

JAN MIKOŁAJCZAK, WITOLD PODKÓWKA
Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy

CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA WTÓRNA FERMENTACJĘ W KISZONCE

Zewnętrznym objawem wtórnym procesów fermentacyjnych jest samozagrzewanie kiszonek po otwarciu zbiornika lub odkryciu przyzmy naziemnej. Zagrzewanie zaobserwować można także w wybranej ze zbiornika lub przyzmy kiszonce i przechowywanej w oborze lub paszarni. Zdarza się, że podwyższoną temperaturę w kiszonce stwierdza się już w kilka godzin po wybraniu, zaś w innych przypadkach pasza zagrzewa się dopiero po kilku a czasem kilkunastu dniach.

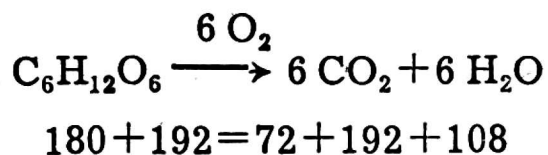
Istota wtórnej fermentacji

Przez pojęcie „wtórnej fermentacji” * w językach obcych przyjęły się terminy: Nachgärung, Nachwärmung, Haltbarkeit, sekend fermentation, refermentation, after-fermentation, la fermentation secondaire) należy rozumieć mineralizację resztek cukrów oraz mleczanów w kiszonce w warunkach tlenowych dokonywaną przez drożdże. Pod terminem „kiszonki stabilne” lub „kiszonki trwałe” przyjmuje się takie pasze, które po zakończeniu procesu kiszenia oraz pewnym okresie przechowywania, wybrane ze zbiornika lub przyzmy i umieszczone w warunkach tlenowych nie są podatne przez okres conajmniej kilku dni na zmiany w składzie chemicznym, mikrobiologicznym oraz jakości i wartości pokarmowej. Natomiast „kiszonki niestabilne” lub „kiszonki nietrwałe” — są to pasze, które zaraz po dostępie powietrza zmieniają swój skład chemiczny, wartość pokarmową, jakość; są miejscem intensywnych przemian mikrobiologicznych czego zewnętrznym objawem między innymi jest, wspomniane już, samozagrzewanie się.

* pojęcie „wtórna fermentacja” jest nieformalne, dotyczy bowiem tlenowego rozpadu substancji, a więc reakcja ta nie jest typową fermentacją, jednak nazewnictwo to powszechnie zostało przyjęte i zaakceptowane.

Zmiany w składzie chemicznym podczas wtórnej fermentacji

Pod wpływem tlenu w kiszonkach może nastąpić rozwój mikroorganizmów, szczególnie drożdży, które powodują rozkład łatwo rozpuszczalnych węglowodanów. Reakcja ta ma klasyczny charakter i przebiega następująco:



Wynika z powyższego, że w czasie tlenowego rozkładu węglowodanów powstanie 1 g C (w postaci CO₂) co powoduje straty (180:72) 2,5 g cukru i wiąże się z powstaniem (108:72) 1,5 g wody. Przy beztlenowym rozkładzie węglowodanów w wyniku powstania 1 g CO₂, związane jest ze stratami tylko (372:264) 1,41 g cukru, przy równoczesnym powstaniu (108:192) 0,41 g wody. W czasie tlenowego rozpadu sacharydów powstaje więc (1,50:0,41) 3,66 razy więcej wody aniżeli w warunkach anaerobowych, w konsekwencji w kiszonkach następuje wzrost zawartości wody. Stopień zwiększenia soczystości zakiszanych pasz uzależniony jest od natężenia procesów wtórnej fermentacji (mierzonej wielkością strat suchej masy) oraz zawartością wody w tych paszach. W miarę zwiększenia się zawartości suchej masy w kiszonkach oraz jej strat, wzrastać będzie w następstwie wtórnej fermentacji poziom wody. W skrajnych przypadkach podwyżka ta wynosić może nawet 12%.

Podobne wyniki uzyskał Honig [19]; obniżenie zawartości suchej masy w kiszonkach o złej stabilności wynosiło kilkanaście procent. W miarę wzrostu trwałości kiszonek obniżenie się poziomu suchej masy było mniejsze i przy stabilnych kiszonkach wynosiło tylko kilka procent. Badania Honiga [19] wskazują, że w zależności od natężenia wtórnych procesów fermentacyjnych mogą następować zmiany w zawartości innych składników pokarmowych. Dużym zmianom ulegał poziom bezazotowych wyciągów, których ilość w kiszonkach niestabilnych zmniejszyła się aż o 15% (w przeliczeniu na zawartość w suchej masie), zaś w kiszonkach stabilnych analogicznie tylko o około 5%. Charakterystyczne jest zwiększenie zawartości popiołu surowego w przefermentowanych wtórnie kiszonkach, jednak ten wzrost ma charakter względny na skutek ubytku węglowodanów.

Honig [19] analizując zmiany w składzie chemicznym kiszonek z traw po wyjęciu ze zbiornika zaobserwował podobne tendencje. W miarę wzrostu strat suchej masy wynikłych z wtórnego fermentowania kiszonek, zwiększał się poziom ich soczystości. Przykładowo gdy straty suchej masy były nieznaczne (1,1%), zawartość wody w kiszonce po wyjęciu

ze zbiornika nie zmieniła się. Gdy natomiast straty suchej masy wynosiły 14,2% poziom wody podwyższył się o 8%. Wyraźne różnice stwierdzono także w ilości popiołu surowego i białka surowego. Przy małym natężeniu wtórnej fermentacji poziom tych składników nie zmienił się wyraźnie, natomiast przy wzroście strat suchej masy podwyższył się odpowiednio o 1,6% oraz 2,3% (w suchej masie). Wyniki badań Honiga i Woolforda [20] wskazują, że zmiany w składzie chemicznym przechowywanych w warunkach tlenowych kiszonek są funkcją ubytków składników odżywczych. W miarę wzrostu wielkości strat, zwiększeniu uległa zawartość białka surowego, włókna surowego i popiołu surowego w kiszonkach z traw i kukurydzy. Wyraźnemu obniżeniu uległ natomiast poziom bezazotowych wyciągowych. Obniżyła się również strawność substancji organicznej i wartość energetyczna. Tokano i wsp. [44] stwierdzili również, że dostęp tlenu obniżał strawność kiszonek.

W czasie wtórnej fermentacji ulega zmianom wartość pH kiszonek z wyjątkiem pasz, które już w momencie wybrania ze zbiornika cechują się niską kwasowością. Przyczyną bezpośrednią wzrostu wartości pH kiszonek jest rozpad kwasów organicznych. W kiszonkach niestabilnych poziom wszystkich kwasów organicznych ulega wyraźnemu obniżeniu, natomiast w kiszonkach stabilnych ich ubytki są nieznaczne. Ciekawym zjawiskiem mającym miejsce w kiszonkach trwałych jest zwiększenie się ilości kwasu octowego, kosztem zawartości alkoholu. Wyniki badań przeprowadzonych przez Weise [47] wskazują, że na stopień rozpadu kwasu mlekowego kiszonek w czasie wtórnej fermentacji wpływ mają:

- długość okresu przechowywania kiszonek w warunkach tlenowych,
- rodzaju surowca.

Szybki rozpad kwasu mlekowego następuje w kiszonkach z kukurydzy i żyta. Wolny rozpad mleczanów następuje w kiszonkach z liści buraków cukrowych. Charakterystyczny jest wyraźny wzrost tego kwasu w kiszonkach z przewiedniętej trawy w następnym dniu po odkryciu kiszonek, w dalszym jednak okresie przechowywania stwierdza się także szybki jego rozpad.

Ohyama [29] badał zmiany zawartości aminokwasów w kiszonkach z rajgrasu włoskiego w czasie ich przechowywania w warunkach tlenowych po wyjęciu ze zbiornika. Przedmiotem badań były kiszonki sporządzone z surowca o zróżnicowanym stopniu podsuszenia wykonane bez oraz z dodatkiem 2% glukozy lub 0,5% propianianu sodu. Poziom alaniny we wszystkich kiszonkach uległ obniżeniu, z wyjątkiem kiszonki wykonanej z surowca nieprzewiedniętego. Poziom asparaginy obniżył się, lecz ubytki były szczególnie wyraźne w kiszonkach sporządzonych z zielonek lekko i silnie podsuszonych. Podobne zjawisko można zauważyć także w przypadkach takich aminokwasów jak: leucyna, walina, prolina, treo-

nina, fenyloalanina, seryna, glicyna, izoleucyna, metionina, tyrozyna. Kiszonki sporządzone z dodatkiem propianianu sodu i glukozy z zielonki podwędniętej i podsuszanej w czasie przechowywania w temperaturze 25—30°C miały ograniczony rozpad aminokwasów. Przy przechowywaniu kiszonek w temperaturze 5—10°C rozpad aminokwasów był minimalny. Z badań Ohyama [29] wynika, że dodatek 0,08% NaNO₂ oraz 0,04% urotropiny nie wpłynęło ograniczająco na rozpad aminokwasów w kiszoncek po wyjęciu ich ze zbiornika.

Kibe i Kasuya [22] badali zmiany zawartości lotnych substancji w kiszoncek z kupkówki pospolitej sporządzonej z trawy niepodsuszonej (zawartość suchej masy — 20,6%), podwędniętej (zawartość suchej masy — 31%), podsuszanej (zawartość suchej masy — 38,8%). W czasie 14 dni przechowywania kiszonek w warunkach tlenowych zmniejszeniu uległa zawartość takich związków jak alkoholu izoamyłowego, heptanolu-2, cis 3-heksanolu, alkoholu β-fenyloetylowego oraz 4-etylogwajakolowego i 4-etylofenolu. Natomiast ilość palmitynianu etylu, alenianu etylu i lino-linianu etylu podwyższała się. Bardzo istotnymi związkami są alkohol fenyloetylowy i 4 etylofenol cechujące się łagodnie różnym oraz winno-owocowym zapachu. Zmniejszeniu się ilości tych związków powoduje pogorszenie się zapachu kiszonek, co w konsekwencji może powodować zmniejszenie pobrania.

Zmiany mikrobiologiczne podczas wtórnej fermentacji

Szerokie studia na temat mikrobiologicznych aspektów wtórnej fermentacji kiszonek przeprowadzili Bondariew [8, 9] oraz Kirow i Todorow [23]. Jako bezpośrednie przyczyny wystąpienia wtórnej fermentacji w kiszoncek upatruje się zmiany wywołane poprzez trzy grupy mikroorganizmów: a) bakterie rodzaju *Clostridium*, b) bakterie kwasu octowego, c) drożdże.

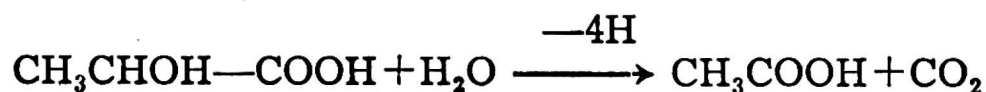
Badacze niemieccy już w latach trzydziestych wyizolowali z kiszonek bakterie gatunków *Clostridium tyrobutyricum* i *Clostridium butyricum*. W kiszoncek tych w końcowej fazie głównej fermentacji, obserwowano zmniejszenie się ilości kwasu mlekowego przy jednoczesnym wzroście poziomu kwasu masłowego. Pozwala to wyciągnąć wniosek, że kwas mlekowy wykorzystywany był jako substrat przez bakterie z rodzaju *Clostridium* do wytworzenia kwasu masłowego (1 mol kwasu masłowego powstaje z 2 moli kwasu mlekowego).

Zredukowanie kwasowości kiszonych pasz może spowodować duży rozpad białka do amoniaku. Proces ten powoduje dalszy wzrost warto-

ści pH. Pod wpływem powyższych czynników w czasie przechowywania kiszonek w warunkach tlenowych rozwijają się w nich bakterie proteolityczne, celuloityczne oraz amylolityczne powodując pogorszenie ich jakości a w skrajnych przypadkach całkowitą nieprzydatność do skarmiania.

Podobne trudności przy skarmianiu zakiszanych pasz stwierdzono również w przypadku „kiszonek octowych”. Jak podaje Bucher [12] już w końcu lat 30-tych zaobserwowano w niektórych kiszonkach zwiększenie się ilości kwasu octowego z początkowo niewielkiej ilości (0,4—0,5%) do ponad 1,5%. Pawlak i Bajer [cyt. za 12] twierdzili, że duże natężenie fermentacji octowej ma miejsce przy jednoczesnym rozwoju drożdży kiszonkowych. Ruschmann [39] twierdzili, że niewielka ilość bakterii kwasu octowego od 100 do 1000 komórek/g kiszonki może pobudzić octową niestabilność przy dostępie tlenu do zakwaszonej masy. W literaturze lat trzydziestych reakcje te przypisywano bakteriom z rodzaju *Clostridium*. Poglądy te można także zauważyć w literaturze znacznie późniejszej. Stwierdzono, że bakterie *Clostridium butyricum* prefermentowują kwas mlekowy na kwas octowy i masłowy. Z drugiej strony autorzy podają ostatnio, że „efekt octowy” polega na tlenowej dekarboksylacji kwasu mlekowego do kwasu octowego (jego aktywnej formy).

Reakcje te mają następujący przebieg:



Inni autorzy twierdzą, że kwas octowy przy fermentacji glukozy powstaje w wyniku działalności bakterii heterofermentacyjnych z rodzaju *Lactobacillus*. Pogląd ten wydaje się jednak wątpliwy, ponieważ mikroby heterofermentacyjne rozwijają się na bazie 6 fosfoglukozy, a ilości powstającego kwasu octowego są niewielkie.

Beck i Gross [7] twierdzą, że w wielu kiszonkach duża ilość kwasu octowego spowodowana jest działalnością drożdży, które przetwarzają kwas mlekowy na octowy. Duża kumulacja kwasu octowego w kiszonkach stymuluje rozwój bakterii z rodzaju *Clostridium*.

Badania wykonane przez Becka [3], Becka i Grossa [7] wykazały, że mikroorganizmami mającymi bezpośredni wpływ na natężenie wtórnych procesów fermentacyjnych są drożdże. Beck [4] stwierdził, duże zróżnicowanie ilości drożdży w poszczególnych surowcach przed zakiszaniem.

Przykładowo podsuszona zielonka z lucerny zawiera 240 razy więcej komórek drożdżowych aniżeli parowane ziemniaki. Obserwacje Becka i Grossa [7] wykazały duże zróżnicowanie ilości komórek drożdżowych w paszach przeznaczonych do zakiszania. Wielkości te wahały się od 10 do 48×10^3 komórek w 1 gramie paszy. Przeciętnie jednak w paszach znajdowało się według wspomnianych autorów, około 10^3 komórek w 1 gramie paszy. Czynnikiem decydującym o składzie i liczebności mikroflory epifitycznej, jest stadium rozwojowe roślin [24]. Liczebność flory drożdżowej wzrastała wyraźnie w miarę wzrostu i rozwoju roślin kukurydzy, niezależnie od odmiany, warunków pogodowych i glebowych [28]. Na podstawie danych literaturowych [2, 10, 12, 15, 30, 52, 53, 54] można stwierdzić, że w kiszonkach wyodrębniono 339 gatunków drożdży należących głównie do rodzajów: *Candidia*, *Pichia*, *Hansenula*, *Saccharomyces* i *Torula*. Beck i Gross [7] wyizolowali z kiszonek sporządzonych z pasz zielonych ponad 140 gatunków drożdży. Gatunki te podzielili na 2 grupy: Grupa I — rozkładające kwas mlekowy oraz octowy — należą do nich głównie gatunki: *Candidia krusei*, *Pichia fermentons* i *Hansenula anomola*,

Grupa II — nierozkładające kwasów organicznych; pochodzące głównie z gleby, typowym przedstawicielem jest gatunek *Torulopsis*.

Udział poszczególnych gatunków drożdży w kiszonkach ma decydujące znaczenie w ich późniejszej podatności na wtórne procesy fermentacyjne. Kiszonki stabilne zawierały tuż po wyjęciu ze zbiornika 10% komórek drożdżowych należących do grupy I, a w czasie 3 dniowego tlenowego przechowywania uległy zupełnemu zanikowi. Zupełnie inaczej przedstawiała się liczebność drożdży w kiszonkach niestabilnych, stanowiły one bowiem 70% ogółu mikroflory drożdżowej kiszonki świeżej, a ich ilość wyraźnie podwyższyła się w czasie przechowywania kiszonek poza zbiornikiem. Wyniki badań innych autorów [7, 17, 46] wykazały także, że stabilność kiszonek zależy od liczebności koloni drożdżowych. Mała ilość drożdży w kiszonkach sprzyjała ich dobrej stabilności, w miarę zwiększania się liczebności komórek drożdżowych (pow. 10^5 g), stabilność ulega pogorszeniu.

Wymiana gazowa w czasie wtórnej fermentacji

Rozwijające się w czasie wtórnej fermentacji mikroorganizmy są tlenowcami lub względnymi tlenowcami a o intensywności ich rozwoju można wnioskować po ilości zużytego O_2 . W pracach wykonanych przez Becka [6] i Pahlowa [34] zużycie tlenu przez mikroorganizmy w czasie wtórnie fermentujących kiszonek określone zostało jako biologiczne za-

potrzebowanie tlenu (BZT). W badaniach Becka [6] wykazano, że w okresie 5-dniowego przechowywania kiszonek w warunkach tlenowych BZT wynosiło poniżej 100 mg, zaś dodatek wyciągu z kiszonki niestabilnej podwyższył wartość do prawie 300 mg po 2 dniach przechowywania. Również dodatek takich preparatów jak azotyn sodu, urotropiny oraz Kofasil ograniczały zużycie tlenu przez mikroorganizmy kiszonek przechowywanych w warunkach tlenowych. Dobrym okazał się 0,25% dodatek Kofasil, zaś bardzo efektywnym dodatkiem hamującym wtórną fermentację okazał się kwas propionowy. Kiszonki sporządzone z dodatkiem kwasu propionowego po okresie 240 godzin tlenowego przechowywania wydzielaly tylko 61,6 mg CO₂ g suchej masy. Dla porównania kiszonka kontrolna (bez dodatku) 155,8 mg a wykonana z dodatkiem izotiocyjanianu allilu 74,7 mg. Straty składników pokarmowych w czasie wtórnej fermentacji były wprost proporcjonalne do intensywności przemian gazowych.

Zimmer i wsp. [56] badali stabilność wilgotnego ziarna kukurydzy całego lub rozdrobnionego zakiszonego w zbiorniku konwencjonalnym lub gazoszczelnym. Jako parametrów pomiaru natężenia wtórnej fermentacji użyto:

- pomiar ilości CO₂
- liczebność populacji drożdży

Wyniki badań wskazują jednoznacznie, że ilość CO₂ powstałego w czasie tlenowego przechowywania kiszonego ziarna była znacznie wyższa, w przypadku sporządzania kiszonek w zbiorniku konwencjonalnym w stosunku do wykonanych w zbiorniku hermetycznym. Zastosowanie dodatku kwasu propionowego ograniczyło znacznie powstawanie dwutlenku węgla. Intensywność namnażania drożdży była mniejsza w przypadku kiszonek sporządzonych z ziarna śrutowego (niezależnie od typu zbiornika).

Samozagrzewanie się kiszonek

Badania Morwarida [28] wykazały, że na kiszonkach z kukurydzy mogą zachodzić zróżnicowane procesy biochemiczne i mikrobiologiczne, których zewnętrznym wykładnikiem jest różny stopień zagrzewania się. W przypadku kiszonek niestabilnych wzrost temperatury następował już w kilka godzin po wyjęciu paszy ze zbiornika, zaś stabilne kiszonki cechowały się stałą, niezmienną temperaturą na poziomie kilkunastu °C przez ponad 150 godzin napowietrzenia. Kibe i Kasuya [22] porównując tlenową trwałość kiszonek z kupówki pospolitej o wysokiej, średniej i niskiej wilgotności (zawartość wody odpowiednio 79,4; 69,9; 61,2%) stwierdzili, najszybsze zagrzewanie się kiszonek o średniej zawartości suchej masy.

Wielkość strat składników pokarmowych w następstwie wtórnej fermentacji

Gross i Beck [15] w czasie 11-dniowego przechowywania kiszonek z kukurydzy w warunkach tlenowych stwierdzili, aż 25,09% strat suchej masy i ponad 30% bezazotowych wyciągowych. Natomiast Daniel i wsp. [13] twierdzą, że straty te mogą w niektórych przypadkach być większe aniżeli 5%. Badania Honiga [19] wykazały, że przy niekorzystnych warunkach w czasie 4-dniowego przechowywania straty mogą wynosić 15% suchej masy. Morwarid [28] uzyskał wysokoistotną statystycznie współzależność pomiędzy stratami suchej masy w czasie wtórnej fermentacji a maksymalną temperaturą w okresie 6 dniowego przechowywania kiszonek z kukurydzy.

Istotnym czynnikiem mającym wpływ na wielkość strat składników pokarmowych, w następstwie wtórnych procesów fermentacyjnych jest długość okresu przechowywania. W miarę przedłużania okresu przechowywania kiszonek po wybraniu ze zbiornika wielkość strat zwiększyła się [47].

Dane Zscheischlera i wsp. [58] wskazują, że ubytki składników wzrastały w miarę przedłużania okresu przechowywania kiszonek. Zauważyć można, że straty wzrastały wraz ze stopniem zagrzewania się kiszonek. Rozmiar ubytków uzależniony jest przede wszystkim od rodzaju surowca kiszonkarskiego. Kiszonki z kukurydzy lub żyta po wybraniu ze zbiornika są bardzo podatne na straty składników pokarmowych, niż kiszonki z liści buraków cukrowych lub podsuszanej trawy.

Czynniki wpływające na natężenie wtórnej fermentacji

Badania przeprowadzone na licznym materiale przez Weise [47] wykazały, że najmniej trwałe są kiszonki wyprodukowane w postaci baltów i zakiszone pod folią. Zakiszone zielonki z kukurydzy w zbiorniku przejazdowym lub rękawie foliowym spowodowało prawie podwojenie trwałości kiszonek.

Trwałość kiszonek jest uzależniona od miejsca pobrania prób w przyzmy; warstwy zewnętrzne podatne były bardziej na wtórne przefermentowanie. Jak podaje Honig [18], z próby kiszonek i pobranej z zewnętrznej 10 cm warstwy przyzmy, wydzielano się ponad 200 g CO₂/kg suchej masy, natomiast z próby kiszonek i pobranej w odległości 45 cm od skraju przyzmy, wydobywało się tylko kilkanaście g CO₂. Podobne wyniki badań uzyskał Weise [47]. Niezależnie od rodzaju surowca kiszonki, zewnętrzne warstwy stosu kiszonkarskiego są bardziej podatne na po-

wtórne przefermentowanie, aniżeli próby z głębszych warstw. Przykładowo wierzchnia partia kiszonek z kukurydzy cechuje się niewielką bo 0,47-dniową trwałością, zaś z podsuszanej trawy stabilność wynosiła 3,4 dnia. Również Honig [18] podaje, że próby kiszonek z wewnętrznej części stosu kiszonkarskiego charakteryzowały się wielokrotnie większą stabilnością.

Wilgotne ziarno kukurydzy zakiszone w zbiorniku wieżowym hermetycznym, cechowało się wyższą trwałością w stosunku do zakiszonego w zbiorniku przejazdowym. Kiszonka sporządzona w zbiorniku konwencjonalnym w czasie przechowywania w warunkach tlenowych, wydzielala niezależnie od rozdrobnienia więcej CO₂, aniżeli analogiczne kiszonki ze zbiornika wieżowego [47]. Zawartość drożdży w kiszonkach paszach była zbliżona we wszystkich wariantach doświadczalnych. Dokładność ubicia (gęstość początkowa) zakiszonej masy ma decydujący wpływ na wielkość ryzyka sparczenia fermentacji kiszonkowej co w efekcie spowodować może pogorszenie tlenowej trwałości kiszonek. Jeśli zakiszona masa jest ugnieciona niedostatecznie, wówczas gruba jej warstwa jest narażona na działanie drobnoustrojów tlenowych, które zwiększają straty składników pokarmowych. Potwierdzeniem tej sugestii są dane, z których wynika, że straty powierzchniowe są bardzo ściśle uzależnione od stopnia ubicia zakiszonego materiału oraz sposobu okrycia zakiszonej masy. Jeżeli zakiszona zielonka nie została dokładnie ugnieciona oraz okryta, straty powierzchniowe z 1 m² wynosić mogą do 200 kg suchej masy. Jeśli natomiast zakiszony surowiec zostanie dokładnie ugnieciony wówczas w zależności od dokładności okrycia przyzmy lub zbiornika straty wynosić będą tylko od 5 do 75 kg suchej masy na 1 m².

Wyniki badań przeprowadzonych przez Schukkina i Hengevelda [40, 41, 42] wykazały, że kiszonka z podsuszanej trawy przechowywana w warunkach tlenowych w temperaturze 10°C nie zagrzewały przez okres 12 dni. Podwyższenie temperatury otoczenia do 20°C spowodowało, że już po 7 dobach natlenienia, temperatura kiszonek zaczęła się podwyższać i w 11 dniu osiągnęła wartość 40°C. Gdy badaną kiszonkę umieszczono w temperaturze 30°C zagrzewanie się kiszonki zauważono już po 4 dobach natlenienia a w 7 dniu badań pasza ta osiągnęła temperaturę 50°C.

Kemens i wsp. [21] badali trwałość kiszonek w temperaturze otoczenia 5, 20, 28 i 37°C badając wartość pH oraz zawartość kwasu mlekowego. Z badań tych wynika, że niezależnie od poziomu wody w kiszonkach w miarę podwyższenia temperatury otoczenia szybciej wzrastała wartość pH oraz wyraźniej zmniejszył się poziom kwasu mlekowego. Autorzy ci stwierdzili, że w temperaturze 5°C miało miejsce podwyższenie się wartości pH już po 14 godzinach składowania (szczególnie w kiszon-

kach o zawartości 26% wody). Jednocześnie w tych kiszonkach zaobserwowano raptowny rozpad kwasu mlekowego. Kiszonki zawierające w swym składzie więcej wody charakteryzowały się bardziej stabilną wartością pH, niezależnie od temperatury, rozpad kwasu mlekowego miał wolniejszy przebieg.

Podsumowując cytowane wyniki można stwierdzić, że temperatura otoczenia jest istotnym czynnikiem wpływającym na natężenie wtórnych procesów fermentacyjnych. Należy jednak wyraźnie zaznaczyć, że tempo wzrostu tych procesów zależy od gatunku zakiszonej rośliny, technologii sporządzania kiszonek itd.

Powolne napełnianie zbiornika zakiszoną paszą oraz niedostatecznej ugniecenia powoduje, że długi okres panują w kiszonce warunki pozwalające na rozwój mikroflory tlenowej a wśród nich tlenolubnych drożdży. W efekcie znajdujące się w kiszonkach liczne komórki drożdżowe po otwarciu zbiornika, w celu wybierania paszy, szybko rozwijają się, stanowią podstawę wtórnych procesów fermentacyjnych [7]

Jak wskazują badania przeprowadzone przez Weise [41], niedostateczne ugniecenie surowca, powoduje narażenia zewnętrznej warstwy zakiszonej masy na wtórne sfermentowanie, ze względu na początkowe niewyparcie powietrza i istniejącą później możliwość wymiany gazowej pomiędzy atmosferą a stosem kiszonkowym. Przy minimalnym ubiciu zielonki (200 kg/m^3), w przypadku kiszonek sporządzonych z roślin świeżych, 2,5-metrowa warstwa zewnętrzna narażona jest na wtórne sfermentowanie, zaś przy kiszonkach z surowca podsuszonego aż 3-metrowa warstwa. Wzrost gęstości zakiszonego surowca do 900 kg/m^3 spowodował, że narażone są znacznie mniejsze warstwy w granicach 15—20 cm od skraju stosu kisonkarskiego. Przypuszczać więc należy, że wszystkie zabiegi techniczne prowadzące do szybkiego i dokładnego ubicia zakiszonej masy sprzyjać będą zwiększeniu trwałości później uzyskanych kiszonek.

Korzystne oddziaływanie dodatków chemicznych na proces kiszenia, jakość i wartość pokarmową kiszonek jest od dawna znana i konserwanty te są powszechnie stosowane w wielu krajach. Jednak wcześniej wykonywane badania naukowe nie obejmowały swym zasięgiem badania stabilności kiszonych pasz. Pierwsze badania na ten temat przeprowadzili Weise i wsp. [48], Wieringa [49], Woolford i Cook [52].

Jednym z pierwszych konserwantów chemicznych, które starano się wykorzystać do hamowania wtórnych procesów fermentacyjnych były kwasy organiczne i mineralne. Beck [5], Gross i Beck [15] starali się obniżyć natężenie tlenowego rozpadu substancji kiszonek w warunkach tlenowych przy zastosowaniu kwasu propionowego. Dawka 0,4% kwasu propionowego wyraźnie obniżyła zagrzewanie się kiszonek z kukurydzy

w czasie 10-dobowego przechowywania w warunkach tlenowych. Zimmer [56] rozważał możliwość ograniczenia natężenia wtórnych procesów fermentacyjnych w kiszonkach z koniczyny z trawami poprzez dodanie kwasu propionowego. Wyniki tych badań wykazały jednoznacznie, że dawka 0,3% kwasu propionowego ograniczyła do połowy (w stosunku do kiszonki kontrolnej) powstanie CO_2 w czasie przechowywania tych kiszonek w warunkach tlenowych, zaś dawka 1,0% kwasu obniżyła ilość dwutlenku węgla do poniżej 30%. Efektywność stosowania kwasu propionowego przy hamowaniu natężenia wtórnej fermentacji wzrastała wraz ze zwiększeniem się zawartości suchej masy w kiszonkach. Przykładowo, przy zawartości 30% suchej masy ilość powstającego CO_2 w kiszonkach kontrolnych i doświadczalnych była zbliżona, zaś w paszach o zawartości 50% suchej masy zastosowanie 1% dodatku kwasu propionowego ograniczyło ilość wydobywającego się dwutlenku węgla do 25% w stosunku do kiszonki wykonanej bez dodatków. Korzystne działanie kwasu propionowego potęguje się w przypadku wyższej zawartości suchej masy zakiszanych paszach. Dawka 1% kwasu propionowego przy zakiszaniu podsuszanej trawy (do 50% suchej masy) spowodowała, 8-krotne zmniejszenie w stosunku do kiszonek kontrolnych strat wynikłych z tlenowego ich przechowywania. Badania Britta i wsp. [11] wskazywały na korzystne działanie kwasów organicznych (szczególnie propionowego oraz mieszaniny propionowego i octowego) na hamowanie procesów pleśniowych w kiszonkach z kukurydzy w czasie tlenowego przechowywania.

Honig [19] stwierdził korzystny wpływ kwasów mrówkowego i fosforowego, siarkowego i octowego na ograniczenie strat składników pokarmowych w czasie tlenowego przechowywania. Jednak zmniejszenie strat suchej masy było najbardziej efektywne w przypadku zastosowania kwasu octowego i siarkowego. Ohyama i wsp. [31, 32, 33] określali wpływ dodatku kwasu kapronowego do kiszonek na ich zagrzewanie się. Niezależnie od fazy wegetacji zakiszonych zielonek, zastosowane dodatki kwasu kapronowego oraz kwasu solnego wpływają hamująco na zagrzewanie kiszonek. Jednak najefektywniejsze okazało się zastosowanie kwasu kapronowego (bez lub wraz) z kwasem solnym dodanym do wybranej ze zbiornika kiszonki. Kiszonki potraktowane tymi kwasami nie zagrzewały się przez okres conajmniej 7 dni przechowywania w warunkach tlenowych. Wyniki badań Schukkinga i Hengevelda [40] wskazują, że kwasy organiczne i mineralne są na ogół dobrymi dodatkami mogącymi ograniczyć natężenie wtórnych procesów fermentacyjnych. Najlepszym dodatkiem okazał się kwas propionowy, zaś prawie nieprzydatnym kwas masłowy.

Innym typem dodatków, których działaniem starano się wykorzystać do ograniczenia wtórnych procesów fermentacyjnych były syntetyczne

związki azotowe. Honig [19] stwierdził, że korzystnie na stabilność kiszonych pasz wpływa mocznik oraz konserwant Prosil *). Trwałość kiszzonek z kukurydzy sporządzonych z dodatkiem mocznika była 2-krotnie większa aniżeli sporządzonych bez dodatków, zaś straty składników pokarmowych po 6 dniach przechowywania w warunkach tlenowych była w mocznikowej kiszonce 8-krotnie niższa.

Znany jest fakt obniżenia intensywności przemian fermentacyjnych w kiszoncek pod wpływem dodania formaliny. Uzyskane kiszonceki cechują mniejszą zawartością kwasów organicznych i uzyskały miano „nisko fermentacyjnych” (w języku angielskim przyjął się termin „non fermented silages”). Jednocześnie stwierdzono korzystny wpływ formaliny na jakość kiszzonek poprzez stymulowanie fermentacji kwasu mlekowego. Działanie to ma jednak ujemny wpływ na stabilność kiszzonek. Niewielka zawartość kwasów organicznych, względnie wysokie pH powoduje, że „nisko fermentujące” kiszonceki są mało odporne na działanie powietrza, szybko zagrzewają się, zmniejsza się ich wartość pokarmowa i obniża jakość. Ogranicza to możliwość zastosowania formaliny jako dodatku do zakiszonych pasz.

Gross [14] w swych badaniach stosował następujące preparaty: Amasil, Kofasil, Blattsil, Grillosil, Ramikal-200, Luprosil, Luprosil Combi. Najkorzystniej na trwałość kiszzonek wpłynęły Kofasil (0,4%), Grillosil (0,4%) a w przypadku sianokiszzonek Luprosil i Luprosil Combi. W badaniach mikrobiologicznych Beck [5] stwierdził, że najefektywniej hamowały rozwój drożdży w kiszoncek następujące dodatki: Kofasil, Pyrosal, Fertisil oraz antybiotyki (streptomycyna, bacytracyna).

Badania Pahlowa [35] wykazały, że poprzez dodanie przed zakiszeniem do zielonek szczepionej bakterii kwasu mlekowego można uzyskać zmniejszenie ilości drożdży w kiszoncek i bardzo wyraźne zwiększenie ich trwałości. Średnio stabilność kiszzonek pod wpływem dodania bakterii zwiększyła się o 5 dni (zarówno w warunkach aero i anaerobowych). Inne badania Pahlowa [34] udowodniły, że zastosowanie preparatów grzybiobójczych można ograniczyć rozwój drożdży w kiszoncek.

Z badań przeprowadzonych w Bydgoszczy [27, 36] wynika, że tlenową stabilność kiszzonek z liści buraczanych można polepszyć przy użyciu preparatów chemicznych (np. Acidol II) lub mikrobiologicznych (np. Lactiferm M-74). Przechowywane w warunkach tlenowych kiszonceki wyprodukowane z każdym z badanych konserwantów charakteryzowały się mniejszym zagrzewaniem, rozpadem białka oraz niższymi wartościami pH aniżeli sporządzone bez dodatków.

*) Prosil — konserwant chemiczny zawierający: melasę, amoniak i składniki mineralne.

Sposób wybierania kiszonek może mieć dwojakie znaczenie w stosunku do ich wartości pokarmowej.

- I — nieobojętnym jest w jakim stanie pozostawiona zostanie zewnętrzna warstwa stosu kiszonkowego, szczególnie ważnym czynnikiem jest jej wyrównanie oraz stopień rozluźnienia,
- II — w jakiej postaci zostaje pobrana kiszonka, szczególnie ważne jest to przy przewidywanym jej dłuższym okresie przechowywania po wybraniu.

Jak wykazały badania Honiga [19] sposób wybierania kiszonek ma bardzo wyraźny wpływ na intensywność wtórnych przemian fermentacyjnych w zewnętrznej warstwie stosu kiszonkowego. Wyniki badań wskazują, że przy zastosowaniu ładowacza chwytakowego wydzielanie dwutlenku węgla po 3 dniach od momentu wybrania kiszonki jest około 10 razy większe w porównaniu do ilości tego gazu powstałego z zewnętrznej warstwy kiszonych pasz przy zastosowaniu ładowacza frezowego. Przypuszczać należy, że bezpośrednią przyczyną jest rozluźnienie struktury zakiszonego środowiska i spowodowane przez to wniknięcie powietrza do wnętrza stosu kiszonkowego jakie ma miejsce przy chwytakowym wybieraniu pasz szczególnie z niedostatecznie rozdrobnionego surowca. Przy wybieraniu kiszonek z przymy i następnie ich kilku dniowym przechowywaniu zachodzą straty składników pokarmowych, które minimalne tempo wybierania tych pasz. Minimalna szybkość wybieranych partii kiszonek. Przy dużym rozluźnieniu i 4-dniowym przechowywaniu straty te wyniosły 15% w stosunku do 6% ubytków w przypadku nierozluźnienia struktury wybieranych pasz.

Niezależnie od metody wybierania kiszonek, wymagane jest pewne minimalne tempo wybierania tych pasz. Minimalna szybkość wybierania uzależniona jest od stopnia ubicia zakiszonego surowca (gęstość), rodzaju surowca kiszonkarskiego oraz trwałości kiszonek. Przy małym ugnieceniu zakiszonej masy [np. 200 kg paszy/m³] i niewielkiej trwałości kiszonek wymagana szerokość wybieranej warstwy jest większa niż 2 metry/dobę. Jednak w przypadku dostatecznego ubicia [np. 600 kg paszy/m³] i co najmniej kilkudniowej trwałości pasz kiszonych nie wymaga się wybierania szerszej warstwy aniżeli 20—30 cm niezależnie od rodzaju zakiszonego surowca. Vogt [45] podaje, że koszt stosowania różnych urządzeń do wybierania kiszonek ze zbiorników przejazdowych (w warunkach RFN) uzależniony jest od rodzaju urządzeń, wielkości stada krów i waha się w przeliczeniu na 1 SD/rok [SD=sztuka duża] od ceny 10 do 225 litrów mleka.

Ważnym czynnikiem, mogącym mieć duży wpływ na stabilność zakiszonych pasz jest właściwe postępowanie z kiszonkami po wyjęciu ze stosu kiszonkarskiego. Kiszonki powinny być bezpośrednio po pobraniu

ze zbiornika lub przyzmy przeznaczone do skarmiania, jeśli jednak istnieje konieczność przechowywania tych pasz trzeba je chronić przed nadmiernym rozluźnieniem i dostępem powietrza. Poprzez ograniczenie dostępu powietrza do kiszonek można wyraźnie obniżyć straty suchej masy. Przy 9-dniowym okresie tlenowego przechowywania straty suchej masy wynosiły przy dużym dostępie powietrza około 13%, zaś przy zmniejszonym dostępie około 9%. W warunkach anaerobowych straty były wyraźnie niższe i wynosiły tylko około 2%. Ograniczając dostęp powietrza do pobranych kiszonek można przez kilka dni w większości kiszonek zachować warunki stabilne. Przy dużym dostępie powietrza już po 4 dniach wszystkie badane kiszunki okazały się nietrwałe [19].

Podsumowanie

Dokonano w oparciu o literaturę krajową i zagraniczną podsumowania wyników badań, dotyczących wtórnej fermentacji w kiszonce. Wyjaśniono na czym polega wtórna fermentacja, jakie następują zmiany w składzie chemicznym i populacji mikrobiologicznej w kiszonce oraz jakie czynniki wpływają na intensywność przemian. Z przeprowadzonych badań wynika, że wtórna fermentacja jest poważnym źródłem strat składników pokarmowych, zaś jej intensywność jest uzależniona od:

- składu chemicznego, zakiszonej paszy,
- zawartości suchej masy w kiszonce,
- stopnia rozdrobnienia,
- szybkości napełnienia zbiornika zakiszczanym materiałem,
- dokładności ugniecenia zakiszonego surowca,
- dokładności przykrycia,
- zastosowania konserwantów,
- dostosowania kształtu i pojemności zbiornika do ilości sporządzonej kiszunki,
- techniki wybierania,
- grubości wybieranej warstwy kiszunki dziennie,
- sposobu przechowywania kiszunki po wybraniu jej ze zbiornika — bezpośrednio skarmianie lub składowanie w paszarce,
- temperatury otoczenia.

LITERATURA

1. Barry T.N.: Proc. Nutrit. Soc., 35, s. 221—229, 1976.
2. Barry T.N. i in.: J. Sci. Food Agric., 31, 2, s. 133—146, 1980.
3. Beck Th.: Bayer. Landw. Jb., 40, 4, s. 477—497, 1963.
4. Beck Th.: Wirtschaftseig. Futter, 12, 3, s. 227—263, 1966.
5. Beck Th.: Wirtschaftseig. Futter, 12, 3, s. 227—263, 1966.
6. Beck Th.: Wirtschaftseig. Futter, 21, 1, s. 55—65, 1975.
7. Beck Th. Gross F.: Wirtschaftseig. Futter, 10, 4, s. 298—312, 1964.
8. Bondariew W.A.: Żiwotnowodstwo, 9, s. 37—40, 1973.
9. Bondariew W.A.: Żiwotnowodstwo, 12, s. 26—32, 1979.
10. Britt D.G., Huber J.T.: J. Dairy Sci., 58, 11, s. 1666—1671, 1975.
11. Britt D.G., Huber J.T., Rogers A.L.: J. Dairy Sci. 58, 4, s. 532—539, 1975.
12. Bucher E.: Beiträge zur Mikrobiologie der Silagegärung und der Gärfutterstabilität, Dissertation der Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, ss. 139, 1970.
13. Daniel P. i in.: Wirtschaftseig. Futter, 16, 3, s. 239—252, 1970.
14. Gross F.: Wirtschaftseig. Futter, 21, 1, s. 42—54, 1975.
15. Gross F., Beck Th.: Wirtschaftseig. Futter, 16, 1, s. 1—14, 1970.
16. Gross F., Riebe K.: Gärfutter, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, ss. 283, 1974.
17. Honig H.: Ber. 3 Europ. Grünlandkongress, Braunschweig, s. 173—181, 1969.
18. Honig H.: Dane niepublikowane, cyt. za Daniel P., Honig H., Weise F., Zimmer E., Wirtschaftseig. Futter, 16, 3, s. 239—252, 1970.
19. Honig H.: Wirtschaftseig. Futter, 21, 1, s. 25—32, 1975.
20. Honig H., Woolford M.K.: Occasional Symposium No 11 The British Grassld. Soc. Proc. of a conference on „Forage Conservation in the 80, s. 27—30 November 1979, Brighton, U.K. 1979.
21. Kemenes M., Szentmihalyi S., Gundel J.: Medzinarodne Sympozium „Konzervovanie Objemovych Krmiv”, Nitra (CSSR) 6—7 Septembra 1983. s. 13, 1983
22. Kibe K., Kasuya T.: J. Jap. Soc. Grassld. Sci., 25, 3, s. 251—259, 1979.
23. Kirow N., Todorow N.: Siłaz i sienaz, Ziemizdat, Sofia, ss. 332, 1976.
24. Koch G., Morwarid A., Kirchgessner M.: Wirtschaftseig. Futter, 19, 1, s. 15—20, 1973.
25. Maskova H., Havelik J.: Proc. XIII International Grassland Congress, Leipzig, 18—27 May V. II, s. 1309—1314, 1973.
26. Mikołajczak J.: Medzinarodne Sympozium „Konzervovanie Objemovych Krmiv”, Nitra (CSSR) 6—7 Septembra 1983, s. 62, 1983.
27. Mikołajczak J.: Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Rozprawy 13, ss. 104, 1984.
28. Morwarid A.: Silierversuche zur Stabilität von Maissilagen, Dissertation der Technischer Universität München, ss. 16, 1969.
29. Ohya Y.: Bull. Nat. Inst. Animal Industry, Chiba (Japan) 31, s. 37—44, 1976.
30. Ohya Y., Hara S.: Jap. J. Zoot. Sci., 46, 12, s. 713—721, 1975.
31. Ohya Y., Masaki S., Hara S.: J. Sci. Food Agric., 26, s. 1137—1147, 1975.
32. Ohya Y., Hara S., Masaki S.: J. Sci. Food Agric., 28, 4, s. 369—374, 1977.

33. Ohyama Y., Hara S., Masaki S.: *J. Sci. Food Agric.*, 30, 2, s. 107—111, 1979.
34. Pahlow G.: Sixth Silage Conference, 1—3 September, 1981, Edinburgh, s. 65—66, 1981.
35. Pahlow G.: *Wirtschaftseig. Futter*, 28, 2, s. 107—122, 1982.
36. Podkówka W. i in.: *Materiały na Seminarium Firmy Medipharm, Wiedeń*, 16—17 wrzesień 1980, ss. 5, 1980.
37. Podkówka W. i in.: *Prz. had.*, 22, s. 19, 1978.
38. Regius A. i in.: *Medzinarodne Sympozium „Konzervovanie Objemovych Krmiv” Nitra (CSSR) 6—7 Septembra 1983*, s. 131, 1983.
39. Ruschmann G.: *Landw. Jb.*, 88, 135—295, 1939.
40. Schukking S., Hengeveld A.G.: *IBVL, Wageningen, Med.* 379, ss. 8, 1971.
41. Schukking S., Hengeveld A.G.: *IBVL, Wageningen, Med.* 401, ss. 23, 1972.
42. Schukking S., Hengeveld A.G.: *IBVL, Wageningen, Med.* 415, ss. 15, 1973.
43. Soper I.G., Owen F.G.: *J. Dairy Sci.*, 60, 7, s. 1077—1082, 1977.
44. Takano N., i in.: *Bull. Nat. Grassld. Res. Inst. Nishinasuno (Japan)* 11, s. 98—105, 1977.
45. Vogt D.: *DLG-Mitt.* 97, 2, s. 111, 1982.
46. Weise F.: *Landbauforsch.—Völkenrode*, 13, 2, s. 111—116, 1963.
47. Weise G.: *Arch. Tierernähr.*, 31, 1, s. 95—108, 1981.
48. Weise G., Retling H., Suckow G.: *Proc XIII International Grassland Congress, Leipzig, 18—27 May, V.II*, s. 1337—1340, 1977.
49. Wieringa G.W.: *IBVL Wageningen, Med.* 219, s. 133—137, 1970.
50. Wieringa G.W., Haen S.: *IBVL Wageningen. cyt. za Gross F., Riebek K.*, 1974, *Gärfutter*, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart s. 126.
51. Woolford M.K.: *J. Sci. Food Agric.*, 26, 2, s. 229—237, 1975.
52. Woolford M.K., Cook E.: *Proc. XIII International Grassland, Leipzig, 18—27 May V.II*, s. 1315—1318, 1977.
53. Woolford M.K., Honig H., Fenlon J.S.: *Wirtschaftseig. Futter* 23, 1, s. 10—22, 1977.
54. Woolford M.K., Honig H., Fenlon J.S.: *Wirtschaftseig. Futter*, 24, 2, s. 125—139, 1978.
55. Woolford M.K., Honig H., Fenlon J.S.: *Wirtschaftseig. Futter*, 25, 2, s. 158—177, 1979.
56. Zimmer E.: *Dane niepublikowane, cyt. za Daniel P., Honig H., Weise F., Zimmer E.*, 1970, *Wirtschaftseig. Futter*, 16, 3, s. 239—252, 1970.
57. Zimmer E. i in.: *Wirtschaftseig. Futter*, 19, 3, s. 204—221, 1973.
58. Zscheischler J. i in.: *Mais-Anbau und Verwertung, DLG-Verlag, Frankfurt am Main*, ss. 292, 1979.