

HENRYK GAŚSIOROWSKI, KAZIMIERZ SZEBIOTKO
Akademia Rolnicza w Poznaniu

WSPÓŁCZESNE METODY PRZECHOWYWANIA MOKREGO ZIARNA ZBÓŻ

Zboże przeznaczone do magazynowania powinno być suche, dobrze oczyszczone i wykazywać odpowiednio niską temperaturę. Żniwa odbywają się często w warunkach niekorzystnych dlatego zachodzi konieczność sztucznego suszenia. Problem ten jest szczególnie ostry z uwagi na coraz szersze stosowanie kombajnów przy zbiorach. Warunki atmosferyczne w czasie żniw w ostatnich kilku latach były u nas wyjątkowo sprzyjające, jednak zła pogoda w czasie żniw w jednym roku wystarczy by przez straty w zbiorach naruszyć równowagę gospodarczą kraju.

Rozwiązać sprawę zabezpieczenia zbiorów zbóż można albo przez zwiększenie liczby suszarni, albo przez stosowanie metody okresowego przechowywania mokrego ziarna do chwili, gdy będą dostępne suszarnie, bądź też przez stosowanie takich metod, które umożliwią ograniczenie lub wyeliminowanie potrzeby suszenia ziarna (wzrastająca cena paliwa też za tym przemawia). Wysoki udział jęczmienia i wzrastająca rola kukurydzy w żywieniu zwierząt, zbóż których wartość paszowa jest wyższa przy stosowaniu ich w stanie wilgotnym (1, 35) sprawiły, że wzrosła potrzeba dysponowania takimi metodami, które zapewniały by możliwość przechowywania mokrego ziarna bez pogorszenia jego jakości i z umiarkowaną wielkością ubytków. Mokre ziarno można bezpiecznie przechowywać przez dłuższy okres czasu stosując trzy sposoby, a mianowicie:

- 1) hermetyczne warunki przechowywania,
- 2) w obniżonej temperaturze,
- 3) przy użyciu chemicznych środków konserwujących.

Czynniki wpływające na ziarno w czasie przechowywania

Niska wilgotność ziarna ogranicza do minimum procesy życiowe ziarna oraz rozwój znajdujących się w ziarnie bakterii i pleśni, jak również roztoczy i szkodników z rodziny owadów. Obniżenie wilgotności do około 14% umożliwia bezpieczne magazynowanie zboża. Dla zupełnego zahamowania rozwoju owadów w przechowywanym ziarnie należałoby obniżyć wilgotność do poziomu 8—10%, jednak suszenie ziarna do takiej

zawartości wody jest nieekonomiczne i w praktyce nieuzasadnione (5). Według Triswjatskiego i innych autorów (38) przechowywane ziarno jest wtedy trwałe, gdy jego wilgotność leży poniżej poziomu wilgotności krytycznej, tj. takiego stanu przy którym pojawia się wolna woda. Poziom wilgotności krytycznej wynosi dla pszenicy, żyta, jęczmienia i owsa od 14,5 do 15,5%, dla kukurydzy natomiast 12,5 do 14%.

O intensywności procesów życiowych ziarna i rozwijających się na nim drobnoustrojów oraz szkodników zbożowych decyduje temperatura na równi z wilgotnością. Obecne na ziarnie organizmy wymagają dla swego rozwoju optymalnej temperatury, poniżej której ich procesy życiowe i rozwój ulegają zahamowaniu. Gdy temperatura ziarna jest niższa od 17°C, wówczas rozwój owadów znajdujących się w przechowywanym ziarnie ulega ograniczeniu. Dla zapobieżenia rozwojowi bakterii, pleśni oraz rozkruszków są niezbędne znacznie niższe temperatury ziarna.

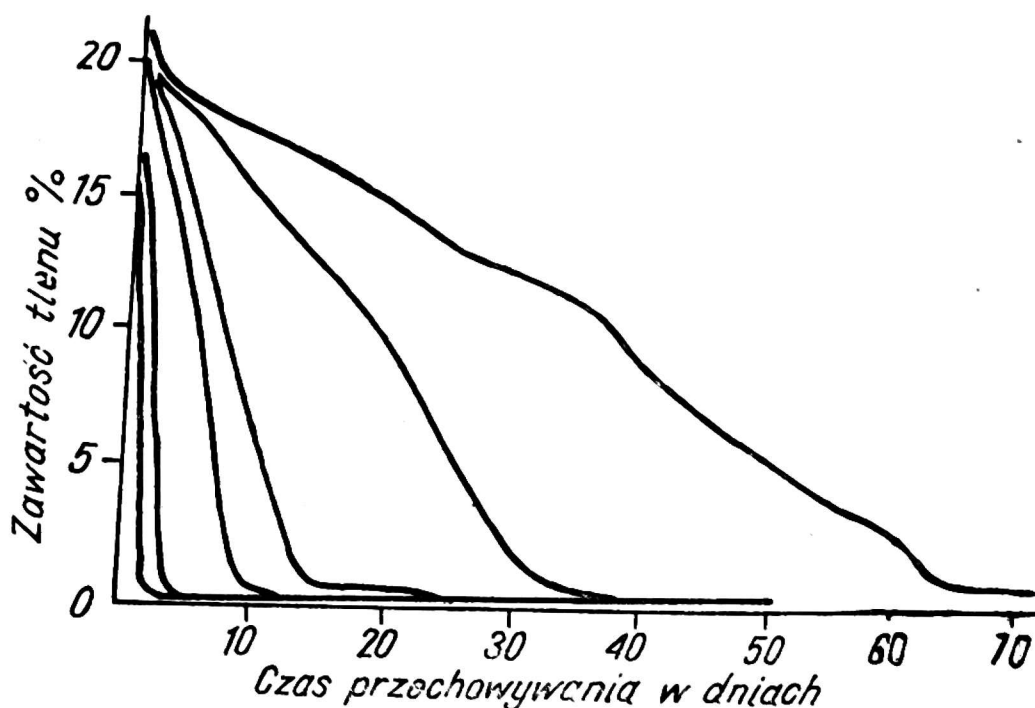
Trzecim podstawowym czynnikiem decydującym o trwałości mokrego ziarna jest tlen. Ziarno, podobnie jak inne organizmy potrzebuje do życia atmosfery zawierającej tlen (oddychanie aerobowe). Tlen jest również potrzebny organizmom żyjącym na ziarnie, szkodliwym owadom i pleśniom. Jeżeli ziarno w hermetycznych warunkach przechowywania odizoluje się od dostępu powietrza, wówczas w krótkim czasie tlen zostaje zużyty, a szkodniki zbożowe i pleśnie zginą zanim zdążą wywołać poważniejsze szkody w ziarnie. Intensywność procesów życiowych w masie ziarna charakteryzuje współczynnik oddychania ($\text{CO}_2:\text{O}_2$). Przy wilgotności ziarna w granicach 15—17% współczynnik oddychania jest większy od jedności, zaś przy wilgotności powyżej 17% niższy od jedności (22, 31), co świadczy o dużym zużyciu tlenu przez mikroorganizmy, bardzo aktywne w tym stanie wilgotności. Zwiększenie współczynnika oddychania następuje również wtedy, gdy przy braku tlenu oddychanie ziarna przyjmuje charakter oddychania anaerobowego. Z punktu widzenia produkcyjnego oddychanie anaerobowe jest korzystniejsze, gdyż ziarno zużywa wtedy mniej substancji odżywczych i wydziela mniej ciepła.

Przechowywanie ziarna bez dostępu powietrza

Metoda przechowywania ziarna w zbiornikach hermetycznych polega na doprowadzeniu masy ziarna do stanu anabiozy przez odcięcie dostępu tlenu (anoxyanabioza). Metoda taka była znana już w czasach starożytnych, a obecnie od kilku lat znalazła szerokie rozpowszechnienie w szeregu krajów m. in. w USA, ZSRR, Francji, Anglii, Danii. Miszustin i Triswjatski (25) podają, że np. w Argentynie pod koniec lat pięćdziesiątych ogólnie

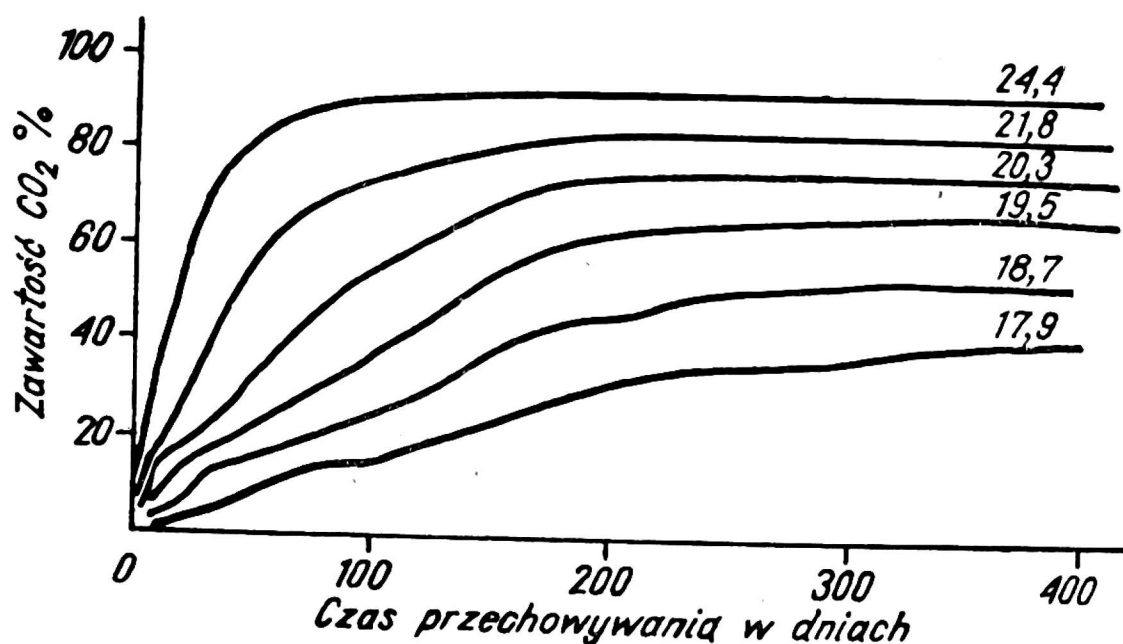
na pojemność podziemnych magazynów hermetycznych wynosiła ponad 2 mln ton.

Zmiany atmosfery. Metoda przechowywania mokrego ziarna w zbiornikach bez dostępu powietrza opiera się na zasadzie tzw. samoutrwalenia, autokonserwacji. Mianowicie w pierwszym okresie przechowywania zapas powietrza zawartego w przestrzeniach międzyziarnowych, jak również w górnej części zbiornika wolnej od ziarna umożliwiła procesy życiowe żywym składnikom ziarna (ziarno i nasiona zanieczyszczające) oraz szkodnikom i mikroflorze aerobowej. W rezultacie zmienia się stopniowo skład atmosfery w zamkniętym pomieszczeniu; zwiększa się stężenie dwutlenku węgla i zmniejsza się ilość tlenu (17). W miarę zużycia tlenu i nagromadzenia CO_2 następuje obniżenie intensywności oddychania tlenowego (aerobowego) i żywe organizmy przechodzą na oddychanie beztlenowe (anaerobowe). Zwalniają się również procesy życiowe drobnoustrojów znajdujących się w masie ziarna, są one bowiem w przeważającej większości tlenowcami. W ten sposób zostaje wyeliminowany rozwój szkodników, jeśli znajdują się w masie ziarna. W wyniku opisanych procesów masa ziarna przechodzi w stan anabiozy.



Rys. 1. Zmiany zawartości tlenu w próbach ziarna pszenicy przechowywanych w zbiornikach hermetycznych. Krzywe od lewej ku prawej dotyczą kolejno prób o następującej wilgotności: 24,4%, 21,8%, 20,3%, 19,5%, 18,7%, 17,9% (17)

Zmiany w składzie atmosfery w zbiorniku z ziarnem zależą od wilgotności i temperatury ziarna. Przy przechowywaniu w stałej temperaturze wyższa wilgotność ziarna powoduje szybsze zużycie tlenu i powstanie większej ilości CO_2 (17, 18). Stosując nowoczesne, precyzyjne metody oznaczania składu atmosfery na podstawie analizy gazów, można określić porównawczo wilgotność prób nawet wtedy, gdy różnią się zawartością wody w granicach 0,5% (12). W próbach o tej samej zawartości wody następuje tym szybszy ubytek tlenu i przyrost CO_2 , im wyższa jest temperatura przechowywania. O intensywności przemian świadczy przykład zmian w próbce jęczmienia o wilgotności ok. 24%; po 24 godz. przechowywania ilość O_2 spadła poniżej 7%, a ilość CO_2 przekroczyła 12%. W zbiorniku hermetycznym z mokrym ziarnem wzrasta stopniowo ciśnienie proporcjonalnie do wilgotności przechowywanego materiału. Aniskin (1) przytacza, że maksymalne dodatkowe ciśnienie rzędu 1 atm. stwierdzono w próbce żyta o wilgotności 28,3%. Dla kompensacji zmian ciśnienia gazu są w silosach zamontowane odpowiednie urządzenia (zawory wyrównawcze i specjalne worki).



Rys. 2. Zmiany zawartości CO_2 w próbach ziarna pszenicy o różnej wilgotności, przechowywanych w zbiornikach hermetycznych (17)

Zmiany cech organoleptycznych. Podczas przechowywania w masie ziarna umiarkowanie mokrego (do 24%) zachodzi szereg zmian, ale w dosyć ograniczonym zakresie. Większość zmian następuje w pierwszych tygodniach magazynowania i to tym szybciej, im wyższa

jest wilgotność ziarna (11). Ziarno zachowuje nie zmienioną barwę nawet po 6-miesięcznym przechowywaniu, natomiast szybko pojawia się gorzki posmak i obcy zapach zwany fermentacyjnym i nasila się proporcjonalnie do wilgotności ziarna i długości czasu magazynowania. W przypadku występowania silnego obcego zapachu nie da się go usunąć ani przez wietrzenie czy suszenie i zapach taki przechodzi do mąki. Ziarno z zapachem nadaje się tylko do celów paszowych. Jedną z wad mokrego ziarna, występującą później, jest obniżenie sypkości. Jeśli wilgotność przechowywanego materiału przekracza 25⁰/₀ (dotyczy to szczególnie kukurydzy), występuje zjawisko ciemnienia i mięknięcia ziarna (18).

Przy napełnianiu zbiornika w szybkim tempie ziarnem o wilgotności 18—25⁰/₀ na początku magazynowania, temperatura podnosi się nieznacznie (np. do 27°C). Natomiast przy przedłużeniu czasu napełniania silosu temperatura może podnieść się znacznie (7). W trakcie magazynowania temperatura może się obniżyć do poziomu równego z otoczeniem. Hyde (18) podaje, że w Wielkiej Brytanii na wiosnę, gdy silosy są stopniowo opróżniane, obserwuje się pewien wzrost temperatury powyżej średniej. Zjawisko to tłumaczy się samozagrzewaniem się mokrego ziarna wywołanym przez rozwój pleśni umożliwiony wzrostem ilości tlenu w silosie przy okazji usuwania ziarna ze zbiornika.

Z m i a n y c h e m i c z n e i i n n e. Wilgotność ziarna podczas przechowywania zasadniczo nie zmienia się, jakkolwiek obserwuje się niekiedy występowanie różnic w rozmieszczeniu wody; następuje mianowicie wzrost wilgotności w masie ziarna położonej w górnej warstwie i po bokach silosu, co tłumaczy się tym, że woda migrując z warstwy zewnętrznej ulega szybciej wystudzeniu niż w głównej masie. LeDu (23) podaje, że stwierdził w pszenicy wzrost wilgotności do 22,4⁰/₀, podczas gdy wilgotność początkowa tego ziarna wynosiła 16⁰/₀. Jeśli ziarno przy napełnianiu silosu było nierównomiernie wilgotne, w trakcie magazynowania nie następuje wyrównanie wilgotności. Gniazda ziarna o wyższej wilgotności w pierwszym rzędzie ulegają zlegiwaniu, co utrudnia później opróżnianie silosu. Zlegiwanie ziarna częściej występuje w wysokich silosach, gdy rozwiną się w masie ziarna drożdże (18).

Typowe zmiany chemiczne dotyczą przede wszystkim zmian w zawartości cukrów w ziarnie. Ilość cukrów redukujących zwiększa się ze wzrostem wilgotności i wpływem czasu przechowywania przy równoczesnym spadku zawartości sacharozy. Zjawisko to jest wynikiem hydrolyzy sacharozy. Minimalnie podwyższa się też zawartość azotu niebiałkowego (11). W ziarnie o wysokiej wilgotności podwyższa się kwasowość tłuszczowa, ale zmiany te są nieznaczne (12).

W ziarnie przechowywanym w warunkach hermetycznych pojawia się obok dwutlenku węgla także alkohol etylowy — produkt końcowy

oddychania beztlenowego. Przy tego rodzaju oddychaniu może również powstawać aldehyd mrówkowy, kwas mlekowy i octowy (22), ale o warunkach powstawania tych związków brak dotychczas wyczerpujących danych eksperymentalnych. Szereg zmian zachodzących podczas przechowywania bez dostępu powietrza jest niewątpliwie funkcją temperatury, a więc natężenie ich może nie być dostrzegalne jeśli temperatura przechowywania jest niska.

Zmiany wartości wypiekowej. W omawianym sposobie magazynowania może powstawać obcy, fermentacyjny zapach i dlatego ziarno tak przechowywane może nie nadawać się do celów konsumpcyjnych. Nie stwierdzono jednak wyraźnego pogorszenia się wartości wypiekowej mąki z takiego ziarna. Przy dłuższym przechowywaniu ziarna obniża się wprawdzie nieco wodochłonność otrzymanej z niego mąki, jednak niektórzy autorzy (36) zauważyli nawet pewne polepszenie wartości wypiekowej. Po dwuletnim przechowywaniu ziarna następuje wyraźne pogorszenie wartości wypiekowej mąki z tego ziarna (30).

Żywotność ziarna obniża się proporcjonalnie do zawartości wody w ziarnie i czasu przechowywania. W przypadku pszenicy o wilgotności 24⁰/₀, zdolność kiełkowania spadła do zera po 15 tygodniach, zaś przy 18⁰/₀ wody — dopiero po 24 tygodniach (11). Przyjmuje się, że jeśli wilgotność ziarna nie przekracza 14⁰/₀, można w takim stanie bez obawy o zepsucie przechowywać również materiał siewny i jęczmień browarny (18).

Ubytek magazynowy. Zastosowanie hermetycznego systemu przechowywania znacznie obniża wielkość ubytku suchej masy, jednak poszczególne gatunki zboża wykazują pewne różnice. Również nie bez wpływu jest długość okresu magazynowania, a zwłaszcza stopień napełnienia silosu i stopień wilgotności ziarna. Ubytek przy wilgotności ziarna do 18⁰/₀ jest nieznaczny, gdy zaś wilgotność ziarna wynosi 18—25⁰/₀ staje się już większy, a powyżej tej wilgotności jeszcze większy.

Według Gąsiorowskiego (11, 12) po 5 miesiącach przechowywania pszenicy i jęczmienia ubytek wynosi przy wilgotności do 15⁰/₀ — 0,03⁰/₀ przy 18—19⁰/₀ — 0,12⁰/₀ i przy około 24⁰/₀ — 0,48⁰/₀.

Według Browna i wsp. (4) po 48 miesiącach przechowywania jęczmienia o wilgotności 22,5⁰/₀ ubytek wynosił 2,25⁰/₀, a przy wilgotności 33,5⁰/₀ po 26 tygodniach 4,23⁰/₀. Meiring i Hall (25) podają, że po 8 tygodniach przechowywania wynosił dla pszenicy i żyta o wilgotności 28—29⁰/₀ — 1,1 do 1,2⁰/₀, natomiast dla owsa i jęczmienia o tej samej wilgotności 1,8 do 2,0⁰/₀.

Wartość paszowa. Na pytanie czy wartość paszowa mokrego ziarna poddanego przechowywaniu bez dostępu powietrza jest wyższa od

wartości ziarna suchego trudno udzielić jednoznacznej odpowiedzi. Foster i wsp. (10) stwierdzili, że mokre ziarno jest równie dobrą paszą dla prosiąt, jak i ziarno suche. Zostało to potwierdzone również przez innych autorów (1, 34). Wykonano mnóstwo prac badawczych (1, 35, 39), z których wynika, że wartość paszowa ziarna mokrego, szczególnie dla przeżuwaczy, jest zdecydowanie wyższa. Niektórzy autorzy (16) są jednak zdania, że nie ma różnicy pomiędzy ziarnem suchym i mokrym. Wydaje się, że jedną z przyczyn tej różnicy poglądów jest niejednakowe rozdrobnienie materiału użytego do doświadczeń.

Drobnoustroje. Już w latach trzydziestych Nikitinski (25) stwierdza duże zmiany w stanie mikroflory ziarna po dwumiesięcznym jego przechowywaniu. Obniżała się bardzo znacznie ilość pleśni, drożdże ginęły całkowicie, również obniżała się ilość bakterii beztlenowych. Podobne wyniki na przykładzie prosa uzyskali Festa i Akiwisz (25). Michałowski i Podjanopolski (25) w badaniach nad wpływem CO₂ na mikroflorę stwierdzili, że gaz ten najpierw przyhamowuje rozwój bakterii nie wytwarzających przetrwalników, potem pleśnie z rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium* i w końcu dopiero bakterie wytwarzające przetrwalniki. Kajukowa (25) ustaliła, że pleśnie *Rhizopus oryzae* i *Mucor racemosus* wykazują szczególnie wysoką odporność na duże stężenie CO₂. Według Nicholasa i Leavera (29) w ziarnie przechowywanym w zamkniętym hermetycznie silosie ginie większość mikroflory z wyjątkiem *Lactobacilli* i drożdży wytwarzających grzybnie. Clarke i wsp. (6) badali skład mikroflory silosów w różnym okresie przechowywania. Stwierdzili, że zdecydowana większość drobnoustrojów ginie. Do wyjątkowo opornych należą drożdże z rodzaju *Candida* i *Hansenula*.

Praktyczne rozwiązania. Przechowalnictwo w warunkach hermetycznych ma tę zasadniczą zaletę, że w takim stanie można ziarno pozostawić przez długi okres czasu, nawet kilka lat bez potrzeby stosowania zabiegów konserwacyjnych i bez obawy, że ulegną ono zepsuciu. Głównym warunkiem powodzenia w stosowaniu tej metody magazynowania ziarna jest uzyskanie pełnej hermetyzacji magazynu oraz dostatecznej izotermiczności i nieprzepuszczalności wilgoci do magazynu. Brak pełnej hermetyzacji uniemożliwia osiągnięcie zamierzonego efektu technologicznego i może doprowadzić do zepsucia magazynowanego ziarna (1, 7, 35).

Suche ziarno (dla rejonów o klimacie tropikalnym wilgotność nie może przekraczać 13⁰/₀), przechowywane hermetycznie może być wszechstronnie użytkowane, natomiast mokre ziarno nadaje się tylko na paszę. W wielu krajach o klimacie gorącym (np. Egipt, Indie, Australia) rozpowszechniły się metody podziemnego przechowywania zbóż. Sposób

ten lepiej zabezpiecza dobrą hermetyzację (26). W Europie stosuje się do tego celu specjalne, wysokie silosy lub typowe rolnicze silosy o otwartym wierzchu. W ostatnio wymienionych nie ma pełnej hermetyzacji, ale trwałość głębszych warstw ziarna zabezpiecza mikroflora znajdująca się w warstwie ziarna graniczącej z powietrzem. Przy stosowaniu tego typu silosów należy codziennie zbierać warstwę ziarna o grubości około 10 cm by nie dopuścić do zagrzania się głębiej położonego ziarna. Metoda ta nadaje się szczególnie do zboża o wilgotności powyżej 30%, dlatego też czasem trzeba mokre ziarno dodatkowo dowilżyć. Szczegółowe dane na temat wyposażenia i eksploatacji silosów hermetycznych znajdują się w specjalnych opracowaniach (17, 35).

Podejmowano też próby stworzenia sztucznej, kontrolowanej atmosfery, przez wprowadzenie do zbiorników gazów, np. azotu (15), dwutlenku węgla (23) lub przez spalanie propanu (18). Wydaje się jednak, że postępowanie takie zbyt komplikuje stosunkowo prosty sposób konserwacji ziarna jakim jest przechowywanie hermetyczne.

Ziębienie ziarna

Metoda ta polega na doprowadzeniu ziarna do stanu termoanabiozy. Obniżenie temperatury zwalnia procesy życiowe, zwłaszcza respiracyjne, w tkankach roślinnych m. in. w ziarnie. Ten system utrwalania zasobów ziarna może być stosowany w praktyce, gdy dostępne jest tanie źródło zimna. Najczęściej wykorzystuje się do oziębienia masy zbożowej naturalne powietrze o odpowiednio niskiej temperaturze, o ile można korzystać z niego w dostatecznej ilości przez cały przewidywany okres przechowywania. Rozróżnia się dwa stopnie ziębienia ziarna. Pierwszy zwany (chłodzeniem) ziębieniem plusowym do temperatury 0°C i drugim zwanym ziębieniem minusowym do temp. niższej od 0°C. W tym drugim przypadku wykorzystuje się zwykle naturalne zimno i sposób ten jest powszechnie stosowany w krajach o chłodnym klimacie. Stosując pierwszy stopień ziębienia można posłużyć się tzw. aktywnym wietrzeniem lub sztucznie wytworzonym zimnem. Aktywne wietrzenie polega na wymuszeniu przepływu powietrza atmosferycznego o odpowiednio niskiej temperaturze przez przestrzenie międzyziarnowe składowanej masy. Dla uzyskania tzw. sztucznego zimna stosuje się specjalne agregaty chłodnicze.

Wpływ niskich temperatur

Ż y w o t n o ś ć z i a r n a. Zachowanie żywotności ziarna zależy przede wszystkim od jego wilgotności. Przy krótkotrwałym przechowywaniu

suche ziarno nie traci zdolności kiełkowania nawet w temperaturze płynnego powietrza czy płynnego wodoru, natomiast mokre ziarno (np. o wilgotności 20%) traci ją już w temperaturze około -20° (19).

Sosiedow i wsp. (34) stwierdzili, że ziarno pszenicy o wilgotności do 20% można długo przechowywać w temperaturach do -18°C bez obaw o utratę zdolności kiełkowania. Pod działaniem minusowych temperatur zachodzą w ziarnie odwracalne zmiany fizjologiczne, w rezultacie których ziarno przechodzi w stan życia utajonego (anabiozy). Dla przywrócenia normalnej żywotności ziarna konieczne jest poddanie go kilkudniowemu podgrzaniu w temperaturach rzędu 20° — 25° .

Mikroflora ziarna. Na świeżym ziarnie normalnej jakości występują głównie bakterie, a stosunkowo niewielkie ilości pleśni, jednak główne niebezpieczeństwo dla przechowywanej masy zbóż stanowią pleśnie. Optymalne temperatury dla rozwoju większości drobnoustrojów mieszczą się w przedziale od 15° do 37°C . W miarę obniżania temperatury warunki dla rozwoju drobnoustrojów stają się mniej korzystne, jednak niektóre pleśnie spotykane w zbożu, jak *Monilia*, *Cladosporium* czy *Penicillium*, rozwijają się jeszcze w temperaturach minusowych (od -4° do -7°C ; 24). Niskie temperatury rzędu -10° do -40°C wstrzymują rozwój mikroflory i niszczą ją, ale tylko w niewielkim stopniu, z tym że pleśnie wyróżniają się odpornością na tego rodzaju temperatury (25). Ubytek suchej masy w ziarnie o wilgotności 21,5% przechowywanym w temperaturze 5°C wynosił 1,1%, a w tej samej partii ziarna przechowywanej w temperaturze $17,5^{\circ}\text{C}$ przekroczył już 31% (18). To dowodzi, że chcąc ograniczyć ubytki w mokrym ziarnie należy je możliwie jak najszybciej chłodzić.

Tabela

Zmiany w mokrym, schładzanym ziarnie przechowywanym przez 6 1/2 miesiąca (w temp. od 5 do 17°C ; 18)

	Początkowa zawartość wody w %								
	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Stopień zakażenia pleśniami w %									
jęczmień	0	0	0	8	13	18	23	27	32
pszenica	0	0	—	13	19	24	31	40	
Średni wzrost zawartości wody (w %)	0	0,1	0,3	0,5	0,8	1,4	2,6	3,8	5,0
Ubytek suchej masy (w % — z oblicz.)	0	0,15	0,5	0,85	1,4	2,3	4,4	6,5	8,5

Szkodniki zbożowo-mączne. Optymalne warunki dla rozwoju większości szkodników owadzych mieszczą się w granicach temperatury 28—34°C, niektóre jednak, jak np. trojszyk gryzący wymagają wyższych temperatur (36°C). Zarówno owady jak i rozkruszki należą do organizmów zmiennocieplnych, to znaczy nie mają możliwości utrzymania temperatury na stałym poziomie, niezależnie od temperatury otoczenia. W związku z tym w miarę spadku temperatury obniża się także temperatura ich ciała, co pociąga za sobą zwolnienie procesów życiowych. W temperaturach bliskich zera, aktywność życiowa owadów i rozkruszków zostaje wstrzymana, przy czym organizmy te przechodzą w stan odrętwienia na zewnątrz, sprawiając wrażenie martwych. Stan ten jest jeszcze odwracalny, jeśli nie trwa zbyt długo. Długotrwałe działanie zimna prowadzi do śmierci owadów i rozkruszków. Silne oziębienie, znacznie poniżej zera, powoduje już uszkodzenie tkanek ciała i wskutek tego szybką śmierć szkodników. Wytrzymałość poszczególnych faz rozwojowych owadów na niskie temperatury układa się następująco: najbardziej odporne są owady doskonałe, potem poczwarki, dalej larwy i najmniej odporne jaja (31). Z badań Cunningtona (8) i Sinhy (33) wynika, że jakkolwiek temperatury minusowe na ogół uśmiercają rozkruszki, jednak rozwój ich w mokrym ziarnie magazynowanym w temperaturach nieco powyżej zera (np. 5°C) jest jeszcze całkiem możliwy.

Praktyczne zastosowanie. Metoda konserwacji mokrego ziarna paszowego za pomocą sztucznego chłodu wytwarzanego przez agregaty chłodnicze rozposzczechniła się w ostatnich latach w USA, RFN, Anglii oraz krajach skandynawskich. Ziarno schładza się w ciągu pierwszej doby do temperatury 7° do 10°C, później w zależności od potrzeby użytkując agregat już tylko okresowo przez kilka godzin. Kilka firm zagranicznych produkuje przewoźne agregaty o różnej wydajności ochłodzenia powietrza, od jednostek odpowiednich dla małych ilości składowanego ziarna, wystarczających do schłodzenia np. 30—35 t/24 godz., do urządzeń wysokowydajnych wystarczających do schłodzenia 300—350 t/24 godz. Przy temperaturze przechowywania 5°C producenci zalecają dla ziarna o wilgotności 25—30% — 2-3-dniowy okres magazynowania, przy wilgotności 22—25% — okres 1—2 tygodni, przy 20—22% — okres 3 do 4 tygodni, przy 18—20% okres 2 do 3 miesięcy i przy 16,5% — 18% okres przechowywania 4 do 6 miesięcy. Szczegóły dotyczące aktywnego wietrzenia znaleźć można w specjalnych opracowaniach (2, 3).

Konserwowanie środkami chemicznymi

Zbadano liczne substancje chemiczne pod względem ich przydatności do konserwacji mokrego ziarna (5, 37). Za odpowiedni środek uważa się

dziś taki, który ma własności bakteriobójcze, grzybobójcze, a ponadto hamuje działanie enzymów własnych ziarna oraz enzymów drobnoustrojów żyjących w masie ziarna i nie wywiera szkodliwego wpływu na organizm zwierzęcy.

Między innymi jako interesujące środki pod względem teoretycznym uznano chloropikrynę, dwuchloroetan, dwuchlorometan, czterochlorek węgla i bromek etylu, ale w praktyce środki te nie zdały egzaminu z powodu toksyczności lub małej skuteczności (37). W chwili obecnej za najlepsze konserwaty uważa się kwas propionowy, pirosiarczyn sodu, a jako obiecujące tiomocznik i wodę amoniakalną (27, 35).

Kwas propionowy. Jest to kwas tłuszczowy produkowany na drodze syntezy chemicznej. Jest cieczą klarowną, bezbarwną o ostrym zapachu i silnie kwaśnym smaku, zbliżoną do kwasu octowego i silnie korodującym działaniem. W RFN kwas propionowy jako produkt handlowy ma nazwę „Luprosil”, zaś w Wielkiej Brytanii „Propcorn”. Przy stosowaniu tego środka obowiązuje ważna zasada równomiernego rozprowadzania go w całej masie ziarna. Do tego celu służą zaprawiarki umożliwiające dozowanie kwasu do ziarna i równomierne wymieszanie. Wielkość dawki kwasu zabezpieczająca mokre ziarno przed zepsuciem zależy od wilgotności ziarna i przewidywanego okresu przechowywania. Przy przechowywaniu ziarna o wilgotności 18⁰/₀ na okres 1 miesiąca wystarcza dodatek 0,35⁰/₀ kwasu. Im wyższa wilgotność ziarna i dłuższy okres magazynowania tym większą dawkę należy stosować. Jeśli ziarno o wilgotności 18⁰/₀ ma być przechowywane przez 6 miesięcy, to dawkę podwyższa się do 0,45⁰/₀. Przyjmuje się, że maksymalna wilgotność ziarna nadającego się do konserwacji tym środkiem może wynosić do 45⁰/₀; w przypadku ostatnio wymienionej wilgotności przewidywanego półrocznego okresu przechowywania stosuje się kwas w ilości 2,1⁰/₀. Ziarno zakonserwowane kwasem propionowym można składować dowolnie, byle tylko zabezpieczyć je przed dalszym nawilgoceniem. W przypadku gdy ziarno ma być składowane na betonowej posadzce lub w silosie metalowym albo z cegły, trzeba zabezpieczyć ściany przed korozją przez nakrycie ich folią plastykową, workami jutowymi lub deskami. Kwas propionowy stosuje się także do konserwacji mokrych mieszanek pasz treściwych. W przypadku kukurydzy można przed zakonserwowaniem ziarno nawet rozdrobnić i podczas przechowywania nie grozi żadna uboczna fermentacja. Doświadczenia żywieniowe przeprowadzone były z bydłem mlecznym i mięsnym, następnie z trzodą chlewną łącznie z prosiętami, a także z drobiem. Nie stwierdzono żadnego ubocznego wpływu tego konserwantu (20, 32). Stwierdzono, że w organizmie zwierzęcym kwas propionowy jest metabolizowany w podobny sposób jak inne kwasy tłuszczowe. Wg Hieba (14) mokra kukurydza konserwowana kwasem propionowym jest w ży-

wieniu świń nawet nieco lepszą paszą niż ziarno skarmiane w stanie suchym.

Z badań własnych wynika (13), że przy stosowaniu kwasu propionowego obniża się w masie ziarna ilość bakterii wegetatywnych i pleśni, a jedynie ilość bakterii przetrwalnikujących utrzymuje się na niezmiennym prawie poziomie. Stwierdzono także, że w próbach ziarna z dodatkiem kwasu stopniowo podwyższa się ilość cukrów redukujących. Według badań Hyde i Burrella (18) przy stosowaniu tej metody zachodzi zjawisko dyfuzji kwasu w masie ziarna na odległość kilku centymetrów, co w przypadku próby doświadczalnej (o wilgotn. 21⁰/₀) zabezpieczało również ziarno nie poddane bezpośrednio spryskiwaniu. Wymienieni autorzy zaprawili ziarno jęczmienia (o wilgotności 19⁰/₀) kwasem propionowym, a następnie umieściwszy je w silosie, przewietrzali. Stwierdzili przy tym, że szybciej następowała utrata wody niż konserwanta. Podobne rezultaty uzyskali również w przypadku przechowywania kukurydzy o wilgotności 39⁰/₀. Przykłady te dowodzą, że metoda konserwacji mokrego ziarna kwasem propionowym jest szczególnie przydatna dla zabezpieczenia dużych ilości mokrej kukurydzy, gdy nie ma możliwości jej wysuszenia.

W wielu ośrodkach prowadzone są dalsze doświadczenia nad zastosowaniem także innych kwasów jako konserwantów mokrej masy ziarnowej, takich jak: kwas octowy, mrówkowy, sorbowy i ich mieszaniny.

Omówione w tej pracy metody konserwacji mokrego ziarna służą do zapobiegania psuciu się ziarna i możliwości obniżenia w poważny sposób ubytków magazynowych. Z opublikowanych danych porównawczych wynika, że wszystkie metody są tańsze niż metoda suszenia, jednak koszt zabiegów kształtuje się różnie w różnych krajach. Dlatego wydaje się celowe przeprowadzenie badań porównawczych w skali technicznej, by można było w sposób jednoznaczny rozstrzygnąć, która z metod jest najkorzystniejsza i najtańsza w naszych warunkach i powinna znaleźć jak najszybsze zastosowanie w praktyce.

LITERATURA

1. Aniskin W. J.: Konserwacja właznego ziarna. Kołos, Moskwa, 1968.
2. Bachariew I. Ja.: Wentilirowanie ziarna. Zagotizdat, Moskwa, 1948.
3. Biskupski M. i in.: Suszarnie zbożowe i urządzenia do aktywnego wietrzenia. WPLiS. Warszawa, 1967.
4. Brown W. O. i in.: Storage of undried grain. N. Ireland Rep. Agr. Res. 13, 1, 33—41, 1963.
5. Bulsiewicz T., Gąsiorowski H.: Przechowywanie mokrego ziarna. Przegl. Zboż.-Młyn. 17, 6, 1—5, 1973.
6. Clarke J. H. i in.: Ecology of microflora of moist barley in sealed silos on farm Pest Infest. Res. 17. 1968.

7. Culpin C.: Air-tight storage of high-moisture grain. U. N. Publ., New York 1969.
8. Cunnington A. M.: Physical limits for complete development of the grain mite *Acarus siro* in relation to its world distribution. *J. Appl. Ecol.* 2, 2, 295—306, 1965, wg poz. lit. 18.
9. Forbes J. L.: Some observation on the hermetic storage of undried barley and its use in pig-feeding. *Agr. Progr.* 40, 55—67, 1965.
10. Foster G. H. i in.: Effects on corn of storage in airtight bins. *J. Agr. Food Chem.* 3. 682—686, 1955.
11. Gąsiorowski H.: Niektóre zmiany w mokrym ziarnie pszenicy przechowywanym hermetycznie. *Przem. Ferment. Rolny* 9, 25—27, 1973.
12. Gąsiorowski H. i in.: Zmiany w składzie atmosfery prób mokrego ziarna jęczmienia przechowywanego bez dostępu powietrza. *Przem. Ferment. Rolny* (złożono do druku).
13. Gąsiorowski H. i in.: Konserwacja mokrego ziarna jęczmienia kwasem propionowym. *Przem. Ferment. — Rolny* (złożono do druku).
14. Hieb P. T.: Die Feuchtmalkonservierung mit Propionisäure — eine produktionstechnische u. betriebswirtsch. — Untersuchung. *Bayer. Landw. Jahrbuch* 49, 527—640, 1972.
15. Henderson L. S.: Refrigerated and controlled air for insect control in stored grain. *Milling* 159, 4, 28, 30, 1969.
16. Hurst D.: Intensive feeding of cattle with particular reference to the feeding of high moisture grain. *Agr. Progr.* 40, 68—74, 1965.
17. Hyde M. B., Oxley T. A.: Experiments on the airtight storage of damp grain. I. Introduction, effect on the grain and the intergranular atmosphere. *An. Apl. Biol.* 48, 687—710, 1960.
18. Hyde N. B., Burrell N. J.: Some recent aspects of grain storage technology. w monografii — Grain storage — poz. lit. 31.
19. Jankowski S.: Postęp w dziedzinie zastosowania niskich temperatur w przemyśle zbożowym. *Materiały ze Zjazdu NOT.*, maj 1960, 309—340.
20. Kaufmann W.: Physiologische Aspekte der Propionsäure-Anwendung in der Tierernährung BASF. — *Mitt. Landbau.* XII., 1970, 18—27.
21. Krall J. L.: High moisture barley; harvesting, storing and feeding. *Montana, Agr. Expt. Sta. Bull.* 625, 45, 1969.
22. Kretowicz W.: *Biochemia roślin* (tłum.) z rosyjskiego). PWRiL, Warszawa 1955.
23. Le Du J.: Conservation de blés sous vide, sous atmosphère confinée, sous atmosphère de gaz carbonique. *Ind. Aliment. Agr.* 85, 811—821, 1968.
24. Michener H. D., Elliot R. P.: Minimum growth temperatures for food-poisoning, fecal-indicator and psychrophilic microorganisms. *Adv. in Food. Res.* t. 13, 349—396, 1964.
25. Miszustin E. N., Triswjatskij L. A.: *Mikrobiologija ziarna i muki.* Chleboizdat. Moskwa, 1960.
26. Mitsuda H. i in.: Underwater and underground storage of cereal grains. *Food Technol.* 26, 3, 50—56, 1972.
27. Moore C. A. i in.: Aqua ammonia's economic potential as a preservative for stored high-moisture corn. *Us. Dept. Agric. ERS.* 1973.
28. Meiering A. G., Hall C. W.: Lagerung von Feuchtgetreide in luftdicht-verschlossenen Behälter. *Landtechnik* 19, 20, 761—767, 1964.

29. Nichols A. A., Leaver C. W.: Methods of examining damp grain of harvest and after sealed and open storage. *J. Appl. Bacteriol.* 29, 566—581, 1966.
30. Praca zbiorowa: Experience, „Blé longue durée” — 1963—1965. C.N.E.E.N.A. Paris.
31. Praca zbiorowa: (red. Sinha R.): Grain storage-pagt of a system. Avi Pub. Westport, 1972.
32. Rintelen P.: Die Beurteilung der Propionisäure-Anwendung aus betriebswirtschaftlicher Sicht bei Getreide und Körnermais. *BASF-Mitt. Landbau-XII.* 1970, 115—124.
33. Sinha R.: Effect of low temperatures on the survival of some stored product mites. *Acarolog.* 6, 2, 336—341, 1964 wg lit. 18.
34. Sosiedow N. J. i in.: Chranienie semjan pszenicy pri niskich temperaturach. *Zagotizdat, Moskwa,* 1962.
35. Syrowatka W. J., Aljabiew E. W.: Progressiwnie sposoby prigotowlenija i chranienia kormow. *Kołos, Moskwa,* 1970.
36. Szwecowa W. A., Sosiedow N. I.: Biochimizskije izmienienia pri dlitielnom chranienie pszenicy w germeticeskich usłowiach. *Bioch. zierna* 4, 229—238, 1958.
37. Taranow M.: Chimizskoje konsierwirowanie kormow wysokiej właznosti. *Izw. AN. SSSR* 6, 808—829, 1963.
38. Triswjatskij L. A. i in.: Chranienie i technologia sielskochozjajstwienych produktow. *Kołos, Moskwa* 1964.
39. Riemann U.: Das Arbeitsaerfahren Feuchtgetreidesilage Bericht über Landtechnik 90, 135—140, 1965.