 10^3 - 10^4 jtk/g. Dobre kiszonce z traw nie powinny zawierać więcej pleśni i drożdży niż 10^3 - 10^4 jtk/g. Liczebność drożdży powyżej 10^5 (100 000) jtk/g zagraża stabilności tlenowej kiszonek podczas ich wybierania i skarmiania [McEniry i in. 2006, Pahlow i in. 2003, Rossi i Dellaglio 2007, Twarużek i in. 2015, Wambacq i in. 2013, Wilkinson i Davies 2012].

Spośród grzybów polowych najczęściej na roślinach obecne są *Fusarium sp.* i *Aspergillus sp.* oraz *Penicillium sp.* wytwarzające mikotoksyny takie jak: deoksynivalenol, nivalenol, fumonizynę i aflatoksyny. Akceptowalny poziom *Penicillium* i *Aspergillus* oraz *Mucorales* wynosi 10^3 jtk/g (1000) [Alonso i in. 2013, Bauer i Meyer 2006, Purwin i in. 2006; Wagner i in. 2007].

9.5. Stabilność tlenowa

Trwałość tlenowa, to oprócz wskaźników jakościowych jedno z najważniejszych kryteriów oceny kiszonek. Określa się ją, jako liczbę dni, podczas których w kiszonce wystawionej na działanie powietrza w temperaturze 20 °C, jej temperatura nie przekroczy o 3 °C temperatury otoczenia. Z tym pojęciem związany jest termin niestabilności tlenowej kiszonek, który oznacza procesy zachodzące w kiszonce wystawionej na działanie powietrza, które powodują wzrost temperatury kiszonce na skutek działania drożdży i pleśni. Tempo ich rozwoju zależy od liczebności populacji wyjściowej,

czyli występowania w zakiszanej biomacie. Za najważniejszą przyczynę tlenowego pogarszania się jakości kiszonek uważa się drożdże takie jak: *Saccharomyces*, *Candida*, *Cryptococcus* i *Pichia*. W warunkach wystarczającej ilości cukrów „resztkowych” (WSC resztkowych) w kiszonce, są one w pierwszej kolejności wykorzystywane przez drożdże, następnie rozkładany jest kwas mlekowy. Wartość pH może pozostać na niskim poziomie. Jeżeli dodatkowo wierzchnie warstwy zakisanego surowca są słabo ugniecione i występuje w nich powietrze, rozwijają się pleśnie [Dorszewski 2009].

9.6. Tlenowe psucie się kiszonek, to nie jest wtórna fermentacja!

Podczas wybierania kiszonki ze stosu kisonkowego tlen zawarty w powietrzu atmosferycznym ma do niej swobodny dostęp. Wówczas zaczynają się rozwijać i namnażać wszystkie mikroorganizmy tlenowe, które przeżyły fazę beztlenową kisenia. Należą do nich przede wszystkim drożdże i pleśnie oraz bakterie octowe. Są one odpowiedzialne za psucie się (gnicie) kiszonki, a nie za wtórną fermentację. Mikroorganizmy te rozwijają się dynamicznie w kisonkach, w których pozostało dużo cukru nieprzefermentowanego do kwasu mlekowego (WSC resztkowe). Są one dla nich źródłem energii, przez co mogą się intensywnie rozwijać i obniżać jakość pokarmową i odżywczą kiszonek [Dorszewski 2009].

9.7. Szkody powodowane przez zwierzęta wolnożyjące

Nawet dobrze zabezpieczona kisonka jest narażona na uszkodzenia spowodowane przez różne dzikie zwierzęta. Najłatwiejszy dostęp mają one do przyzm sporządzonych na polu. Zwierzyna w okresach chłódów i niedoboru, a nawet braku karmy, może rozgrzebywać stosy kisonkowe. Jeżeli w paśnikach jest dokarmiana kisonkami, łatwiej je rozpoznaje w przyzmach na polu. Ptactwo i gryzonie dziurawią folię, co prowadzi do wnikania powietrza do stosu kisonkowego i psucia się kiszonki oraz ułatwia dostęp do niej innym zwierzętom. Żerowanie ptaków (np. gołębi, srok, wron i in.) oraz gryzoni (myszy, szczurów) jest niebezpieczne ze względów higienicznych, gdyż swoimi odchodami zanieczyszczają kisonkę, a poza tym zwykle roznoszą różne patogeny.

9.8. Błędy podczas zakiszania i ich efekty

W tabeli poniżej zestawiono najczęstsze błędy powstające podczas kiszenia, ich objawy oraz możliwe sposoby zapobiegania ich powstawaniu.

Tab. 15. Objawy i przyczyny błędów kiszonkarskich i zapobieganie ich powstawaniu
[wg www.sielierung.de]

OBJAWY				
Zapach prażenia (kawowy, tytoniowy, przypalony)	Silny zapach kwasu masłowego	Silny, mocny kwaśny zapach (zapach nieprzyjemny, zgniły do śmierdzącego, częściowy silny rozkład tkanek roślinnych)	Zapach drożdżowy, fermentacji, słodkawy	Zapach pleśniowy lub stęchły (por. wtórna fermentacja)
PRZYCZYNY				
Przegrzanie biomasy podczas kiszenia	Fermentacja masłowa (wtórna fermentacja) spowodowana działalnością bakterii <i>Clostridium</i>	Fermentacja octowa	Fermentacja cukru/kwasu mlekowego przez drożdże	Rozwój drożdży dzięki obecności tlenu atmosferycznego
Zbyt późne okrycie	Niedostateczne przewędnięcie zakiszanej biomasy	Zbyt powolne obniżanie się pH na początku fermentacji	Silny rozwój drożdży na skutek niedostatecznego usunięcia tlenu z zakiszanego surowca (słabe ugniecenie, złe okrycie)	Zbyt mocno podsuszony surowiec kiszonkarski
Zbyt długa przerwa w zakiszaniu, bez okrycia zakiszane surowca	Niedostateczne obniżenie pH		Długi okres dopływu powietrza do zakiszanej biomasy na początku kiszenia	Niewłaściwa grubość warstw zakiszane surowca
	Duże zanieczyszczenie ziemią		Podziurawiona folia (myszy, ptaki np. wrony)	Niewystarczające ugniatanie
	Przenawożenie użytku zielonego gnojowicą			
ZAPOBIEGANIE				
Szybko formować stos kiszonkowy, dobrze go ugniatać i szczelnie okrywać	Jak najszybciej przesuszyć biomasę przeznaczoną do zakiszenia	Wsparcie fermentacji mlekowej	Regularnie kontrolować stan foli pod względem uszkodzeń (przedziurawień)	Więcej dbałości podczas zakiszania
Nie przerywać zakiszania	Zastosować dodatki kiszonkarskie (dodatki mikrobiologiczne)	Zastosować dodatki kiszonkarskie (dodatki mikrobiologiczne)	Zwalczać myszy	Zastosować cienką przylegającą folię do okrycia zakiszane surowca oraz folię przyścienną

Jeżeli zakiszenie trzeba przerwać – okryć – dobrze okryć zakiszany surowiec	Darń		Oślonić folią siatką ochronną	Bardziej przesuszyć surowiec i pociąć go na krótszą sieczkę
	Zwiększyć wysokość koszenia		Zastosować dodatki kiszonkarskie (dodatki mikrobiologiczne)	Zastosować dodatki kiszonkarskie (dodatki mikrobiologiczne)
	Ograniczyć zabrudzenie podczas zbioru surowca kiszonkarskiego			

10. SKARMIANIE KISZONEK Z TRAW, ROŚLIN BOBOWATYCH I GPS

10.1. Kiszonki z traw i roślin bobowatych drobnonasiennych

Kiszonka z traw zawiera w suchej masie około 150 g białka ogólnego, azotu amoniakalnego w stosunku do azotu ogólnego 80 g, WSC – 30 g, kwasu mlekowego – 120 g, a skrobi nie ma wcale. Kiszonki z roślin bobowatych drobnonasiennych charakteryzują się wysokim udziałem białka dochodzącym do ponad 400 g w świeżej masie. Zawierają jednak związki estrogenne (np. kumestrol). Białko np. lucerny wykazuje duże właściwości emulgacyjne i pianotwórcze, co może być jednym z czynników wzdymających.

Jedną z podstawowych kiszonek w żywieniu krów mlecznych jest kiszonka z lucerny, najlepiej podwędniętej, zawierającej od 30 do 40% suchej masy. Nadaje strukturę dawce TMR ze względu na włókno surowe zawarte w łodygach. Jednak jej stosowanie musi być niekiedy restrykcyjne ze względu na dużą zawartość potasu i wapnia, fitoestrogenów i łatwo strawnego białka.

W dziennej dawce pokarmowej dla krowy mlecznej kiszonki z traw i roślin bobowatych drobnonasiennych są podawane w ilości 20–25 kg wraz z ok. 20 kg kiszonki z kukurydzy. W ciągu doby krowa wysoko mleczna powinna otrzymywać 6 kg suchej masy pochodzącej z kiszonki z traw lub z mieszanki motylkowato-trawiastej bądź siano oraz w tej samej ilości kiszonkę z kukurydzy. Jednak w pierwszych trzech miesiącach laktacji dominującą paszą powinna być wysokoenergetyczna kiszonka z kukurydzy, w kolejnych trzech – oba rodzaje kiszonek powinny być skarmiane w podobnych ilościach, a w ostatnim trymestrze przeważać musi kiszonka z traw i roślin motylkowatych (np. z lucerny). Udział w dawce kiszonki z lucerny w połączeniu z kukurydzą, zwłaszcza w okresie przejściowym (od 3 tygodni przed wycieleniem do 3 tygodni po wycieleniu) nie powinien przekraczać 30% suchej masy ze względu na opisane wcześniej mankamenty odnośnie jej składu chemicznego. Taki sposób postępowania zapewnia właściwe pokrycie zmieniających się podczas laktacji potrzeb energetycznych oraz zapobiega nadmiernemu otluszczaniu się krów i problemom z płodnością. W żadnym przypadku nie wolno skarmiać kiszonek zagrzybionych.

10.2. Kiszonki z GPS

Kiszonki z całych roślin zbożowych oraz z mieszanek zbożowo-strączkowych wymagają uzupełnienia paszami białkowymi takimi jak kiszonki z traw lub lucerny, albo paszami treściwymi – śrutami poekstrakcyjnymi, nasionami roślin strączkowych grubonasiennych. Dobre kiszonki mają wysoką wartość pokarmową, choć nieco niższą niż kiszonki z kukurydzy. Mogą jednak ją zastępować w dawkach i być uzupełnieniem bilansu paszowego.

Spośród wszystkich rodzajów GPS najniższą wartością pokarmową charakteryzuje się kiszonka z żyta. Zawiera ona dużo związków azotowych niebiałkowych (ZAN) i jej wartość pokarmowa jest niższa niż kiszonek z innych zbóż, ponieważ jej białko ogólne szybko ulega degradacji w żwacu. Jednak nadaje się dla zwierząt młodych, opasów i krów mlecznych, gdyż może być alternatywą w gospodarstwach o słabych glebach, ze względu na niższe wymagania glebowe żyta niż innych gatunków zbóż.

Krowy mleczne mogą dziennie otrzymywać od 15 do 30 kg kiszonki z GPS, oprócz bardzo wysokowydajnych w szczytowym okresie laktacji. Można nimi też żywić cielęta, jałówki hodowlane i opasy. Młode buhajki uzyskują dobrą wartością opasową i rzeźną, a ich tusze mają wysoką jakość organoleptyczną i dobry skład chemiczny.

Kiszonki GPS o składzie botanicznym podanym w rozdz. 3.2.2. mogą być skarmiane jako uzupełnienie białkowe kukurydzy w dawkach, ale nigdy nie mogą jej zastąpić w całości [<http://rolniczeabc.pl/505480,Bialko-pasz-objetosciowych-jako-podstawa-produkcji-mleka-bez-GMO-cz-I.html>].

10.3. Sucha masa TMR

Zalecana zawartość suchej masy w dawce całkowicie wymieszanej (TMR, ang. total mixed ration) wynosi około 50% (min. 40, najlepiej 45-55%). W celu utrzymania właściwej zawartości suchej masy zaleca się dolewanie wody do wozu paszowego, nawet 60-100 litrów/tonę paszy (do 4 litrów na krowę). Poprawia ona smak mieszaniny i zapobiega sortowaniu TMR przez krowy. Jednak woda może spowodować zbytne zawilgocenie mieszaniny, a wilgotna będzie szybciej się zagrzewała. Ilość dolewanej wody musi wynikać z zawartości suchej masy w TMR, która powinna być kontrolowana, np. za pomocą kuchenki mikrofalowej. Wilgotnej mieszaniny TMR krowy jedzą mniej, a gdy produkcja rośnie, co może zdarzyć się, oznacza, że korzystają z rezerw własnego organizmu. Prawidłowy poziom pobierania suchej masy wynosi około 22-24 kg dziennie.

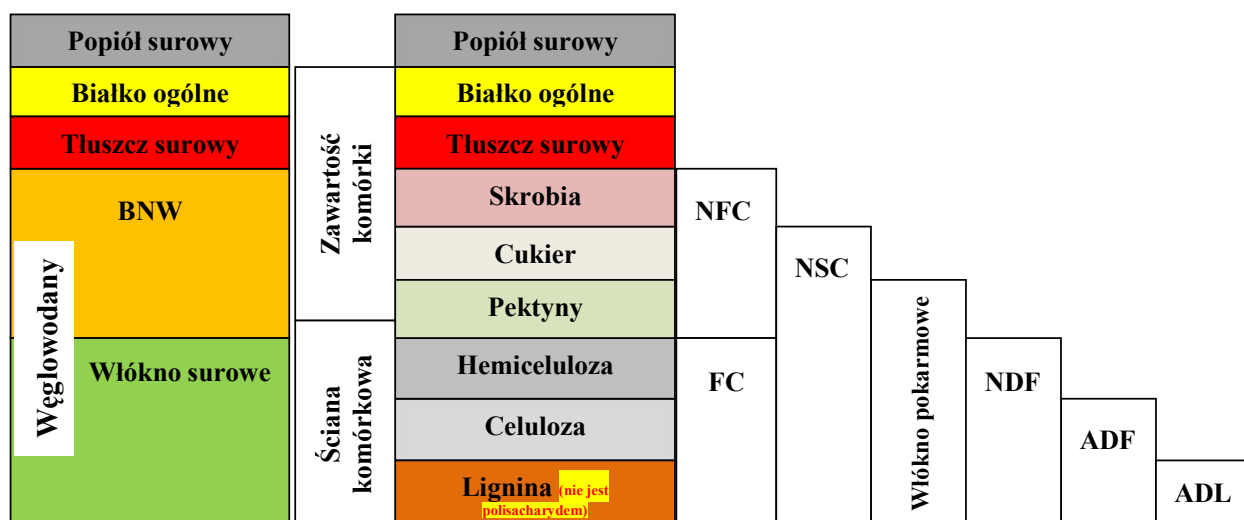
Dawka TMR zbyt wilgotna (poniżej 40% suchej masy) nie jest sypka, zbija się, stwarzając problemy z pobieraniem jej przez krowy oraz zagrzewa się na stole paszowym. Poza tym wilgotnej TMR krowy muszą pobrać więcej, aby zaspokoić zapotrzebowanie na suchą masę. Jeżeli dzienne potrzeby wynoszą np. 26 kg suchej masy, to przy zawartości 45% suchej masy (450 g/kg TMR), krowa musi

zjeść 57,8 kg (26 kg SM : 0,45 kg SM/kg TMR = 57,8 kg TMR), a przy wilgotności 35% o ponad 15 kg więcej – 74,3 kg TMR (26 kg SM : 0,35 kg SM/kg TMR = 74,3 kg TMR). Ta różnica powoduje, że zwierzę spędza więcej czasu przy stole paszowym, podczas którego mogłoby leżeć i przeżuwać.

Jeżeli mieszanina TMR jest zbyt sucha (powyżej 55% suchej masy), krowom łatwiej ją sortować poprzez przedmuchiwanie, gdyż jej cząstki są „lżejsze”. Wówczas zwierzęta pomijają ważne dla prawidłowego trawienia cząstki włókniste, a zjadają drobne cząstki pasz treściowych, czyli węglowodany łatwo strawne. Prowadzi to do kwasicy żwacza, a zwłaszcza do jej postaci podostrej (subklinicznej) – SARA (ang. subacute ruminal acidosis). Łatwe do sortowania są dawki TMR bogate w suche kisonki z kukurydzy oraz nadmiernie przesuszone kisonki z traw lub z mieszanek traw z roślinami bobowatymi drobnonasiennymi.

10.4. Włókno w czasie upałów

Krowy źle znoszą wysokie temperatury otoczenia, co w połączeniu z nieodpowiednim udziałem włókna NDF, ADF oraz węglowodanów NFC w dawce pokarmowej może latem prowadzić do upadków krów, zwłaszcza tych o najwyższej wydajności. Bezpieczne zalecane wartości graniczne wynoszą: NDF – nie mniej niż 25%, ADF – nie mniej niż 18%, NFC – do 42%.



Rys. 10. Składniki chemiczne pasz (wg LfL)

BNW – związki azotowe wyciągowe, NFC – węglowodany niewłókniste (ang. non fibre carbohydrate), FC – węglowodany włókniste (ang. fibre carbohydrate), NSC – węglowodany nie skrobiowe (ang. non starch carbohydrates), NDF – neutralne włókno detergentowe (ang. neutral detergent fibre), ADF – kwaśne włókno detergentowe (ang. acid detergent fibre), ADL – kwaśna lignina detergentowa (ang. acid detergent lignin)

UWAGA! – rysunek jest poglądowy i nie przedstawia zróżnicowanego udziału poszczególnych składników w różnych materiałach paszowych.

10.5. Temperatura otoczenia a TMR/PMR

Żywienie krów wysoko mlecznych dawkami wymieszanym całkowicie (TMR) lub częściowo (PMR) stało się prawie powszechne. Jednak latem mogą pojawić się problemy z ich trwałością. Dawki wymieszane wysypywane do żłobu czy na stół paszowy są chłodne, ale ich ciepłota może rosnąć na skutek wysokiej temperatury otoczenia. Zagrożenie jest tym większe, im rzadziej zadaje się paszę, np. jeden raz dziennie. Jeżeli temperatura zewnętrzna wynosi powyżej 20 °C, to w ciągu 5-6 godzin dawka wymieszana z dużym udziałem dodanej skrobi może mieć temperaturę 10 do 15 °C.

Zagrzewanie się paszy jest niebezpieczne ze względów zdrowotnych i ekonomicznych – powoduje straty składników pokarmowych pasz objętościowych i treściwych oraz dodatków paszowych np. witaminowo-mineralnych, pogarsza się zapach i smak, co ogranicza jej pobieranie oraz zaburza względną równowagę mikrobiologiczną. Mikroflora kiszzonek – głównego komponentu TMR/PMR jest zróżnicowana. Dostęp powietrza sprzyja rozwojowi szkodliwych mikroorganizmów tlenowych, bakteriom *Enterobacteriaceae*, drożdżom i pleśniam, które wykorzystują resztki nieprzefermentowanych podczas kiszenia cukrów. Dodatkowo – skrobia z pasz treściwych wspiera ich rozwój stając się dla nich pożywką, zamiast być źródłem energii dla mikroflory żwacza. Ciepło i wilgoć sprzyjają namnażaniu się szkodliwych mikroorganizmów, co obniża wartość pokarmową całej dawki. W zagrzanej TMR zmniejsza się w ciągu doby ilość węglowodanów nawet o 40%. Ponadto ciepło wywołuje reakcję Maillarda – powstawanie nieprzyswajalnych aminocukrów (podobna reakcja zachodzi podczas smażenia mięsa). Należy też pamiętać o tym, że w czasie upałów zmniejsza się żerność krów, a w efekcie ich wydajność mleczna.

10.5.1. Dodatki stabilizujące i poprawiające wartość pokarmową TMR/PMR

W celu zabezpieczenia dawek wymieszanych przed ujemnym wpływem wysokich temperatur powietrza można wykorzystać różne preparaty. Powinny one zabezpieczać mieszaniny przed zagrzewaniem się i przed utratą wartości pokarmowej, ale nie mogą pogarszać ich smaku, ani negatywnie oddziaływać na krowy. Jednym z ważnych aspektów sporządzania takich dawek jest czas mieszania w wozie paszowym. Producenci preparatów do dawek TMR podają czas mieszania pasz ze swoim produktem, jednak nie można tego robić zbyt długo w obawie przed nadmiernym rozdrobnieniem mieszaniny, gdyż krowy potrafią ją sortować i pomijają w niej cząstki dłuższe niż 20 mm, a wybierają krótsze – poniżej 2 mm, czyli zwykle są to cząsteczki pasz treściwych. Powoduje to zmniejszenie produkcji śliny i pogorszenie warunków buforowania żwacza (stymulacja kwasicy) oraz pogorszenie perystaltyki przewodu pokarmowego i spadek strawności włókna, co zmniejsza produkcję kwasu octowego przez bakterie żwaczowe, który jest prekursorem tłuszczu mleka. Na skutek zjadania przez krowy niewielkich cząsteczek paszy, czyli paszy treściwej – powstaje w żwaczu dużo kwasu propionowego, który hamuje m.in. syntezę kwasu octowego. Pasze krócej

przebywają w żwaczu i krócej działa na niego mikroflora. Podczas upałów może to być przyczyną pojawienia się kulawizn. Leżąc na stole paszowym TMR/PMR psuje się podczas upałów i mogą w niej pojawić się drożdże i pleśnie.

Producenci preparatów zalecają różne dawki swoich środków w zależności od panującej temperatury. Ponadto, wg wytwórców, dodatki sprawiają, że TMR jest świeża całą dobę, a nawet rośnie spożycie mieszanki o 4 kg, a w mleku zmniejsza się liczba komórek somatycznych (LKS). W ofercie handlowej dostępne są również mieszanki paszowe uzupełniające (MPU) mineralno-witaminowe do dawek wymieszanych przeznaczone na okres letni. Zawierają one zwiększone ilości witaminy E, która pozytywnie wpływa na stan zdrowotny wymienia oraz magnezu i fosforu. Spośród innych minerałów, w trakcie upałów można też podawać więcej potasu, sodu i chloru. Zalecane są następujące ilości: potasu 1,5-1,6%, sodu – 0,45-0,60%, magnezu – 0,34-0,40% i chloru – 0,25-0,35%. W tym okresie można też podawać dodatki stabilizujące pH płynu żwaczowego – kwaśny węglan sodu, kwaśny węglan potasu.

Ze względu na możliwość pojawienia się w TMR/PMR szkodliwych mikroorganizmów, np. drożdży, w niektórych dodatkach stabilizujących komponentem jest np. sorbinian potasu ograniczający ich działalność, a więc zapobiegający zagrzewaniu się mieszanki, pogarszaniu jej smaku i zmniejszaniu się wartości pokarmowej, bez ujemnego wpływu na różne substancje czynne oraz na probiotyki obecne w paszach. Związek ten może także występować w dodatkach kiszonkarskich, przez co mogą one hamować mikrobiologiczne psucie się paszy pod wpływem powietrza.

Niektóre produkty zawierają chlorek sodu, glicerol, propionian wapnia, węglan wapnia, węglan wapniowo-magnezowy, suszone drożdże paszowe, także drożdże piwne (*Saccharomyces cerevisiae*). Natomiast różne dane wskazują, że zastosowanie kwasu mrówkowego może pogorszyć smakowitości paszy.

W trakcie upałów zaleca się podawanie tłuszczu nieulegającego rozkładowi w żwaczu (tłuszczu chronionego) do dawek wymieszanych, który zwiększa koncentrację energii w mieszaninie. Stosować można sole wapniowe wyższych kwasów tłuszczowych (mydła). Jednak wielkość tego dodatku nie powinna przekraczać 5-6% suchej masy całej dawki. Jest to korzystne ze względu na zmniejszenie pobierania pasz przez krowy w trakcie upałów.

10.5.2. Inne zabiegi stosowane podczas wysokich temperatur

Stosowanie dodatków stabilizujących nie zawsze jest konieczne i niezbędne. Kiszonki w okresie letnim nie są całkowicie wyjadane. Wysoki poziom białka ulegającego rozkładowi w żwaczu (BURŻ) wpływa niekorzystnie na wydajność mleczną, obniżając ją, a zagrzana mieszanina TMR/PMR obniża odporność krów. Ponadto mogą się one podtruć mikotoksynami.

W okresie upałów TMR bądź PMR powinny być skarmiane przynajmniej dwukrotnie, przyjmując następujące proporcje: rano 40%, po południu – 60%. W bardzo gorącym okresie zaleca się nawet trzykrotne podawanie mieszanki w ciągu dnia. Należy jednak przestrzegać zasady, że nowa porcja paszy nie powinna być zadawana na już leżące na stole paszowym lub w korycie resztki z poprzedniego odpasu. Mieszaninę pasz, w celu jej schłodzenia można podgarniać w ciągu dnia, jednak może wówczas ona bardziej przesuszyć się.

Jeżeli trudno jest zapewnić właściwą strukturę TMR/PMR, jako komponent można zastosować młóto browarniane lub kiszone prasowane wyśładki buraczane. W celu wzbogacenia w energię dodać można melasę lub preparaty melasopodobne bądź tłuszcze nieulegające rozkładowi w żwaczu. Pasze granulowane – np. wyśładki buraczane lub pasze treściwe sprzyjają sortowaniu mieszanki przez krowy, więc nie są zalecane. „Dowilżyć” mieszaninę można wodą. Trzeba jednak pamiętać o tym, żeby utrzymać prawidłową wilgotność TMR – 45-55% suchej masy. Jej zawartość można oznaczyć za pomocą kuchenki mikrofalowej, tak samo jak w zielonkach.

Zaleceniem o charakterze ogólnym są takie zabiegi w czasie upałów jak zganianie krów z legowisk i okólników o odpowiedniej porze, zraszanie nad stołem paszowym bądź polewanie lub posypywanie mieszanki pasz drożdżami piwnymi lub gliceryną. W czasie wysokich temperatur rośnie u zwierząt zapotrzebowanie na potas, które można uzupełnić np. paszami z lucerny, która zawiera go w ilości do 3%. Jednak nie jest wskazane skarmianie takich pasz w trzeciej fazie laktacji ze względu na wysoki poziom tego minerału. Należy zwiększyć także podaż innych składników mineralnych takich jak sód i magnez oraz witamin C i E, stosując odpowiednie mineralne MPU lub premiksy.

10.6. Żywnienie całoroczne kiszonkami

Obecnie kiszonki są dominującymi całorocznymi wilgotnymi paszami objętościowymi w żywieniu przeżuwaczy, zwłaszcza krów mlecznych. Ich skarmianie przez cały rok zapewnia żwaczowi stabilności mikroflory, co nie sprzyja sezonowym wahaniom w wydajności i składzie mleka spowodowanym zmianą paszy, np. przejściem z żywienia zimowego na letnie i odwrotnie. Zapewniają stabilny skład dawek pokarmowych i ułatwiają ich bilansowanie. Pewną niedogodnością może być niższa koncentracja energii oraz mniejsze pobieranie kiszonek z traw w porównaniu z pastwiskiem lub świeżą zielonką skarmianą w oborze, co wymaga uzupełnienia dziennej dawki krowy paszą treściwą w ilości 0,5-1 kg. Ponadto istnieje ryzyko zagrzewania się kiszonek latem. Wypas obniża koszty produkcji, gdyż nie potrzeba angażować żadnych mechanicznych środków zbioru i transportu.

Tab. 16. Wady i zalety całorocznego skarmiania kiszzonek [Galler 2011]

Zalety	Wady
Uproszczenie pracy	Większe ryzyko zagrzewania się latem.
Mniejsza zależność od pogody	Większe straty podczas konserwacji w porównaniu z wypasem (o ok. 0,5 kg większe dzienne nakłady paszy treściwej dla 1 krowy).
Optimalny termin zbioru	Mniejsza stabilność białka, w paszy więcej związków azotowych niebiałkowych (NPN) i amoniaku.
Brak zmian paszy, zwłaszcza w przypadku TMR	Większe zapotrzebowanie na zbiorniki (silosy).
Ochrona darni (zwłaszcza w okresach deszczowych)	-

Kiszonka z GPS jest paszą energetyczną, więc nie należy jej skarmiać wraz z energetyczną kiszunką z kukurydzy.

11. PRODUKCJA KISZONEK A GAZY CIEPLARNIANE

Gazy cieplarniane zwane też szklarniowymi (GHG – ang. greenhouse gases) pochodzące z działalności człowieka są uznawane za największą przyczynę zmian klimatycznych. Z produkcji zwierzęcej całkowita emisja gazów szklarniowych (GHG) wynosi 14,5-18% ich emisji globalnej pochodzenia antropogenicznego, czyli z działalności człowieka. Do potencjalnych zagrożeń z działalności rolniczej zaliczane są przede wszystkim gazy nie będące dwutlenkiem węgla (CO₂) – metan (CH₄) i gaz rozwesalający, czyli podtlenek azotu (tlenek diazotu, N₂O). Bezpośrednia emisja metanu (CH₄) pochodzącego przede wszystkim z fermentacji jelitowej zwierząt oraz podtlenku azotu (N₂O) pochodzącego z beztlenowego rozkładu odchodów, nitryfikacji i denitryfikacji azotu organicznego, stanowi od około 8 do 18% całkowitej emisji gazów cieplarnianych (GHG). Udział fermentacji jelitowej w emisji całkowitej gazów cieplarnianych (GHG) z produkcji zwierzęcej wynosi 25, a z odchodów 30,5%. Wielkość produkcji metanu (CH₄) przez inwentarz żywy zależy m.in. od gatunku zwierząt i ilości pobieranych pasz. W okresie między 1970 a 2007 rokiem, emisja gazów szklarniowych (GHG) pochodzących z hodowli i chowu inwentarza żywego zwiększyła się o 70%, ale produkcja białka zwierzęcego wzrosła aż o 250%. Emisja metanu (CH₄) z fermentacji jelitowej od 1988 roku zmniejszyła się w Polsce o 44,7%, ale ponad 94% stanu aktualnego stanowi emisja u bydła, choć jej spadek u tych zwierząt wynosił 41,4; u owiec 93,8 i u świń 40,9%. W przypadku metanu (CH₄) z odchodów udział w całkowitej emisji w tym okresie spadł o 28,22%, jednak odnotowano wzrost o 22,33% w przypadku krów mlecznych. Najwięcej tego gazu aktualnie pochodzi z odchodów świń – 55,57%. Natomiast udział emisji podtlenku azotu (N₂O) z odchodów zwierzęcych zmniejszył się z 23,1 do 16,5% w latach 1988-2012. Tendencja spadkowa w emisji gazów szklarniowych (GHG) była związana ze znacznym spadkiem pogłowia w tym czasie.

Dawki zawierające zielonki z traw, kiszonki z traw czy siano są mniej metanogenne niż zawierające kiszonkę z kukurydzy, co ogranicza emisję azotu do środowiska. Bilansowanie dawek pokarmowych dla przeżuwaczy powinno uwzględniać jakość białka w paszach, a szczególnie szybkość jego rozkładu, która jest zróżnicowana w zależności od gatunku rośliny i składu dawki. Jak wynika z badań, dieta wysokoskrobiowa składająca się z siana i ziarna pszenicy oraz kiszonka z koniczyny czerwonej wykazują większy potencjał metanogeny niż zielonka lub kiszonka z traw. W układaniu dawek pokarmowych należy uwzględnić odpowiedni rodzaj paszy węglowodanowej z powodu istotnych różnic w stopniu rozkładu węglowodanów będących źródłem energii dla mikroflory żwacza. Zielonki z traw zawierają białko mniej ulegające degradacji żwaczowej niż białko kiszonek. Dlatego przy stosowaniu zielonek zaleca się skarmianie wyśtoków buraczanych zawierających nierozpuszczalne, fermentujące węglowodany, które rozkładają się wolniej i w stopniu zbliżonym do rozkładu białka zielonek. W przypadku kiszonek, których białko na skutek fermentacji łatwiej ulega degradacji, dobrym komponentem dawek będą śruta jęczmienna, owsiana i pszenna zawierające dużo węglowodanów wolniej rozpuszczalnych. Kiszonki wspierają fermentację żwaczową prowadzoną przez mikroflorę bytującą w tym przedżołądku. Sprzyja temu powstawanie dużych ilości kwasu octowego, który jest prekursorem tłuszczu mleka, ale ponadto wiąże wolne jony wodoru (H^+) niezbędne do syntezy metanu (CH_4) w żwaczu.

Żywienie inwentarza żywego trawami słodkimi (rajgrasami) obniża zarówno emisję metanu (CH_4), ale też i przyrostyienne. Wobec tego jego emisja u zwierząt otrzymujących te trawy jest większa o prawie 24% w przeliczeniu na 1 kg przyrostu masy ciała w porównaniu ze zwierzętami ich nie otrzymującymi. Niekorzystny wpływ na środowisko ma też zwiększanie koncentracji białka w dawkach pokarmowych w celu zmniejszenia emisji metanu (CH_4). Takie postępowanie prowadzi do zwiększenia wydalania azotu wraz z kałem, co obciąża środowisko [Dorszewski i in. 2015].

12. ZALECENIA „W PIGUŁCE”

Tab. 17. Zalecenia dotyczące zakiszania i skarmiania kiszonek z traw, roślin bobowatych i GPS

Parametr	Zalecenia
Termin zbioru	W godzinach popołudniowych, ze względu na większą zawartość cukrów niezbędnych BKM do fermentacji. Trawy – kłoszenie, wyrzucanie wiech, rośliny bobowate drobnonasienne – początek kwitnienia. GPS – w fazie mleczno-woskowej zbóż i w fazie płaskiego strąka roślin bobowatych grubonasiennych.
Zawartość SM (%)	Trawy – 25–45 Rośliny bobowate drobnonasienne z trawami – 30-45 (skręcone w rękach powróło nie pozostawia wilgotnego śladu, a źdźbła traw nie pękają) GPS – 35-45
Zawartość włókna surowego (w % SM)	Trawy – 22-26 Rośliny bobowate drobnonasienne z trawami – 24-28 GPS – < 28 Opóźnianie zbioru prowadzi do wzrostu zawartości włókna surowego.
Zawartość WSC	Przynajmniej 8% SM
Zanieczyszczenie	Zawartość popiołu surowego poniżej 10% SM, najlepiej maksymalnie do 8%. Przy 10% zanieczyszczeniu, dawka 50 kg kiszonki zawiera 5 kg piasku (ziemi)! Wartość pokarmowa jest niższa nawet o 30%.
Wysokość cięcia	5–7 cm 7–8 cm – 3. pokos, aby rośliny mogły zgromadzić substancje zapasowe. Przy wyższym cięciu maleje plon, ale wzrasta jakość kiszonki.
Rozdrobnienie	Trawy i rośliny bobowate drobnonasienne – 20-50 mm Mieszanki traw z roślinami bobowatymi drobnonasiennymi – 20-40 mm GPS – 10-20 mm
Napełnianie zbiornika	Równomierne napełnianie warstwami o grubości 15-30 cm. Maksymalny czas napełniania zbiornika (formowania przyzmy) – 3 dni.
Ugniatanie	Ciągnikami kołowymi, o jak największym nacisku na 1 cm kwadratowy. Nie zaleca się używania kół bliźniaczych. Ciśnienie w oponach – 2 bary. Dwukrotny przejazd po każdej 30 cm warstwie zielonki z prędkością 2–5 km na godz. Ugniatanie jeszcze przez 1 godz. po zwiezieniu ostatniej przyczepy.

Parametr	Zalecenia
Ugniecenie (kg SM/1 m ³)	Trawy: przy 25% SM – 180 kg, przy 30% SM – 200 kg, przy 40% SM – 230 kg. Rośliny bobowate drobnonasienne z trawami: przy 25% SM – 180 kg, przy 30% SM – 210 kg, przy 40% SM – 240 kg. GPS: przy 30% SM – 220 kg, przy 40% SM – 260 kg.
Okrycie	Szczelne, folią silosową zaraz po zakończeniu formowania stosu kiszonkowego.
Obciążenie	O ile to możliwe, równomierne całej powierzchni zewnętrznej stosu kiszonkowego.
Dodatki kiszonkarskie	Używać preparaty poprawiające warunki fermentacji, bądź trwałość tlenową. Stosować zgodnie z zaleceniami producentów.
Woda opadowa	Konieczne jest drożne odprowadzenie.
Czas kiszenia (czas przechowywania)	Przynajmniej 6 tygodni. Im dłuższy, tym większa odporność na psucie się podczas wybierania i skarmiania.
Wybieranie	Wybierana powierzchnia powinna być równa, nieposzarpana, stosować odpowiednie wybieraki. O ile to możliwe, wybierać od strony zawietrznej. Wielkość silosu powinna być tak dobrana, aby latem można było wybierać tygodniowo warstwę o grubości 2,5 m, a zimą 1,5 m, na całej wysokości stosu kiszonkowego.
Skarmianie (zalecenia orientacyjne dla krowy o masie 650 kg i produkcji 12–15 kg mleka)	20–25 kg dziennie wraz z kiszonką z kukurydzy (20 kg dziennie)
Nie wolno podawać zwierzętom kiszonek zagrzybionych!	

13. BIBLIOGRAFIA

1. Alonso V.A., Pereyra C.M., Keller L.A.M., Dalcero A.M., Rosa C.A.R., Chiacchiera S.M., Cavaglieri L.R., 2013. Fungi and mycotoxins in silage: an overview. *J. Appl. Microbiol.* 115: [637-643. doi:10.1111/jam.12178](https://doi.org/10.1111/jam.12178)
2. Bauer J., Meyer K., 2006. Fungal metabolites in silages: effects on health of food producing animals. *Übers. Tierernährg.* 34(1): 27-55.
3. Borreani G., Tabacco E., 2005. The effects of new plastic film on the microbial and fermentation quality of Italian ryegrass bale silages. *Proc. of the XIVth Intern. Silage Conf., "Silage production and utilization"*. Belfast, Northern Ireland: 193.
4. Brzóska F., Śliwiński B., 2011. Jakość pasz objętościowych w żywieniu przeżuwaczy i metody jej oceny Cz. I. Charakterystyka pasz objętościowych i mierniki jej jakości. *Wiad. Zoot.* XLIX, 2: 11–23.
5. Denoncourt P., Amoyt A., Lacroix M., 2006. Evaluation of two biodegradable coatings on corn silage quality. *J. Sci. Food Agric.* 86: 392-400.
6. Denoncourt P., Caillet S., Lacroix M., 2007. Bacteriological and chemical changes occurring in bunker-stored silage covered with biodegradable coating. *J. of Appl. Microbiol.* 103: 261-270.
7. Dorszewski P., Grabowicz M., Kaszkowiak J., Borowski S., 2015. Bezpieczeństwo klimatu a emisja gazów cieplarnianych przez inwentarz żywy. *Logistyka* 4.
8. Dorszewski P.A., 2009. Efektywność stosowania dodatków kiszonkarskich w konserwacji zielonek z mieszanki motylkowato-trawiastej oraz z całych roślin kukurydzy. *Rozprawy nr 136, Wyd. ATR.*
9. Galler J., 2011. Silagebereitung von A bis Z. Grundlagen - Siliersysteme - Kenngrößen. Landwirtschaftskammer Salzburg. <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2014/01/Fermentation.pdf>
10. Knický M., 2005. Possibilities to improve silage conservation. Effects of crop, ensiling technology and additives. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Doctoral thesis, *Acta Univ. Agric. Sueciae* 62.
11. Kung L., Shaver R., 2001. Interpretation and Use of Silage Fermentation Analysis Reports. *Focus on Forage* 3(13).
12. McAllister T.A., Feniuk A.R., Mir Z., Mir P., Selinger L.B., Cheng K.J., 1998. Inoculants for alfalfa silage: Effects on aerobic stability, digestibility and growth performance of feedlot steers. *Livest. Prod. Sci.* 53(2), 171-181.
13. McDonald P., Henderson A.R., Heron S.J.E., 1991. *The biochemistry of silage.* Chalcombe Publications Bucks.
14. McEniry J., O'Kiely P., Clipson N.J.W., Forristal P.D., Doyle E.M., 2006. The microbiological and chemical composition of baled and precision-chop silages on a sample of farms in County Meath. *Irish J. Agric. Food Res.* 45(1): 73-83.
15. Muck R.E., Kung L., 2007. Silage production. W: R.F. Barnes, C.J. Nelson, K.J. Moore, M. Collins (red.). *Forages: The Science of Grassland Agriculture, Volume II.* 6th edition. Ames, IA: Blackwell Publishing, 617-633.
16. Olszewski T., Podkówka W., 1978. *Technologia produkcji kiszzonek.* PWRiL, Warszawa.

-
17. Pahlow G., Muck R.E., Driehuis F., Oude Elferink S.J.W.H., Spoelstra S.F., 2003. Microbiology of ensiling. In: D.R. Buxton, R.E. Muck, J.H. Harrison (eds.), *Silage Sci. Technol. Agronomy Monograph 42*: 95-139. [doi:10.2134/agronmonogr42.c3](https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c3)
 18. Pahlow G., 2004. Erfahrungen mit Mikroorganismen in der Silierung. 20. Hülsebenberger Gespräche, Mikrobiologie und Tierernährung, Lübeck, 85-93.
 19. Purwin C., Łaniewska-Trokenheim Ł., Warmińska-Radyko I., Tywończuk J., 2006. Jakość kiszzonek aspekty mikrobiologiczne, zdrowotne i produkcyjne. *Med. Weter.* 62 (8), 865-869.
 20. Rossi F., Dellaglio F., 2007. Quality of silages from Italian farms as attested by number and identity of microbial indicators. *J. Appl. Microbiol.* 103(5): 1707-1715. [DOI:10.1111/j.1365-2672.2007.03416.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03416.x)
 21. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie. *Dz. U. Nr 132 poz. 877*, 1997 r.
 22. Twarużek M., Dorszewski P., Grabowicz M., Szterk P., Grajewski J., Kaszkowiak J., 2016. Effect of additives on the fermentation profile, microbial colonization and oxygen stress of alfalfa silages. *J. Elem.* 21(4), 1161-1172.
 23. Wagner W., Wolf H., Losand B., 2007. Evaluation of the microbial quality in silages. *Übers. Tierernährg.* 35(1): 93-102.
 24. Wambacq E., Latré J.P., Haesaert G., 2013. The effect of *Lactobacillus buchneri* inoculation on the aerobic stability and fermentation characteristic of alfalfa-ryegrass, red clover and maize silage. *Agric. Food Sci.* 22: 127-136.
 25. Weinberg Z.G., Muck R.E., 1996. New trends and opportunities in development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiol. Rev.* 19(1), 53-68.
 26. Wilkinson J.M., 2005. *Silage*. Chalcombe Publications Lincoln.
 27. Wilkinson J.M., Davies D.R., 2012. The aerobic stability of silage: key findings and recent development. *Grass and Forage Sci.* 68: 1-19.
 28. Zhang F., Wang X., Lu W., Li F., Ma Ch., 2019. Improved quality of corn silage when combining cellulose-decomposing bacteria and *Lactobacillus buchneri* during silage fermentation. *Hindawi BioMed Research International*, Article ID 4361358. <https://doi.org/10.1155/2019/4361358>
 29. <http://polmass.eu/prof-zw-dr-hab-inz-witold-podkowka-dr-h-c-jak-wyprodukowac-dobra-kiszonke-dla-bydla-lub-na-biogaz-rolniczy/>
 30. <http://rolniczeabc.pl/505480,Bialko-pasz-objetosciowych-jako-podstawa-produkcji-mleka-bez-GMO-cz-I.html>
 31. <http://www.farmer.pl/produkcja-zwierzeca/bydlo-i-mleko/ziola-na-poprawe-produkcji-mleka,49861.html>
 32. <http://www.pckz-zawiercie.pl/wp-content/uploads/2020/11/Zbi%C3%B3r-ro%C5%9Blin-pastewnych.pdf>
 33. <https://www.cdr.gov.pl/transfer-wiedzy/narzedzia>
 34. <https://www.facebook.com/SILOSPEED/photos/a.388745174550939/1197138973711551/?type=1&theater>
-

