

JAK SUKCESYWNIE ZACHOWAĆ JAKOŚĆ OWOCÓW I WARZYW?

Nowoczesne podejście
do postępowania pozbiorczego
i przechowywania



Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich:
Europa inwestująca w obszary wiejskie!

Instytucja Zarządzająca PROW 2014-2020 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Publikacja opracowana przez Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Poznaniu,
współfinansowana jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy technicznej
„Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020.

JAK SUKCESYWNIE ZACHOWAĆ JAKOŚĆ OWOCÓW I WARZEWY?

Nowoczesne podejście do postępowania
pozbiorczego i przechowywania

dr hab. Elżbieta Radziejewska-Kubzdela





Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Poznaniu
60-163 Poznań, ul. Sieradzka 29
tel. 61 8630411
wodr@wodr.poznan.pl
www.wodr.poznan.pl

Autor tekstu i rysunków

dr hab. Elżbieta Radziejewska-Kubzdela

Wydawca:

Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Poznaniu
Nakład 1000 egz.
Poznań, 2021 rok



Sieć na rzecz innowacji w rolnictwie i na obszarach wiejskich (SIR)



SIEĆ NA RZECZ
INNOWACJI W ROLNICTWIE
I NA OBSZARACH WIEJSKICH

Wyzwania przyszłości, stojące przed nami, sprawiają, że badania i innowacyjność są niezwykle istotne. Jednym z priorytetów unijnej polityki rozwoju obszarów wiejskich jest ułatwienie transferu wiedzy i innowacji w rolnictwie. Wspierane są powiązania między rolnictwem, produkcją żywności i leśnictwem a badaniami i innowacjami. Innowacyjność polskich gospodarstw będzie decydować o podnoszeniu produktywności w rolnictwie oraz wzroście konkurencyjności sektora rolnego przy uwzględnieniu potrzeb środowiska naturalnego.

W celu wsparcia innowacji w rolnictwie, produkcji żywności, leśnictwie i na obszarach wiejskich, w ramach Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich (KSOW) utworzono Sieć na rzecz innowacji w rolnictwie i na obszarach wiejskich (SIR).

Realizacji celu SIR służą następujące cele szczegółowe:

- Ułatwianie tworzenia oraz funkcjonowania sieci kontaktów pomiędzy rolnikami, podmiotami doradczymi, jednostkami naukowymi, przedsiębiorcami sektora rolno-spożywczego oraz pozostałymi podmiotami zainteresowanymi wdrażaniem innowacji w rolnictwie i na obszarach wiejskich.
- Ułatwianie wymiany wiedzy fachowej oraz dobrych praktyk w zakresie wdrażania innowacji w rolnictwie i na obszarach wiejskich.
- Wsparcie tworzenia i organizacji grup operacyjnych na rzecz innowacji oraz opracowywania przez nie projektów.

W Wielkopolskim Ośrodku Doradztwa Rolniczego w Poznaniu cele te są realizowane m.in. poprzez organizację konferencji, wyjazdów studyjnych, warsztatów, szkoleń, realizację filmów oraz wydawanie publikacji. Przedsięwzięcia te wykonywane są w ramach Planu operacyjnego KSOW w zakresie SIR obejmują szeroki zakres tematyczny, ułatwiają wymianę wiedzy fachowej oraz dobrych praktyk w zakresie wdrażania innowacji w rolnictwie i na obszarach wiejskich, co jest istotne dla procesu transferu wiedzy ze sfery naukowej do praktyki rolniczej. Realizacja operacji przyczynia się do upowszechnienia wiedzy na temat działalności SIR w województwie wielkopolskim, wiedzy z zakresu wsparcia finansowego działań innowacyjnych w kontekście działania „Współpraca” oraz kierunków działań innowacyjnych w rolnictwie.

Aby zainteresować wsparciem finansowym w ramach działania „Współpraca” nawiązywano i podtrzymywano współpracę z podmiotami na rynku rolnym, które mogą być potencjalnymi podmiotami tworzącymi grupę operacyjną.

Grupy Operacyjne zajmują się wprowadzaniem innowacji do praktyki rolniczej, a tworzą ją podmioty zainteresowane poszukiwaniem nowych rozwiązań problemów zdiagnozowanych w produkcji rolnej. Wpływ na opracowanie nowatorskich pomysłów mają ludzie posiadający różne doświadczenie, różną wiedzę i umiejętności.

SIR, podobnie jak KSOW ma charakter otwarty. W realizację części zadań SIR mogą włączyć się różne podmioty zaangażowane w rozwój rolnictwa i obszarów wiejskich oraz zainteresowane realizacją lub wymianą informacji o projektach innowacyjnych.

Partnerami SIR mogą być rolnicy, jednostki naukowo-badawcze, przedsiębiorcy sektora rolno-spożywczego oraz pozostałe podmioty zainteresowane wdrożeniem innowacji w rolnictwie i na obszarach wiejskich.

Kontakt do Biura SIR

WODR w Poznaniu, ul. Sieradzka 29, 60-163 Poznań
sir@wodr.poznan.pl

Informacje na temat działań Sieci na rzecz innowacji w rolnictwie i na obszarach wiejskich w województwie wielkopolskim dostępne na stronie www.wodr.poznan.pl w zakładce SIR

CZYNNIKI WARUNKUJĄCE JAKOŚĆ OWOCÓW I WARZYW

Głównym celem postępowania pozbiorczego i przechowywania owoców i warzyw jest zachowanie stanu tzw. „świeżości”, czyli jakości zbliżonej w jak największym stopniu do świeżego surowca. Surowce roślinne, w tym owoce i warzywo w trakcie zbioru zostają oderwane od rośliny macierzystej. Jednak ich tkanka nadal pozostaje „żywa” tzn. zachodzą w niej procesy życiowe (fizjologiczne, biochemiczne i mikrobiologiczne), które mają wpływ na jakość. Określenie i zrozumienie tych procesów, odgrywa istotną rolę na etapie postępowania pozbiorczego i przechowywania.

Wśród procesów fizjologicznych możemy wyróżnić: oddychanie, transpirację, dojrzewanie, wzrost i przejrzenie.

Jednym z ważniejszych w odniesieniu do jakości owoców i warzyw jest oddychanie. Jego celem jest zdobycie energii potrzebnej do życia. Jednak w okresie pozbiorczym proces ten pociąga za sobą liczne niepożądane skutki. Należą do nich:

- spadek zawartości substancji zapasowych, co wiąże się ze zmniejszeniem wartości odżywczej czy zmianą smaku,
- podwyższenie temperatury surowca, prowadzące do zwiększenia tempa procesów życiowych,
- wydzielanie ditlenku węgla, który przy wysokich stężeniach może uszkadzać błony komórkowe w tkance surowca,
- spadek zawartości tlenu w atmosferze otaczającej przechowywane owoce i warzywa.

Przy braku tlenu w otoczeniu surowca oddychanie zaczyna przebiegać w sposób beztlenowy, którego efektem jest powstawanie np. etanolu czy aldehydu octowego. Związki te wpływają negatywnie na tkankę doprowadzając do pogorszenia smaku czy zapachu przechowywanych surowców. Tym samym jednym z celów postępowania po zbiorze



jest stworzenie takich warunków, które w znacznym stopniu spowolnią procesy życiowe zachodzące w tkance i tym samym ograniczą niepożądane zmiany.

Intensywność procesów życiowych, w tym oddechowych zależy od gatunku surowca. Dla porównania, ziemniak przechowywany w temperaturze 5° C wydziela mniej niż 5 ml CO₂/kg/h, z kolei pieczarka więcej niż 30 ml CO₂/kg/h. Oprócz uwarunkowań, które są związane z surowcem pod uwagę należy również wziąć czynniki powiązane z otoczeniem np. temperaturę. Wraz z jej wzrostem zwiększa się intensywność oddychania. Niekorzystne są również wahania temperatury w otoczeniu tkanki. Kolejnym czynnikiem jest skład atmosfery otaczającej surowiec. Zwiększenie stężenia ditlenku węgla i obniżenie tlenu prowadzi do zahamowania tempa procesów oddechowych. Należy jednak pamiętać, że zbyt niska zawartość tlenu wiąże się z oddychaniem beztlenowym a zbyt wysoka koncentracja ditlenku węgla może powodować uszkodzenie struktur komórkowych. Znaczenie ma tu również stężenie etylenu, który przy niskim poziomie hamuje oddychanie surowców klimakteryjnych. Surowce klimakteryjne charakteryzują się okresem szybkiego dojrzewania (klimakterium) i zaliczamy do nich przykładowo: jabłka, gruszki czy pomidory. W przypadku surowców nieklimakteryjnych (dojrzewają powoli na roślinie macierzystej a ich jakość nie ulega poprawie po zbiorze), takich jak: wiśnie, truskawki, groch, papryka, ogórki, etylen przyspiesza oddychanie. Efekt intensyfikacji oddychania związany jest również ze światłem. Korzystne jest więc przechowywanie owoców i warzyw w ciemności. Po zbiorze należy również chronić surowce przed uszkodzeniem mechanicznym. Każde naruszenie struktury będące wynikiem np. załadunku czy transportu wywołuje reakcję obronną tkanki tzw. stres fizjologiczny i prowadzi do wzrostu tempa procesów oddechowych, w których tkanka próbuje wytworzyć energię niezbędną do „przeciwdziałania” niekorzystnym zmianom.

Kolejnym z procesów fizjologicznych mających wpływ na jakość surowca jest transpiracja. Polega ona na utracie wody z owoców i warzyw



poprzez skórę i aparaty szparkowe spowodowanej niższą wilgotnością względną powietrza, w otoczeniu surowca. Transpiracja może prowadzić do znacznych ubytków masy a co za tym idzie mniejszej odporności na działanie drobnoustrojów. Pogorszenie jakości w jej wyniku, dotyczy przede wszystkim warzyw liściowych, dla których kilku procentowy ubytek masy wiąże się z bardzo szybkim, widocznym pogorszeniem jakości. Surowiec traci jędrność, zachodzi degradacja błon komórkowych, zanika chlorofil, tym samym następuje żółknięcie surowca.

Należy również pamiętać, że w przypadku niektórych surowców w okresie pozbiorczym, komórki tworzące ich strukturę mogą nadal ulegać podziałom. Tym samym możemy mieć do czynienia ze wzrostem i rozwojem. Przykładem jest ziemniak z wyrastającymi pędami (kiełki) czy marchew z pojawiającymi w czasie przechowywania liśćmi. Procesy te w początkowym okresie przechowywania są hamowane poprzez inhibitory wzrostu wytwarzane w tkance surowca. Można je także ograniczyć poprzez zastosowanie chemicznych inhibitorów wzrostu (hydrazyd kwasu maleinowego, karbaminiany).

Po zbiorze surowców mogą zachodzić również zmiany związane z dojrzewaniem i starzeniem. Zalicza się do nich: twardnienie lub miękniecie tkanek, przemiany skrobi, zmiany barwy czy syntezę związków aromatycznych.

Spośród zmian fizjologicznych należałoby również wymienić choroby fizjologiczne, które powodują zmiany w procesach życiowych. Do jednych z istotniejszych należą uszkodzenia chłodowe związane z nieodpowiednią temperaturą przechowywania. W ich wyniku dochodzi do destrukcyjnych zmian w błonach komórkowych co prowadzi m.in. do:

- powstawania plam na powierzchni,
- przebarwień wewnętrznych tkanek,
- mięknięcia,
- większej podatności na skażenie mikrobiologiczne,
- zmian sensorycznych.



Szczególnie podatne na tego typu zmiany są surowce ciepłolubne takie jak: fasola szparagowa, ogórek, pomidor, arbuz, dynia, melon, oberżyna, papryka.

Kolejną grupą przemian, które będą decydowały o jakości surowca w okresie pozbiorczym będą przemiany biochemiczne. Często są one powiązane z procesami fizjologicznymi i prowadzą do zmiany zarówno składu, jak i cech sensorycznych owoców i warzyw. Do jednych z istotniejszych przemian tego typu należą zmiany zawartości witamin, cukrów czy związków pektynowych.

W przypadku witamin ich straty często związane są ze zmniejszeniem kwasowości środowiska. Przykładowo niskie pH ogranicza straty witaminy C. Kwasy organiczne mogą być zużywane jako substrat w procesach oddechowych, tym samym ich zawartość w tkance spada. Dodatkowo na degradację witamin wpływa wzrost temperatury podczas przechowywania, czy dostęp światła. Efektem tych przemian jest pogorszenie wartości odżywczej surowca.

Na zmianę jakości surowca mogą mieć również wpływ przemiany cukrów, w tym głównie skrobi. W niektórych surowcach dochodzi do jej hydrolizy do cukrów prostych, wykorzystywanych później jako substrat w procesach oddechowych. W innych z kolei, takich jak np. kukurydza cukrowa czy groch zielony, dochodzi do syntezy skrobi. W obu przypadkach mamy do czynienia ze zmniejszeniem zawartości cukrów prostych w tkance, co często przekłada się na pogorszenie cech sensorycznych. Podobnie jak w przypadku witamin, takie przemiany przyspiesza przechowywanie surowców nieschlodzonych w atmosferze powietrza.

Problemem w przechowywaniu owoców i warzyw jest również utrata jędrności. Wiąże się ona przede wszystkim z enzymatycznym rozkładem związków strukturotwórczych, w tym m.in. protopektyn występujących w blaszce środkowej, która spaja komórki.

Kolejnym czynnikiem wpływającym na jakość owoców i warzyw w okresie pozbiorczym jest wielkość skażenia mikrobiologicznego. Jego poziom może dochodzić do 10⁶ jtk (jednostek tworzących kolonie) na



1 g surowca. Rodzaj mikroorganizmów bytujących na danym surowcu uzależniony jest od jego składu, budowy oraz warunków uprawy. Zmiany jakości surowca mogą być związane zarówno ze wzrostem skażenia, jak i aktywnością enzymatyczną mikroorganizmów. Przykładowo, niektóre bakterie (np. z rodzaju *Pseudomonas*) mogą wytwarzać enzymy pektynolityczne powodujące mięknięcie tkanki czy śluzowacenie powierzchni surowca. W tabeli 1 przedstawiono przykłady typowej mikrobioty (mikroorganizmy, które żyją w określonym środowisku) owoców i warzyw.

Tabela 1 Mikrobiota owoców i warzyw

| Owoce | Warzywa |
|---|---|
| drożdże bakterie fermentacji mlekowej bakterie octowe bakterie z rodzaju: <i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Proteus</i> | mikrobiota glebowa: <i>Pseudomonas</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Enterobacter</i> pleśnie i drożdże beztlenowce przetrwalnikujące |

Na warzywach i owocach występują również bakterie chorobotwórcze (patogeny), takie jak: *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Yersinia enterocolitica*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* O157:H7. Problem stanowią również wirusy, w tym wirusy zapalenia wątroby typu A, rotawirusy (będące przyczyną biegunki u dzieci) czy norowirusy powodujące nieżyty żołądka i jelit.

Postępowanie po zbiorze

W tym paragrafie zostaną omówione metody ograniczenia wpływu procesów fizjologicznych, biochemicznych i mikrobiologicznych na jakość przechowywanych owoców i warzyw.



Mycie

Jednym z etapów postępowania pozbiorniczego jest mycie. Pozwala ono w dużej mierze zredukować skażenie mikrobiologiczne owoców i warzyw. Zabieg ten może być stosowany w przypadku gatunków, które nie są wrażliwe na kontakt z wodą. W niektórych krajach do mycia surowców roślinnych dopuszczone są różne substancje dezynfekujące tj. ozon czy ditlenek chloru. W Polsce możemy ograniczyć wielkość skażenia mikrobiologicznego w postępowaniu pozbiorniczym m.in. poprzez dezynfekcję wody stosowanej do mycia owoców i warzyw czy odkażając powierzchnie, z którymi mają one kontakt. Wśród preparatów biobójczych dopuszczonych do użytku są m.in. takie, które zawierają: podchloryn sodu, ditlenek chloru powstały z chlorynu sodu poprzez zakwaszenie, kwas podchloraowy powstały w wyniku elektrolizy roztworu chlorku sodu, nadtlenuk wodoru. Możliwe jest też zastosowanie ozonu. Informację na temat dostępnych preparatów do dezynfekcji możemy znaleźć na stronie internetowej <http://bip.urpl.gov.pl/pl/biuletyny-i-wykazy/produkty-biob%C3%B3jcz>.

Mechanizm dezynfekującego działania środków biobójczych najczęściej związany jest z uszkodzeniem błon komórkowych drobnoustrojów lub wnikięciem do ich wnętrza i zakłóceniem procesów życiowych.

Dezynfekujące działanie podchlorynu sodu może być ograniczone poprzez dużą ilość materii organicznej obecnej w wodzie przeznaczonej do mycia owoców i warzyw. Chlor reaguje ze związkami organicznymi tworząc niebezpieczne dla zdrowia halogenowane węglowodory. Ponadto aktywność podchlorynu osłabiana jest poprzez reakcję chloru z białkiem i jego pochodnymi, w wyniku czego mogą powstawać chloroaminy. Na efektywność podchlorynu ma również wpływ odczyn środowiska. Największą skuteczność wykazuje on w środowisku kwaśnym. Coraz częściej odchodzi się od zastosowania tego środka biobójczego ze względu na możliwość tworzenia znacznych ilości związków o charakterze kancerogennym poprzez reakcję z mikrozanieczyszczeniami.

Alternatywą dla podchlorynu sodu jest kwaśny chloryn sodu i kwas chlorowy (I) (kwas podchlorawy). Kwaśny chloryn sodu powstaje w reakcji chlorynu sodu z kwasami spożywczymi np. z kwasem cytrynowym. Jego działanie biobójcze oparte jest na niszczeniu błon komórkowych i hamowaniu metabolizmu mikroorganizmów. Powstałe w roztworze cząstki o działaniu przeciwdrobnoustrojowym, m.in. ditlenek chloru nie reagują z materią organiczną, tym samym nie powstają trihalometany i chloroaminy. Nie pojawia się również nieprzyjemny smak i zapach, który występuje w przypadku stosowania podchlorynu sodu.

Z kolei kwas podchlorawy możemy uzyskać poprzez elektrolizę wodnego roztworu chlorku sodu. Do uzyskania tzw. wody elektrolizowanej potrzebna jest komora elektrolityczna zawierająca katodę i anodę z lub bez membrany rozdzielającej. W komorze z membraną powstaje woda alkaliczna (przy katodzie), która zawiera wodorotlenek sodu i gazowy wodór oraz woda kwasowa (przy anodzie) z kwasem chlorowym (I), jodem chlorowym, chlorem gazowym i tlenem. W komorze bez membrany powstaje lekko kwaśna woda elektrolizowana. Za efekt biobójczy głównie odpowiedzialny jest kwas chlorowy (I), który hamuje metabolizm drobnoustrojów i wpływa destrukcyjnie na ich DNA. Kwas chlorowy (I) największą skuteczność wykazuje w środowisku o pH 4-5.

Do dezynfekcji wody używanej do mycia owoców i warzyw można również zastosować nadtlenek wodoru. Jest on silnym utleniaczem, wytwarzającym wolne rodniki. Rozkłada się do wody i tlenu, tym samym nie generuje szkodliwych pozostałości.

Podobny efekt możemy osiągnąć stosując ozon, który również nie pozostawia szkodliwych produktów, gdyż rozpada się do tlenu. Im wyższe pH środowiska i wyższa zawartość materii organicznej tym proces rozpadu zachodzi szybciej. Ozon ma silne właściwości utleniające. Można go uzyskać z czystego tlenu przy pomocy ozonatora. Ozon niszczy drobnoustroje poprzez uszkodzenie błon komórkowych (reaguje z nienasyconymi kwasami tłuszczowymi) lub reakcją z zasadami purynowymi i pirymidowymi oraz białkami budującymi enzymy. Może jednak powodować



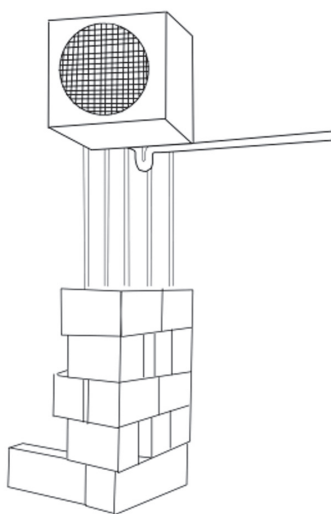
on korozję materiałów konstrukcyjnych. Jego poziom w powietrzu powinien być kontrolowany, gdyż jest toksyczny dla ludzi. Ozon można również wykorzystać do wyjaławiania powietrza w przechowalniach.

Chłodzenie

Istotną rolę w postępowaniu pozbiorczym odgrywa również chłodzenie. Przyczynia się ono do znacznego spowolnienia tempa procesów fizjologicznych i biochemicznych zachodzących w tkance roślinnej oraz ograniczenia skażenia mikrobiologicznego.

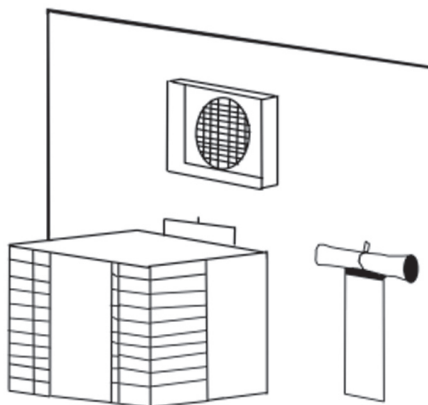
Wśród stosowanych metod możemy wyróżnić chłodzenie:

- **powietrzem** – metoda statyczna, owoce lub warzywa pozostawia się w komorze w temperaturze od 0° C do 4° C, czas chłodzenia w takich warunkach wynosi od 18 h do 48 h (Rys. 1);



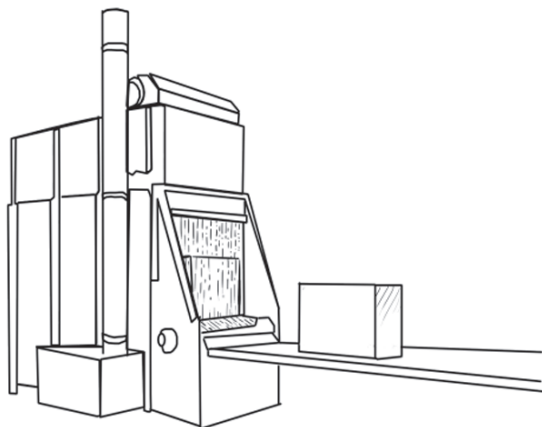
Rys. 1 Chłodzenie statyczne

- **ciśnieniowe** – polegające na wymuszonym obiegu zimnego powietrza (np. poprzez różnicę ciśnień) poprzez warstwy surowca co znacznie przyspiesza proces w porównaniu z metodą statyczną (Rys. 2);



Rys. 2 Chłodzenie ciśnieniowe

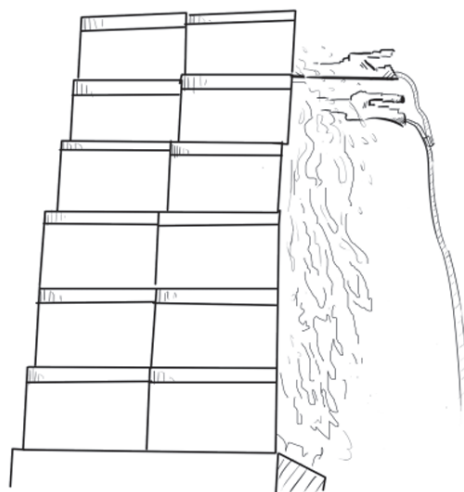
- **wodne** – stosuje się zimną wodę o temperaturze około 1°C, czas chłodzenia wynosi od 10 do 30 minut (Rys. 3);



Rys. 3 Chłodzenie wodne

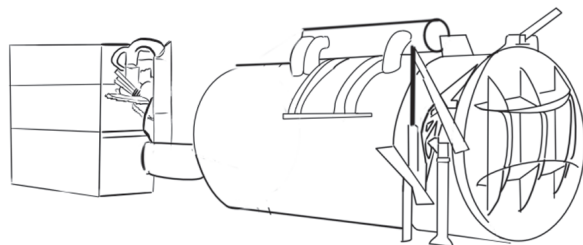


- **kruszonym lodem** – wykorzystywane najczęściej podczas transportu, przy czym opakowanie powinno być odporne na działanie wody i umożliwiać odpływ wody; metoda ta może być wykorzystywana do schładzania np. jarmużu, szpinaku, brokołu, brukselki;
- **płynnym lodem** – przy pomocy specjalnych maszyn dozuje się wodę z lodem do opakowań (Rys. 4);



Rys. 4 Chłodzenie płynnym lodem

- **próżniowe** – polega na umieszczeniu surowca w gazoszczelnej komorze i obniżeniu ciśnienia z 1010 hPa do 6-8 hPa, w wyniku parowania odebrane zostaje ciepło, czasami w procesie dochodzi do więdnięcia surowca, aby temu zapobiec stosuje się dodatkowy natrysk albo zrasza się surowce przed załadunkiem do komory. Ten sposób schładzania jest szczególnie polecany dla surowców o mocno rozwiniętej powierzchni np. warzyw liściowych, czas schładzania wynosi od 20 do 30 min. (Rys. 5).



Rys. 5 Chłodzenie próżniowe

Ograniczenie transpiracji

Do metod, które mogą przyczynić się zarówno do ograniczenia skażenia, jak i transpiracji należy traktowanie owoców i warzyw gorącą wodą lub parą wodną. Stosowana temperatura nie powinna prowadzić do uszkodzenia struktur komórkowych co pociąga za sobą znaczne pogorszenie jakości. Najczęściej stosuje się natrysk gorącą wodą o temperaturze około 50° C przez 10-30 s. Efektem takiej obróbki jest:

- obniżenie poziomu skażenia mikrobiologicznego,
- rozproszanie naturalnego nalotu woskowego po powierzchni co prowadzi do zasklepienia aparatów szparkowych i ograniczenia transpiracji,
- ograniczenie uszkodzeń chłodowych w przypadku owoców ciepłolubnych, z czym często wiąże się hamowanie syntezy etylenu i aktywności enzymów odpowiedzialnych za mięknięcie tkanki.

Do metod ograniczających transpirację należy również powlekanie powierzchni surowca woskiem, który tworzy tzw. powłokę jadalną. Powłoki są nanoszone na powierzchnię surowca poprzez zanurzenie lub natrysk. Uzupełniają one naturalną pokrywę woskową, która często jest usuwana podczas mycia. Składnikami powłok jadalnych są substancje naturalne tj. woski, polisacharydy, często dodaje się też emulgatory



i plastyfikatory (estry glicerolu i kwasów tłuszczowych). Powłoki jadalne oprócz hamowania transpiracji, ograniczają skażenie mikrobiologiczne i poprawiają wygląd zewnętrzny nadając powierzchni surowców atrakcyjny połysk.

Hamowanie procesu transpiracji można również uzyskać poprzez pakowanie owoców lub warzyw w folie o dużej przepuszczalności dla pary wodnej oraz tlenu i ditlenku węgla. Poza foliami przepuszczalnymi można stosować również opakowania makro- i mikroperforowane. Zastosowanie tego typu folii pozwala zmniejszyć kumulację pary wodnej w opakowaniu i zabezpiecza przed zbyt wysoką zawartością ditlenku węgla i warunkami beztlenowymi w atmosferze otaczającej surowiec.

Hamowanie wzrostu i dojrzewania

Jednym ze skuteczniejszych rozwiązań hamowania wzrostu i dojrzewania jest zastosowanie 1-metylocyklopropenu (1-MCP). Został on zarejestrowany jako regulator wzrostu do stosowania w szczelnie zamkniętych magazynach w ciągu jednej doby po zbiorze. Jest on nietoksycznym gazem, który może być stosowany w niewielkich dawkach. 1-MCP łączy się z receptorami etylenu w komórce, dzięki czemu tkanka jest mniej wrażliwa na etylen. Jego działanie jest związane z: opóźnieniem dojrzewania i starzenia owoców, hamowaniem procesów oddechowych, opóźnieniem zmian koloru i mięknięcia, obniżeniem produkcji etylenu czy ograniczeniem zmian chłodowych. Przy krótkim okresie przechowywania może on zastąpić przechowywanie w kontrolowanej atmosferze. 1-MCP dużą skuteczność wykazuje zwłaszcza w przypadku owoców klimakteryjnych.

Do hamowania wzrostu w okresie pozbiorczym możemy również zastosować etylen. Choć w większości przypadków przyczynia się on do przyspieszenia procesów życiowych i skrócenia okresu przechowywania to w niskich stężeniach może hamować wyrastanie szczypioru cebuli i kiełków w przypadku ziemniaków. Może być on stosowany w przecho-



walniach, komorach chłodniczych i gazoszczelnych. Jest on naturalnym hormonem roślinnym i może stanowić doskonałą alternatywę dla hydrazynu kwasu maleinowego.

Ograniczenie skażenia

W ostatnich latach podejmowane są również próby zastąpienia syntetycznych fungicydów stosowanych w postępowaniu pozbiornym, różnego rodzaju biopreparatami. Należą do nich ekstrakty roślinne (np. ekstrakt z pomarańczy) czy preparaty otrzymywane z bakterii.

Przechowywanie

Znaczne przedłużenie trwałości i zachowanie odpowiedniej jakości owoców i warzyw jest uwarunkowane nie tylko właściwym postępowaniem pozbiornym, ale również odpowiednimi warunkami przechowywania. Istotne znaczenie na tym etapie odgrywają takie parametry jak: temperatura, wilgotność względna oraz skład atmosfery otaczającej przechowywane surowce. Optymalną temperaturą jest temperatura jak najniższa. Dla większości surowców wynosi ona od 0° C do 1° C. W takich warunkach następuje ograniczenie tempa większości procesów życiowych, a jednocześnie nie dochodzi do zamarzania soku komórkowego. Zmrożenie tkanki prowadzi najczęściej do utraty jakości surowców. W tkance tworzą się kryształy lodu, które niszczą jej strukturę, powodują mięknięcie i wyciek soku komórkowego. Temperaturę przechowywania poniżej 0° możemy stosować jedynie w przypadku takich warzyw jak: por, chrzan, czosnek czy cebula. W przypadku surowców ciepłolubnych ta temperatura jest dużo wyższa i wynosi od 5° C do 13° C. Zabezpiecza ona surowce przed uszkodzeniami chłodowymi, które wiążą się np. z wyciekaniem soku komórkowego czy wewnętrznym zbrązowieniem mięszu. Podczas przechowywania nie powinno dochodzić do wahań temperatury. Jej poziom powinien być utrzymywany w zakresie $\pm 0,5^{\circ}$ C.



Kolejnym parametrem istotnym z punktu widzenia przechowywania jest wilgotność względna. Jest to stosunek zawartości pary wodnej w jednostce objętości powietrza mierzony w określonej temperaturze w stosunku do zawartości pary wodnej w powietrzu nasyconym. Wilgotność względna powietrza wyrażana jest procentowo. Zbyt niska wilgotność powietrza prowadzi do znacznych ubytków masy na skutek transpiracji. Ograniczeniu tempa tego procesu na etapie przechowywania będzie sprzyjać m.in. wstępne schłodzenie surowca. Wilgotność względna powietrza w czasie przechowywania uzależniona jest od gatunku surowca i może wahać się w zakresie od 50 % do 98 %. W tabeli 3 przedstawiono parametry przechowywania (temperatura, wilgotność względna) dla wybranych warzyw.

W celu ograniczenia tempa procesów życiowych często zmienia się skład atmosfery otaczającej surowiec. Technologia ta nosi nazwę przechowywania w kontrolowanej atmosferze. Polega ona na zmniejszeniu zawartości tlenu i podwyższeniu ditlenku węgla w porównaniu do atmosfery powietrza. Najczęściej do przechowywania owoców i warzyw wykorzystuje się skład atmosfery zawierający 5 % ditlenku węgla, 3 % tlenu i 92 % azotu.

Niższa zawartość tlenu niż w powietrzu przyczynia się do ograniczenia procesów oddechowych, opóźnia procesy dojrzewania i starzenia się surowców. Przy stężeniu tlenu poniżej 5 % obserwuje się mniejszą degradację chlorofilu oraz mniejsze zmiany zawartości witaminy C czy karotenoidów. W takich warunkach zahamowana jest biosynteza etylenu i ograniczona degradacja pektyn. Podwyższone stężenie ditlenku węgla pełni przede wszystkim rolę bakteriostatyczną oraz opóźnia wzrost, niektórych grzybów np. *Botritis cinerea*. Podobnie jak w przypadku tlenu, przyczynia się do ograniczenia tempa procesów oddechowych poprzez wpływ na aktywność enzymów biorących udział w glikolizie i cyklu Krebsa. Im wyższe stężenie ditlenku węgla tym lepszy efekt bakterio- i fungistatyczny. Jednak dla owoców i warzyw nie powinno się przekraczać 15-20 procentowego udziału tego gazu w atmosferze, gdyż prowadzi



to do fizjologicznych zmian w tkance, uszkodzenia błon komórkowych, wewnętrznego brunatnienia czy mięknięcia. Dla niektórych surowców skuteczne jest zastosowanie atmosfery o ultraniskiej zawartości tlenu, około 1-1,5 %. Jednak w takich warunkach konieczna jest ścisła kontrola warunków przechowywania, aby nie doprowadzić do beztlenowego przebiegu procesów oddechowych. Graniczne poziomy zawartości tlenu i ditlenku węgla w atmosferze wywołujące zmiany fizjologiczne dla wybranych owoców i warzyw przedstawiono w Tabeli 2.

Tabela 2 Graniczne poziomy zawartości tlenu i ditlenku węgla w atmosferze wywołujące uszkodzenia fizjologiczne wybranych owoców i warzyw (źródło: Kader, 1989,1993)

| Surowiec | Zawartość CO ₂ (%) | Zmiany | Zawartość O ₂ (%) | Zmiany |
|---------------------|-------------------------------|--|------------------------------|-----------------------------|
| morele | >5 | straty aromatu, brązowienie mięszu | <1 | obcy zapach |
| jeżyny | >25 | obcy zapach | <2 | obcy zapach |
| borówka amerykańska | >25 | brązowienie skórki, obcy zapach | <2 | obcy zapach |
| żurawina | - | - | <1 | obcy zapach |
| śliwki | >1 | brązowienie mięszu | <1 | nie dojrzewają, obcy zapach |
| maliny | >25 | brązowienie mięszu, obcy zapach | <2 | obcy zapach |
| szparagi | >15 | straty masy, większa podatność na uszkodzenia chłodnicze obcy zapach | <10 | zmiana barwy |
| fasola | >7 | brązowienie liści | <5 | obcy zapach |
| kapusta | >10 | mięknięcie, | <2 | obcy zapach |
| ogórki | >10 | przebarwienia, większa podatność na uszkodzenia chłodowe | <1 | obcy zapach |

W ostatnich latach podejmowane są też próby przechowywania owoców i warzyw w atmosferze takich gazów jak hel, argon, tlenek azotu czy podtlenek azotu. Atmosfera bogata w argon i hel może modyfikować wnikanie takich gazów do tkanki jak tlen, azot czy etylen. Argon i hel ze względu na mniejszy rozmiar cząsteczki szybciej dyfundują do tkanki niż dwuatomowy azot. Przykładowo w atmosferze zawierającej 90 % Ar + 2 % tlenu stwierdzono mniejsze straty polifenoli (związków o potencjalnie przeciwutleniających) w sałacie niż w próbach zapakowanych w azocie i tlenie. Straty tych związków są często związane z ich utlenianiem w obecności tlenu. Z kolei zastosowanie atmosfery zawierającej 50, 80 lub 100 kPa podtlenku azotu powodowało 50 % redukcję intensywności oddychania cebuli przechowywanej przez 5 dni w temperaturze 18°C w porównaniu do prób przechowywanych w atmosferze powietrza. Odnotowano również, że zastosowanie tlenku azotu hamuje dojrzewanie zarówno w przypadku surowców klimakteryjnych, jak i nieklimakteryjnych. Na etapie badań jest również zastosowanie atmosfery podwyższonej w stosunku do powietrza koncentracji tlenu. W przypadku zastosowania atmosfery o zawartości tlenu powyżej 80 kPa odnotowuje się efekt bakterio – i fungistyczny zbliżony do tego, który można uzyskać przy 15-20 % zawartości ditlenku węgla w atmosferze.

Skład atmosfery, w którym surowiec zachowuje swoją dobrą jakość jest w dużej mierze uzależniony od gatunku a często nawet od odmiany. Jak wynika z danych przedstawionych w Tabeli 2, owoce charakteryzują się różną tolerancją na podwyższony bądź obniżony poziom tlenu czy ditlenku węgla w atmosferze. Istnieją również surowce (np. burak ćwikłowy czy pomidor), w przypadku których przechowywanie w kontrolowanej atmosferze nie przyczynia się do przedłużenia trwałości i jest bezcelowe. W Tabeli 3 przedstawiono przykładowe składy atmosfery kontrolowanej stosowane w przechowywaniu wybranych warzyw z uwzględnieniem okresu przechowywania.



Tabela 3 Warunki przechowywania wybranych warzyw*(źródło: Adamicki, Czerko, 2002)*

| Gatunek | Temperatura [° C] | Wilgotność względne [%] | Skład atmosfery | | Okres przechowywania |
|----------------------|----------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | | CO ₂ [%] | O ₂ [%] | |
| ogórek | 12-13 | 95-98 | 0-4 | 3-5 | 7-21 dni |
| pomidor | 10-13 | 95-98 | - | - | 7-14 dni |
| sałata | 0 | 85-90 | 0-3 | 1-3 | 14-21 dni |
| szpinak | 0 | 95-98 | 5-10 | 7-10 | 1-14 dni |
| brokuł | 0 | 95-98 | 0-5 | 1-3 | 2-10 tygodni |
| kalafior | 0 | 95-98 | 2,5 | 3 | 2-10 tygodni |
| kapusta pekińska | 0-3 | 95-98 | 1-2,5 | 1-2 | 3-5 miesiąca |
| papryka | 7-10 | 90-95 | 0-2 | 3 | 3,5 tygodnia |
| burak ćwikłowy | 1-2 | 95-98 | - | - | 4-5 miesięcy |
| cebula | 0 | 65-75 | 2-5 | 2-3 | 8-12 miesięcy |
| czosnek | 0-1 | 60-70 | 5-10 | 0,5-5 | 4-9 miesięcy |
| kapusta głowiasta | 0 | 90-95 | 5 | 2,5-5 | 6-8 miesięcy |
| marchew | 0-1 | 95-98 | 3-4 | 2-3 | 8-10 miesięcy |
| pietruszka | 0-1 | 95-98 | - | - | 6-7 miesięcy |
| por | -1,5-0 | 95-98 | 5-10 | 1-3 | 3-5 miesięcy |

Do przechowywania warzyw i owoców w kontrolowanej atmosferze wykorzystuje się chłodnie z izolacją gazoszczelną. Modyfikacja atmosfery może być wynikiem procesów oddechowych zachodzących w tkance przechowywanych surowców. Następuje wówczas redukcja zawartości tlenu zawartego w powietrzu, przy jednoczesnym wzroście stężenia ditlenku węgla. Modyfikację atmosfery można przeprowadzić również w sposób wymuszony poprzez generatory kontrolowanej atmosfery. Nadmiar ditlenku węgla, który uwalnia się w procesach oddechowych może być elimino-

wany poprzez zastosowanie płuczek ze złożem węgla aktywowanego, czy poprzez użycie wapna hydratyzowanego umieszczonego w papierowych workach. Bardzo istotna z punktu widzenia przedłużenia trwałości owoców i warzyw jest również kontrola poziomu etylenu w komorze. Zmniejszenie poziomu tego gazu można osiągnąć chociażby poprzez odpowiedni dobór surowców do przechowywania w jednej komorze. Przykładowo nie powinno się składować w tej samej przestrzeni przechowalniczej, wydzielających etylen jabłek i warzyw zielonych, w przypadku których etylen będzie powodował żółknięcie. Zmniejszenie ilości etylenu w atmosferze można również osiągnąć przez różnego rodzaju absorbery.

Optymalny skład atmosfery, który pozwala zarówno przedłużyć trwałość, jak i utrzymać dobrą jakość jest ściśle powiązany z cechami gatunkowymi przechowywanych surowców. Dlatego też przechowywanie w kontrolowanej atmosferze może odbywać się w różnych komorach:

- gazoszczelnych o zawartości tlenu do 16 % i ditlenku węgla do 5 %,
- ze standardowym składem do 5 % ditlenku węgla i do 3 % tlenu,
- o niskim stężeniu tlenu do 2 % i do 3 % ditlenku węgla
- o ultraniskiej zawartości tlenu 1,5 % i 2,5 % ditlenku węgla.

Atmosfera ta uzupełniona jest do 100 % azotem.

Alternatywą dla przechowywania owoców i warzyw w komorach w kontrolowanej atmosferze może być przechowywanie w opakowaniach ze zmodyfikowaną atmosferą. Taką metodą często wykorzystuje się do przedłużenia trwałości surowców mniej trwałych np. owoców jagodowych. Wykorzystując tą technikę możemy przechowywać różne surowce wymagające odmiennych warunków w obrębie tej samej powierzchni przechowalniczej. W tym celu możemy wykorzystać różne systemy służące do kreowania zmodyfikowanej atmosfery w otoczeniu surowca.

Podobnie jak ma to miejsce podczas przechowywania w chłodniach z kontrolowaną atmosferą, do uzyskania modyfikacji możemy wykorzystać zależność pomiędzy przepuszczalnością opakowania a procesami oddechowymi zachodzącymi w tkance. Pakując surowiec w folie opakowaniowe o odpowiedniej przepuszczalności dla gazów i pary wodnej



możemy regulować skład atmosfery otaczającej surowiec. Takie podejście umożliwia uzyskanie tak zwanej atmosfery równowagowej (Equilibrium Modified Atmosphere – EMA), która ustala się podczas przechowywania i jest optymalne dla danego surowca. W tym celu w zależności od intensywności procesów oddechowych i transpiracji zachodzących w tkance, stosuje się folie o odpowiednio dobranej przepuszczalności dla tlenu, ditlenku węgla i pary wodnej. Wykorzystywane materiały opakowaniowe to m.in. polietylen o niskiej i ultraniskiej gęstości (LDPE i ULDPE), kopolimer etylenu i octanu winylu (EVAC), orientowany polipropylen. Mogą to być również folie mikroporowate i mikroperforowane, z perforacją o średnicy 5-500 μm . Mikroperforacje można uzyskać laserowo. Pozwala ona również na dodatkowe modyfikowanie przepuszczalności folii.

System modyfikowania składu i wilgotności atmosfery otaczającej surowiec w postaci worków może być stosowany zarówno do kartowych opakowań, jak i do przykrycia palet. Opakowania te mogą być również wykorzystywane w transporcie i handlu (Fot. 1).



Fot. 1. Worki Xtend (źródło: <https://puch.com.pl/>)

Do przechowywania palet w atmosferze modyfikowanej „dopasowanej” do surowca można również stosować systemy, w których skład atmosfery otrzymywany jest w sposób wymuszony. System taki składa się z worka otaczającego paletę, połączonego poprzez system wężyków poliakrylowych z systemem dozującym odpowiedni skład gazowy do atmosfery otaczającej przechowywany surowiec. Zaletą takiego systemu jest możliwość ustawienia odmiennego składu atmosfery dla każdej przechowywanej palety (Fot. 2).



Fot. 2. System Palliflex

(źródło: <https://www.termopolice.com/kontrolowana-atmosfera-ulo/palliflex400>)

Kolejnym rozwiązaniem jest zastosowanie palet z pokrywami, w których umieszczone są membrany (1-6) o selektywnej przepuszczalności dla tlenu i ditlenku węgla. Skład atmosfery wewnątrz pojemnika jest wynikiem procesów oddechowych a otwarcie odpowiedniej ilości okien z membranami umożliwia regulowanie składu atmosfery wewnątrz palety (Fot. 3).



Fot. 3. Moduły Janny MT

(źródło: <https://puch.com.pl/>)

Wyżej wymienione systemy dają możliwość przechowywania surowców w zmodyfikowanej atmosferze bez konieczności posiadania gazoszczelnej komory. Można je stosować w komorach chłodniczych, gdzie składowanie odbywa się w atmosferze powietrza. Modyfikacje atmosfery kreuje się wewnątrz worka lub plastikowej skrzyni.



Podsumowanie

Na etapie postępowania pozbiorczego i przechowywania mamy do czynienia nie tylko z pogorszeniem jakości owoców i warzyw, ale również ze stratami masy surowca, które mogą sięgać nawet 30 % – 40 %. Czynniki, które należy uwzględnić, aby zachować dobrą jakość surowców podczas przechowywania i obrotu towarowego to: odpowiednia jakość w momencie zbioru, wczesne mycie, chłodzenie, prowadzące do ograniczenia poziomu skażenia i tempa procesów fizjologicznych oraz biochemicznych. Trwają również badania nad wykorzystaniem na etapie pozbiorczym promieniowania UV lub obróbki ultradźwiękowej, która miałyby np. wspomagać proces mycia. Coraz więcej uwagi poświęca się również technologiom przyjaznym środowisku np. zastosowaniu biopreparatów zamiast syntetycznych fungicydów. Z kolei na etapie przechowywania istotne jest stosowanie optymalnych warunków, w tym: temperatury, wilgotności względnej i składu atmosfery, które uzależnione są zarówno od gatunku, jak i odmiany surowca. Nowoczesne podejście do przechowywania to m.in. zastosowanie 1-metylocyklopropenu i modyfikacja atmosfery. Ciekawe wydają się zwłaszcza systemy kreowania składu atmosfery poprzez zastosowanie worków o odpowiedniej przepuszczalności czy modułów z membranami, w których możliwe jest uzyskanie modyfikacji atmosfery bez konieczności posiadania gazoszczelnej komory.

Stosowanie odpowiednich metod w postępowaniu pozbiorczym i warunków przechowywania pozwala nie tylko zachować dobrą jakość owoców i warzyw, ale również skutecznie przedłużyć ich trwałość, przy ograniczeniu strat masy.

Literatura:

Adamicki, F. (2008). *Postęp w rozwoju nowych technologii w przechowalnictwie warzyw*. Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych, 527, 15-27.

Adamicki, F., & Czerko, Z. (2002). *Storage of fruits and vegetables*. PWRiL, Poznań.

<http://bip.urpl.gov.pl/pl/biuletyny-i-wykazy/produkty-biob%C3%B3jcz>

Feliziani, E., Lichter, A., Smilanick, J. L., & Ippolito, A. (2016). *Disinfecting agents for controlling fruit and vegetable diseases after harvest*. Postharvest Biology and Technology, 122, 53-69.

Gajewski, M. *Przechowalnictwo warzyw*. 2001. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

Joshi, K., Mahendran, R., Alagusundaram, K., Norton, T., & Tiwari, B. K. (2013). *Novel disinfectants for fresh produce*. Trends in Food Science & Technology, 34(1), 54-61.

Kader, A. A., Zagory, D., Kerbel, E. L., & Wang, C. Y. (1989). *Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables*. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 28(1), 1-30.

Kader, A. A. (1994). *Regulation of fruit physiology by controlled/modified atmospheres*. Postharvest Physiology of Fruits 398, 59-70.

Krosowiak, K., Śmigielski, K., & Dziugan, P. (2007). *Zastosowanie ozonu w przemyśle spożywczym*. Przemysł spożywczy, 11(61), 26-29.

<https://puch.com.pl/>

<https://www.termopolicy.com/kontrolowana-atmosferaulo/palliflex400>



Notatki:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Poznaniu
60-163 Poznań, ul. Sieradzka 29
Tel. 61 8630411
wodr@wodr.poznan.pl
www.wodr.poznan.pl

Wydawca:

Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Poznaniu
Nakład: 1000 egz.