

# WARUNKI PRZECHOWYWANIA OWOCÓW I SKUTKI ICH NIEPRZESTRZEGANIA

inż. Przemysław MIŁOSZ  
Wydział Mechaniczny  
Politechnika Gdańska



Ze względu na rosnące wymagania jakościowe owoców i warzyw oraz dużą konkurencję na tym rynku, niezbędnym elementem jest prawidłowe przechowywanie zebranych produktów. Dzięki ciągłym badaniom wpływu takich parametrów powietrza, jak np. temperatura, wilgotność względna, czy skład gazowy atmosfery oraz nieustannie rozwijającej się technologii, możliwe jest wydłużanie okresu ich przechowywania bez strat na jakości.

Obecnie, producenci owoców mają duży wybór technologii ich przechowywania. Te najnowocześniejsze, opierające się na modyfikowaniu składu powietrza omywającego produkty są droższe w budowie, ponieważ trzeba zastosować dodatkowe urządzenia i odpowiednio zabezpieczyć komory chłodnicze, ale inwestycja ta zwraca się już po kilku sezonach. Jest to możliwe, ponieważ oferowany produkt jest wysokiej jakości i można go wypuścić na rynek w okresie, gdy jest go najmniej.

## PROCESY FIZJOLOGICZNE ZACHODZĄCE W OWOCACH I WARZYWACH

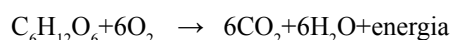
Nie wszystkie owoce nadają się do długiego przechowywania. Zasadnicze znaczenie w tej kwestii ma ich odmiana. Do kilkumiesięcznego magazynowania powinno się wybierać owoce jesienne i zimowe. Jednak jest jeszcze kilka innych czynników, na które należy zwracać uwagę przy ich wyborze. Sam wybór odpowiedniej odmiany nie zapewni sukcesu w przechowywaniu, jeżeli owoce zostały zebrane w niewłaściwy sposób i są złej jakości.

Owoce i warzywa są organizmami żywymi zarówno podczas okresu wegetacyjnego, jak i podczas ich magazynowania. W związku z tym w zwykłych przechowalniach, jak i chłodniach zachodzą procesy fizjologiczne, których nie da się całkowicie wyeliminować, ale dzięki niektórym zabiegom technicznym można je z powodzeniem spowolnić. Do tych procesów zalicza się m.in.: oddychanie, dojrzewanie i transpirację.

### 1.1 Proces oddychania

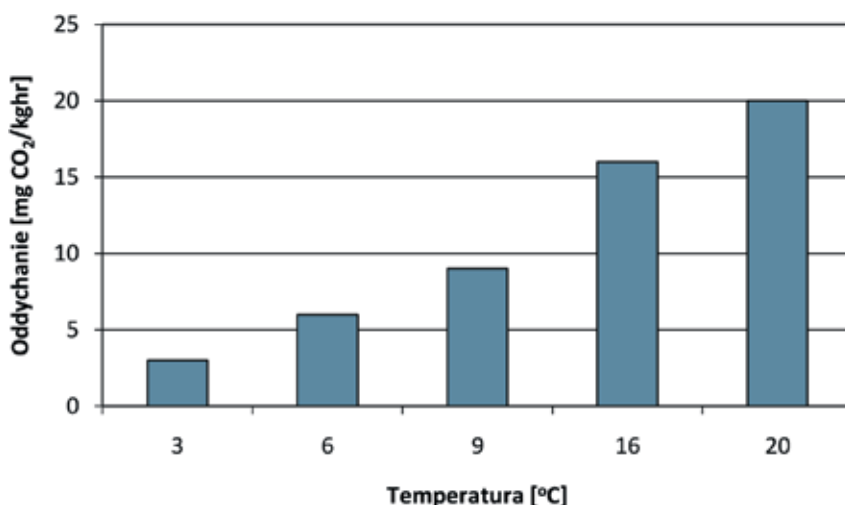
Aby mógł zajść proces oddychania, nie-

zbędnym jego składnikiem jest tlen, przy pomocy którego spalane są związki organiczne, głównie cukry proste, wytworzone w procesie fotosyntezy. Uproszczony zapis oddychania tlenowego (aerobowego), w którym jedna cząsteczka glukozy ulega spalaniu, można przedstawić następująco:



Stosunek objętości dwutlenku węgla, który jest wydychany w tym procesie do objętości wdychanego tlenu nosi nazwę **współczynnika oddechowego (WO)**. Dzięki niemu możemy się dowiedzieć, jakie produkty zostały wykorzystane do wytworzenia energii. W warunkach normalnych współczynnik WO mieści się w granicach jedności. Jeżeli owoce nie mają dostatecznej ilości tlenu lub są przechowywane w zbyt wysokiej temperaturze, wówczas może zajść oddychanie beztlenowe (anaerobowe). W wyniku tego procesu powstają takie produkty przejściowe, jak: aldehyd octowy i alkohol etylowy. Jeżeli proces oddychania anaerobowego trwa za długo, to tkanki owoców obumierają, co wiąże się z nieprzyjemnym ich smakiem i zapachem. Intensywność oddychania roślin określa przebieg procesów metabolicznych w nich zachodzących. Im wolniej one zachodzą, tym wolniej następują reakcje przyspieszające dojrzewanie, starzenie i na koniec zamieranie komórek [10].

Jabłka należą do owoców klimakterycznych, co ozna-



Rys. 1 Wpływ temperatury na intensywność oddychania owoców [1]

cza, że po przekroczeniu punktu nazywanego minimum przedklimakterycznym, procesy biologiczne takie jak oddychanie i dojrzewanie, gwałtownie w nich przyspieszają.

Empirycznie udowodniono, że po podwyższeniu temperatury owoców i warzyw o 10 K, procesy biochemiczne które w nich zachodzą wzrastają dwu, a nawet trzykrotnie. Jeżeli natomiast obniżymy ich temperaturę o 10 K, to procesy te zwolnią dwu, trzykrotnie. Jest to tzw. **reguła Van't Hoffa**, której podlegają wszystkie tego rodzaju procesy (rys.1).

## 1.2 Proces dojrzewania

Dokładne określenie dojrzałości owoców jest niezwykle trudne lub wręcz nawet niemożliwe, ponieważ nie jest ono punktem stałym ich życia. W praktyce dojrzewanie zaczyna się od zapylenia, a kończy zepsuciem. Smak i konsystencja zależy od tego, na jakim etapie dojrzałości jest dany owoc. Za wszystkie zmiany podczas tego fizjologicznego procesu odpowiada szereg różnorodnych przemian biochemicznych. Pierwszą z nich jest hydroliza, której ulega skrobia. Powstają w jej efekcie prostsze cukry, spalane w procesie oddychania. Owoce bardziej dojrzałe są słodsze, ponieważ z czasem maleje w nich zawartość glukozy, a zwiększa się zawartość fruktozy. Zawartość dwucukru jakim jest sacharoza, również się w tym czasie zmniejsza, podobnie jak zawartość kwasów organicznych, głównie kwasu jabłkowego. Z punktu widzenia konsumenta, stosunek kwasów organicznych do cukrów jest bardzo ważny, gdyż decyduje on o smaku owocu.

Podczas dojrzewania zmianom ulegają także substancje pektynowe, które są naturalnym składnikiem roślin. Jeżeli występują one w połączeniu z celulozą, to nazywane są protopektyną. Odpowiada ona za łączenie poszczególnych komórek, głównie w owocach niedojrzałych. Kiedy ulegają one zmniejszeniu, ilość pektyn rozpuszczalnych wzrasta. W wyniku zachodzących przemian, jędrność owoców się zmniejsza. Można to w pewnym stopniu regulować, przechowując produkt w specjalnych warunkach. Za nadawanie owocom charakterystycznej cierpkości, odpowiadają takie związki chemiczne, jak polifenole i garbniki, których udział również maleje wraz z postępującym etapem dojrzewania. Za żółtą barwę owoców odpowiadają karotenoidy, które uwidoczniają się dzięki temu, że chlorofil jest degradowany przez enzymy [9].

## Rola etylenu w dojrzewaniu owoców

Owoce klimakteryczne wymagają, aby ich zbiory przeprowadzać w czasie, gdy znajdują się one w tzw. **minimum klimakterycznym**. Aby precyzyjnie określić ten czas, należało znaleźć wskaźnik, który by to umożliwił. Idealnym rozwiązaniem okazał się pomiar etylenu (tab. 1).

**Etylen**, to naturalny hormon, który bierze udział w regulacji procesów wzrostu i rozwoju roślin. Jest on węglowodorem nienasyconym o wzorze chemicznym  $C_2H_4$ . W stężeniu na poziomie działania hormonalnego jest praktycznie bezzapachowy, natomiast w większym stężeniu po-

siada charakterystyczny słodkawy zapach. Jest bezbarwny. Pełni rolę stymulatora w reakcjach enzymatycznych, które bezpośrednio prowadzą do dojrzewania owoców.

Ilość wydzielanego etylenu zależy od stopnia dojrzałości owoców. Niewielkie ilości tego gazu są produkowane przez owoce niedojrzałe, jednak gdy już przekroczą one szczyt klimakteryczny, jego wytwarzanie szybko wzrasta i utrzymuje się na wysokim poziomie, ponieważ katalizuje swoją syntezę. Cały ten proces nosi nazwę autokatalitycznej produkcji etylenu [9]. W przechowalnictwie owoców znaczenie tego alkeny jest bardzo duże, ze względu na zdolność do przyspieszania dojrzewania przez zwiększenie intensywności oddychania. Udowodniono jednak, że dzieje się tak tylko w przypadku owoców, które nie osiągnęły dojrzałości konsumpcyjnej.

Etylen posiada właściwości przyspieszające dojrzewanie tylko w wyższych temperaturach. Dlatego w temperaturze 6°C działa słabo, a gdy temperatura spadnie do 0°C te zdolności traci. Nie bez znaczenia jest również stan fizyczny owoców. Udowodniono, że owoce uszkodzone mechanicznie lub będące w fazie gnicia produkują znacznie większe ilości tego gazu. Jego obecność może być zarówno korzystna, jak i szkodliwa. Wszystko zależy od tego, jaki rodzaj rośliny jest wystawiony na jego działanie oraz w jakim stopniu dojrzałości się aktualnie ona znajduje.

Istnieje kilka sposobów na ograniczenie negatywnego wpływu tego alkeny. Podstawą jest utrzymywanie partii owoców w stałej i niskiej temperaturze. Nie powinny one zawierać żadnych uszkodzeń mechanicznych, powstałych podczas wegetacji lub niewłaściwego zbioru. W jednej komorze powinny znajdować się owoce o zbliżonym stopniu dojrzałości. Wiedząc, że produkcja etylenu przebiega w obecności tlenu, dodając między innymi dwutlenek węgla, można tak regulować stężenie tych gazów w otaczającej atmosferze, aby kontrolować prędkość biosyntezy tego hormonu. Ścisłej rzecz ujmując, zgodnie z zasadami kinetyki chemicznej, aby zmniejszyć wytwarzanie etylenu, należy zmniejszyć poziom tlenu, a zwiększyć stężenie dwutlenku węgla. Możliwe jest również stosowanie różnego rodzaju inhibitorów biosyntezy etylenu. W nowoczesnych chłodniach stosuje się urządzenia służące do filtracji powietrza, aby oddzielić gazy w danym momencie wpływające niekorzystnie na owoce [10].

## 1.3 Proces transpiracji

Przez pojęcie transpiracji rozumiemy utratę wody w wyniku jej odparowania (rys.2). Jest to jedna z głównych przyczyn ubytku masy przez owoce podczas przechowywania. Drugą przyczyną jest utrata węglowodanów w wyniku oddychania, jednak ma ona dużo mniejsze znaczenie. Ten proces odbywa się ciągle, nawet w czasie gdy owoce znajdują się jeszcze na drzewie. Dzięki korzeniom, mogą one jednak stale odnawiać ubytek wody.

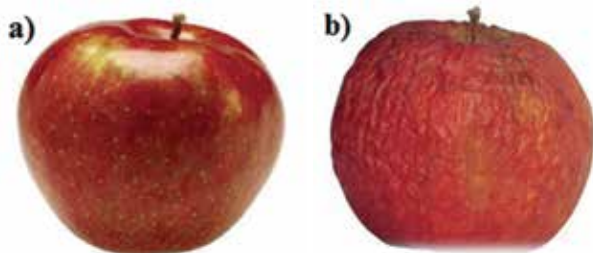
Po zbiorach, można z powodzeniem zmniejszyć szybkość transpiracji przez przechowywanie produktów w warunkach ograniczających utratę wilgotności. Tylko w gazoszczelnych komorach chłodniczych, takie warunki udaje

**Tab. 1** Klasyfikacja wybranych produktów ogrodniczych pod względem produkcji etylenu [1]

Klasa	Tempo produkcji $C_2H_4$ w temp. 20°C [mg $C_2H_4$ kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ]	Produkt
Bardzo niska	<0,1	Szparagi, kalafior, wiśnie, owoce cytrusowe, winogrona, truskawki, warzywa liściowe, korzeniowe, ziemniaki,
Niska	0,1-1,0	Jeżyny, borówki, melony, żurawina, ogórki, maliny, oliwki, daktyle, ananas
Średnia	1,0-10,0	Banany, figi, mango, pomidory
Wysoka	10,0-100,0	Jabłka, morele, awokado, kiwi (dojrzałe), nektaryny, papaja, brzoskwinie, gruszki, śliwki
Bardzo wysoka	>100,0	Owoce passiflory

się utrzymać. W wyniku transpiracji strata masy owoców może dochodzić nawet do 10% ich masy początkowej. W rezultacie, po kilkumiesięcznym przechowywaniu np. 100 ton jabłek w nieodpowiednich warunkach, będzie można sprzedać tylko 90 ton, ponieważ reszta „wyparuje”. Są to gigantyczne straty dla producentów.

Za wielkość transpiracji odpowiada głównie temperatura powietrza i jego wilgotność. Stosunek rzeczywistej zawartości pary wodnej do jej zawartości maksymalnej w danej objętości i temperaturze, nosi nazwę **wilgotności względnej**. Jest to ważny parametr, ponieważ spadek jego wartości zwiększa niedobór pary wodnej. W nowoczesnych komorach gazoszczelnych wilgotność względna powietrza wynosi ok. 97%, natomiast w chłodniach zwykłych i przechowalniach od 88% do 92%.



Rys. 2 Wpływ nadmiernej transpiracji na jakość jabłka [2]: a) owoc świeży, b) owoc składowany przy zbyt niskiej wilgotności względnej w komorze.

**Reasumując**, na jakość owoców podczas przechowywania, wpływ mają procesy, których zrozumienie daje możliwość efektywnego ograniczania strat. Owoce zerwane i zamknięte w komorze chłodniczej są pozbawione możliwości samodzielnego uzupełniania związków organicznych oraz wody. Z tego powodu opracowywane są metody, aby zapasy tych substancji zgromadzone w okresie wegetacji wystarczały na jak najdłuższy okres.

## 2 WARUNKI PRZECHOWYWANIA OWOCÓW

Producenci owoców, aby sprzedać swój produkt muszą spełniać coraz większe wymagania jakościowe. W dzisiaj-

szych czasach konkurencja na tym rynku jest tak duża, że każde zaniedbanie w tej kwestii może przynieść olbrzymie straty. Konsument wymaga, aby owoc który kupuje był odpowiednio jędrny, miał określoną zawartość ekstraktu i kwasów. Ważne jest również, aby produkt był dostępny kilka miesięcy po zbiorze i nie odbiegał jakością od świeżo zerwanych owoców. Aby było to możliwe, należy zapewnić im określone warunki przechowywania.

### 2.1 Temperatura

Głównym czynnikiem wpływającym na jakość owoców podczas przechowywania jest **temperatura**. Ma ona bezpośredni wpływ na szybkość procesów metabolicznych oraz na występowanie różnego rodzaju grzybów chorobotwórczych powodujących gnicie. Z tego powodu kluczowym problemem po zbiorze owoców jest jak najszybsze obniżenie ich temperatury. Aby było to możliwe, komory chłodnicze przygotowuje się już kilka dni przed planowanym załadunkiem. Czynność ta polega na załączeniu urządzeń obniżających temperaturę powietrza wewnątrz chłodni, aby pozbyć się zakumulowanego ciepła w stropie, ścianach i podłodze.

Aby owoce zachowały wysoką jakość, zainstalowany system chłodniczy powinien umożliwić ich wstępne schłodzenie do temperatury ok. 5°C w czasie nie dłuższym niż 24 godziny od zbioru. Dokonanie tego w ustalonym czasie jest możliwe tylko wówczas, jeżeli urządzenia chłodnicze będą miały odpowiednią wydajność, dostosowaną do ilości owoców umieszczanych codziennie w komorze. Projektant systemu chłodzenia, aby prawidłowo dobrać te urządzenia musi dysponować wiedzą, czy komora o danej pojemności będzie załadowana w ciągu dwóch, czy może w ciągu dziesięciu dni. Niestety, wciąż można spotkać instalacje za małe lub wręcz przewymiarowane. Jeżeli owoce będą przechowywane w komorze z normalną atmosferą, to zakłada się, że jej pełne załadowanie potrwa najwyżej dziesięć dni, natomiast w komorach gazoszczelnych ten czas jest krótszy i powinien wynieść maksymalnie siedem dni.

Gdy komory są już wypełnione, należy jak najszybciej dochłodzić owoce do temperatury optymalnej dla danej odmiany. W przypadku jabłek powinno się to przeprowadzić w okresie czterech do sześciu dni. Zbyt szybkie

obniżanie temperatury doprowadziłoby do powstania uszkodzeń chłodowych, a w konsekwencji do strat. Oczywiście są pewne wyjątki. Przykładem tego mogą być jabłka odmiany Wealthy, które bez żadnych obaw umieszcza się w komorze o temperaturze 0°C bezpośrednio po zbiorze. Niestety, obecnie praktycznie nie ma możliwości technicznych, aby utrzymać stałą wartość temperatury w komorze chłodniczej. Niewielkie zmiany tego parametru wynikają z histerezy termostatu. Ważne jest, aby po dochłodzeniu owoców, temperatura ich miąższu nie miała wahań większych niż 0,5 K wartości wymaganej. Dzięki temu ogranicza się wydzielanie ciepła w procesie respiracji i tym samym podwyższenia temperatury wewnątrz komory.

## 2.2 Wilgotność powietrza

Zawartość wilgoci w atmosferze przechowalniczej ma duży wpływ na wygląd, a tym samym na jakość owoców. Każdy organizm żywy w dużym stopniu składa się z wody, która w sprzyjających warunkach wyparowuje. Producenci owoców zwracają na ten proces dużą uwagę, ponieważ od tego, jak ich produkt się prezentuje zależą ich zyski. Pierwszą rzeczą na którą konsument zwraca uwagę podczas zakupu, jest wygląd. Z pewnością wybierze owoc, który prezentuje się atrakcyjnie, tzn. jest jędrny, ma odpowiednią barwę i połysk, a nie ten któremu tych cech brakuje.

Z tego powodu producenci coraz częściej decydują się na przechowywanie owoców w komorach gazoszczelnych. Przekonuje ich do tego m.in. fakt, że w tych obiektach łatwiej utrzymać wilgotność na wymaganym poziomie. Oczywiście podstawowym warunkiem jest prawidłowe dobranie i eksploatacja urządzeń chłodniczych.

Aby można było zachować względnie stały poziom wilgotności w komorze chłodniczej, niezbędnym warunkiem jest szczelność ścian i zastosowanie dobrej izolacji cieplnej w ich konstrukcji. Uniemożliwia to transport pary wodnej z wnętrza komory na zewnątrz w procesie dyfuzji. Często niedocenianym, a szczególnie ważnym etapem podczas projektowania instalacji chłodniczej jest prawidłowy dobór chłodnic powietrza. Większa wilgotność względna będzie możliwa do utrzymania w komorze, w której zainstalowano chłodnice o dostatecznie dużej powierzchni wymiany ciepła. Różnica pomiędzy temperaturą parującego czynnika w chłodnicy, a temperaturą powietrza w komorze również ma ogromny wpływ na wilgotność. Najlepiej byłoby, gdyby  $\Delta T$  wynosiła tylko 2 K, jednak jest to bardzo trudne do zapewnienia, w związku z tym w praktyce dopuszcza się różnicę 5 K. Przykładowo, jeżeli temperatura powietrza opuszczającego chłodnicę wynosi -8°C, a po odebraniu ciepła na przykład od jabłek, wzrasta do +5°C, to wilgotność względna drastycznie spada z około 100% do zaledwie 35%. Natomiast jeżeli temperatura powietrza na wylocie z chłodnicy wynosiłaby -1°C, a po ogrzaniu +5°C, to wilgotność zmniejszyłaby się do około 65%. Jak widać, im mniejsza  $\Delta T$ , tym niedobór pary wodnej w komorze jest mniejszy, co

bezpośrednio przekłada się na szybkość procesu transpiracji [10].

## 2.3 Skład gazowy powietrza

Powietrze, którym oddychamy, jest mieszaniną gazów o różnych stężeniach i właściwościach. W praktyce przyjmuje się uproszczony skład atmosfery, na którą składa się 79% azotu, 21% tlenu oraz 0% dwutlenku węgla. To właśnie procentowa zawartość tych gazów wewnątrz komory chłodniczej, decyduje o długości okresu przechowywania owoców.

Zmniejszenie stężenia tlenu ( $O_2$ ) w powietrzu otaczającym owoce, wpływa hamująco na proces ich oddychania, spowalniając tym samym przemiany metaboliczne i wydłużając okres przechowywania. Zawartość tego gazu można obniżyć tylko do określonego poziomu, nie dopuszczając do oddychania beztlenowego. Z tego powodu tak ważny jest pomiar i właściwa regulacja jego stężenia w komorze gazoszczelnej. Owoce innej odmiany mogą różnie reagować na taką samą zawartość procentową  $O_2$ , dlatego często przechowuje się je w oddzielnych komorach.

Obecność dwutlenku węgla ( $CO_2$ ) w komorze chłodniczej, hamuje proces dojrzewania owoców, ponieważ jest on inhibitorem działania etylenu. Nie można jednak dowolnie zwiększać ilości tego gazu w atmosferze, gdyż jego nadmiar uszkadza skórę i miąższ owoców. Ustalając skład atmosfery, należy brać pod uwagę odmianę owocu. Przykładowo jabłka Worcester Pearmain tolerują nawet 13%  $CO_2$  w powietrzu, natomiast jabłka odmiany Newton ulegają uszkodzeniu, gdy stężenie  $CO_2$  wynosi zaledwie 3%.

Z kolei azot jest głównym składnikiem powietrza, ale nie oddziałuje bezpośrednio na owoce, ponieważ jest gazem neutralnym. Ogranicza on jedynie dostęp tlenu do produktu, hamując procesy utleniania i rozwój mikroorganizmów. Jego głównym zadaniem w przechowalnictwie owoców jest zminimalizowanie różnicy ciśnień w komorze chłodniczej z ciśnieniem zewnętrznym. Dzięki temu zabiegowi, tlen z zewnątrz ma utrudniony dostęp do wnętrza komory.

## 1.4 Cyrkulacja powietrza

Krążenie powietrza w komorze chłodniczej, nazywane jest inaczej cyrkulacją. To dzięki temu zjawisku, możliwe jest utrzymanie względnie jednakowej zawartości gazów w całej przestrzeni pomieszczenia przechowalniczego. Jeżeli w komorze obieg powietrza jest prawidłowy, to różnica temperatur w różnych jej częściach waha się maksymalnie w granicach +/-0,5 K. Warto zadbać o prawidłowe rozmieszczenie skrzyń, w których znajdują się chłodzone owoce, ponieważ błędy podczas tej czynności powodują nierównomierny rozkład temperatury. Na zły obieg powietrza wpływ ma również pozostawienie komory częściowo pustej. Powietrze posiada taką cechę, że będzie się przemieszczało drogą o najmniejszym oporze. Z tego powodu odstęp między paletami, stropem i ścianami powinien być równomierny [10]. Należy jednak pamiętać, aby przy ścianie gdzie zamontowana jest chłodnica, zostawić tyle

miejsca, aby można było swobodnie przeprowadzać ewentualne jej naprawy. Jeżeli na zewnątrz chłodni panuje niska temperatura, to może się zdarzyć, że agregat chłodniczy nie uruchomi się przez kilka godzin, a tym samym wentylatory wewnątrz komory nie wprawią powietrza w ruch. Wtedy należy włączać je ręcznie lub zaprogramować, aby włączały się automatycznie co jakiś czas.

**Reasumując**, na długość okresu przechowywania, wpływ mają określone warunki wewnątrz pomieszczenia chłodzonego. Należy je zoptymalizować pod kątem gatunku, jaki będzie się tam znajdował. Trzeba zwrócić szczególną uwagę na czas, w jakim nastąpi modyfikacja parametrów powietrza, aby nie dopuścić do uszkodzenia produktu.

### 3 CHOROBY JABŁEK WYWOŁANE ZŁYMI WARUNKAMI ICH PRZECHOWYWANIA

Stosowanie coraz to nowszych technologii przechowywania owoców, ma na celu wydłużenie okresu ich podaży bez utraty jakości. Aby uzyskać maksymalną cenę za produkt, należy zapobiegać powstawaniu chorób fizjologicznych wywołanych nieodpowiednimi warunkami przechowywania. Z kolei, aby móc skutecznie im zapobiegać, należy je poznać.

#### 3.1 Oparzelizna powierzchniowa

Choroba ta wywoływana jest głównie przez niekorzystne warunki podczas wegetacji, jednak jej objawy obserwuje się w trakcie przechowywania. W tym czasie na powierzchni jabłek, zwykle po niezaruszonej stronie, pojawiają się nieregularne, żółtobrązowe plamy (rys.3). W komorach z normalną atmosferą, najczęściej można je zaobserwować już po dwóch, trzech miesiącach, ale dużo zależy od temperatury. Jej wzrost przyspiesza występowanie tych objawów. Podobnie, jak ciepła i sucha pogoda podczas dojrzewania, mała zawartość wapnia, zbyt wczesny zbiór, utrzymywanie za dużej wilgotności w komorze, niezapewnienie w niej odpowiedniej cyrkulacji powietrza i długi okres przechowywania. Prawidłowa profilaktyka polega na eliminowaniu tych czynników. Jabłka odmian Cortland, Bancroft i McIntosh należą do grupy owoców bardzo wrażliwych na tę chorobę [8].



Rys. 3 Jabłko z oparzelizną powierzchniową [3]

#### 3.2 Miękka oparzelizna chłodniowa

Na występowanie tej choroby wpływ ma zbyt niska temperatura przechowywania lub zbyt szybkie tempo wychładzania owoców, zwłaszcza bardzo dojrzałych, czyli intensywnie oddychających. Bezpośrednim czynnikiem jej powstawania jest zakłócony metabolizm kwasów tłuszczowych. Objawy pojawiają się na skórcie w postaci nieregularnych, małych lub rozległych plam i na przypowierzchniowych warstwach miększu, który staje się miękki. Z czasem, część skórki i miększu robi się brązowa, a za sprawą występowania grzybów z rodziny np. *Alternaria* czarna, granica oddzielająca tkankę zdrową od chorej jest bardzo wyraźna, co widać na rysunku 4. Przeniesienie owoców do temperatury pokojowej, nie przyspiesza rozwoju choroby, a nawet ją hamuje [8]. Zaobserwowanie pierwszych symptomów miękkiej oparzelizny chłodniowej, powinno skutkować bezzwłocznym podniesieniem temperatury w komorze lub zakończeniem przechowywania i sprzedaniem produktów.



Rys. 4 Jabłka z mięką oparzelizną chłodniową [4]

#### 3.3 Rozpad chłodniczy

Również i na tę chorobę wpływ ma zbyt niska temperatura przechowywania, która zakłóca prawidłowy przebieg procesów metabolicznych (na przekroju poprzecznym owoców można zaobserwować jej objawy). Uszkodzony miąższ brązowieje i tworzy charakterystyczne pierścienie na obwodzie, oddzielone od skórki zdrową tkanką o grubości ok. jednego, dwóch milimetrów (rys.5).



Rys. 5 Rozpad chłodniczy jabłek [5]

Zmiany te powstają dość szybko, bowiem już po ok. trzech miesiącach przechowywania w temperaturze od  $-1^{\circ}\text{C}$  do  $2^{\circ}\text{C}$ . Zainfekowana tkanka jest bardziej wilgotna niż zdrowa oraz posiada sfermentowany zapach. Do czynników sprzyjających powstawaniu tej choroby zalicza się: wysokie stężenie  $\text{CO}_2$  i wysoką wilgotność względną powietrza w komorze chłodniczej, niskie temperatury w okresie dojrzewania i zbyt późny zbiór owoców [8]. Jabłka takich odmian, jak: Jonathan, Pomarańczowa Kokska, czy McIntosh, należą do grupy owoców bardzo wrażliwej na występowanie rozpadu chłodniczego.

### 3.4 Rozpad starczy

Choroba ta jest związana z procesem dojrzewania owoców. Jej objawy najczęściej pojawiają się bezpośrednio pod skórą, co wpływa na wygląd miąższu, na którym pojawiają się ciemne plamy (rys.6). Oprócz tego, owoc zmienia swoje właściwości organoleptyczne, zmieniając strukturę na bardziej luźną. W miejscach występowania objawów choroby swój wygląd zmienia również skórka, która po stronie zarumienionej ciemnieje, a po stronie zielonej lub żółtej robi się brązowa. W skrajnych przypadkach owoc pęka. Zbyt wysoka temperatura w komorze chłodniczej i późne schładzanie jabłek, sprzyja wystąpieniu rozpadu starczego. Podobnie zresztą jak za długi okres przechowywania, późny zbiór, mała zawartość wapnia i duży rozmiar owoców.



Rys. 6 Jabłka z rozpadem starczym [5]

### 3.5 Zbrązowienie przygniezdne

Pierwsze objawy tego schorzenia obserwuje się po trzech, czterech miesiącach przechowywania owoców. W tym czasie ich miąższ otaczający komory nasienne przybiera barwę jasno brunatną, rzadziej różową (rys.7). Z upływem czasu kolor ten ciemnieje, jednak wilgotność miąższu jest porównywalna z wilgotnością tkanek normalnych, które nie są zainfekowane. Odpowiada za to zbyt niska temperatura i za duże stężenie dwutlenku węgla w komorze chłodniczej. Nie bez znaczenia jest także przedwczesny zbiór jabłek oraz niekorzystna pogoda w czasie wegetacji owoców.

Starce zbrązowienia przygniezdne odróżniają się strukturą miąższu. Jest on suchy i ziarnisty, a po przekrojeniu owocu granica pomiędzy nim, a jego zdrową częścią jest bardzo wyraźna.



Rys. 7 Zbrązowienie przygniezdne w miąższu jabłek [6]

### 3.6 Uszkodzenia skórki spowodowane nadmiarem $\text{CO}_2$ w atmosferze komory

Jeżeli na jabłkach pojawiają się pojedyncze, drobne lub rozległe i liczne zagłębienia, to jest to objaw spowodowany przez zbyt wysoką koncentrację  $\text{CO}_2$  w atmosferze komory (rys.8). Mogą się one pojawiać już na początku okresu przechowywania. Nadmiar tego gazu wpływa także na wygląd miąższu, który ciemnieje, później zasycha, aż w końcu pojawiają się w nim dziury.



Rys. 8 Wpływ zbyt wysokiej zawartości  $\text{CO}_2$  na wygląd skórki jabłek [7]

**Reasumując**, na wybór technologii w jakiej będą przechowywane owoce, wpływa w największym stopniu na długość tego okresu. Poniesienie większych kosztów inwestycyjnych, może zwrócić się już po pierwszym roku eksploatacji danego obiektu. W przypadku systemów nowoczesnych ważne jest, aby osoby obsługujące tego typu chłodnie, wiedziały jak należy sterować składem atmosfery wewnątrz komór, aby nie doprowadzić do uszkodzenia składowanych w nich owoców.

### Uwagi końcowe:

- Ważnym etapem podczas projektowania systemu chłodzenia chłodni owocowo-warzywnej jest zapoznanie się z podstawowymi procesami fizjologicznymi składowanych produktów.
- Należy zapoznać się z optymalnymi warunkami prze-

chowywania dla danego gatunku owocu i na tej podstawie wybrać najbardziej optymalną temperaturę, wilgotność względną oraz stężenie poszczególnych gazów w powietrzu.

- Należy rozumieć, jaki wpływ na owoce wywierają określone warunki przechowywania. Jak wpływa zmiana temperatury na jakość owoców, zbyt wysoka czy zbyt niska wilgotność względna, oraz zawartość w powietrzu  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  i  $\text{N}_2$  na wygląd owoców.

## LITERATURA:

- [1] <http://www.horticulture.pl/index.php/course/prop/id/50>
- [2] <http://www.aussieapples.com.au/gallery.aspx>
- [3] <http://www.ogrodinfo.pl/drzewa-owocowe/dlugosc-przechowywania-jablek-w-zaleznosci-od-zastosowanej-technologie>
- [4] <http://www.ho.haslo.pl/article.php?id=599>
- [5] <http://tipshealthypeople.blogspot.com/2011/06/apples.html>
- [6] <http://www.ho.haslo.pl/article.php?id=2815>
- [7] [http://www.fresh-market.pl/katalog\\_produkow/Owoce;n1562047112](http://www.fresh-market.pl/katalog_produkow/Owoce;n1562047112)
- [8] <http://www.sadinfo.pl/artykuly-2011/12011/148-choroby-fizjologiczne-jablek-cz-i-choroby-zwiazane-z-warunkami-przechowywania.html>
- [9] Lange E., Ostrowski W.: Przechowalnictwo owoców. Wyd. PWRiL, Warszawa 1980
- [10] Sobiepanek K.: Przechowalnia owoców. Wyd. Hortpress, Warszawa 2012
- [11] Miłosz P.: Projekt systemu chłodzenia chłodni owocowo-warzywnej z kontrolowaną atmosferą i wykorzystaniem tzw. „free cooling”, zapewniającego stabilizację temperatury wewnątrz przestrzeni chłodzonej w zakresie +/- 0,2 K. Praca dypl. inżynierska, Wydz. Mech., Politechnika Gdańska, 2013 (promotor: dr inż. Z. Bonca, doc. PG)

