

## THE CONCEPTION OF FRESH LETTUCE TRANSPORT FOR LONG DISTANCE

### Summary

*Quality of lettuce depends on initial quality, storage conditions and all operations performed in the whole transport chain, including packaging, precooling methods and type of transport. Monitoring of temperature and humidity during transport are not sufficient for long transport. Optimal method of precooling, the use of appropriate packaging and transport in controlled atmospheres may contribute to a considerable extension of the life of lettuce and preserve high nutritional value.*

**Key words:** lettuce, firmness, controlled atmosphere, precooling, packing, transport

## KONCEPCJA TRANSPORTU SAŁATY NA DUŻE ODLEGŁOŚCI W STANIE ŚWIEŻYM

### Streszczenie

*Trwałość sałaty zależy przede wszystkim od jej początkowej jakości, jak również od sposobu jej przechowywania i operacji wykonywanych w całym łańcuchu transportowym, obejmujących czynności związane z jej przygotowaniem, chłodzeniem, opakowaniem oraz sposobem transportu. Kontrola temperatury oraz wilgotności podczas transportu nie jest wystarczająca w przypadku długotrwałego transportu. Dobór optymalnej metody chłodzenia, zastosowanie odpowiednich opakowań, jak również przewóz w kontrolowanej atmosferze może przyczynić się do znacznego przedłużenia trwałości sałaty. Wyposażenie środków transportu w urządzenia kontrolujące skład gazowy atmosfery pozwoli zachować nie tylko dobrą jakość handlową sałaty, ale również wysoką wartość odżywczą.*

**Słowa kluczowe:** sałata, trwałość, atmosfera kontrolowana, chłodzenie, opakowanie, transport

### 1. Wstęp

Sałata należy do warzyw liściowych, które charakteryzują się krótkim okresem świeżości. Ze względu na dużą powierzchnię transpiracji dochodzi do znacznych ubytków wody w krótkim czasie, co przyczynia się do obniżenia jakości sałaty. Następuje jej wędniecie, gnicie i żółknięcie liści. Przechowywanie sałaty w optymalnych warunkach pozwala zachować jej trwałość maksymalnie przez 2-3 tygodnie. W przypadku długotrwałego transportowania sałaty istnieje konieczność zwiększenia tego czasu. Na przedłużenie trwałości sałaty wpływ mają czynności przed załadunkiem sałaty, czyli jej chłodzenie oraz zapakowanie oraz sposób transportu i parametry wewnątrz środka transportu. Transport sałaty w kontrolowanej atmosferze zakładającej określoną, dobraną do konkretnego produktu mieszankę gazów pozwala wydłużyć czas transportu sałaty od 4-6 tygodni [1]. Wszelkie działania przygotowawcze związane z doбором optymalnego sposobu chłodzenia oraz dobór opakowania, jak również późniejszy przewóz w kontrolowanej atmosferze może przyczynić się do znacznego wydłużenia czasu przechowywania oraz transportowania sałaty.

W Europie produkuje się ok. 3 mln ton sałaty rocznie. Głównymi dostawcami tego warzywa do Polski są Holandia i Hiszpania. Z kolei Polska eksportuje sałatę do Włoch, Szwecji, Szwajcarii, Czech oraz na Węgry. W 2005 r. wyeksportowano ok. 3,5 tys. ton [4].

Wartość odżywcza sałaty polega na wysokiej zawartości wapnia i żelaza oraz prowitaminy A i mniejszych ilości witamin B1, B2 i E, a jako że jest spożywana na surowo może dostarczać ok. 15 mg witaminy C [3]. Witamina ta może ulec zniszczeniu, jeżeli po zbiorze nie umieści się sałaty w chłodni i nie ochroni się jej przed wysychaniem.

### 2. Metody chłodzenia warzyw liściowych

Warzywa liściowe ze względu na dużą powierzchnię transpiracji narażone są na szybki ubytek wody, co powoduje ich wędniecie. Doprowadza to do obniżenia jakości handlowej warzyw liściowych i spadek ich wartości odżywczej.

Odpowiednie przygotowania oraz prawidłowo realizowany proces transportowania znacznie redukują negatywne zmiany zachodzące w tych produktach. Szczególne znaczenie ma schładzanie do temperatury przechowywania i transport w możliwie najkrótszym czasie [1].

Istnieje wiele metod chłodzenia warzyw. Wybór określonej metody ściśle uzależniony jest od właściwości surowca. W tab. 1 przedstawiono metody chłodzenia warzyw i owoców oraz podano zakres ich stosowania oraz wady i zalety [7].

Spośród wielu metod chłodzenia, w przypadku warzyw liściowych najbardziej odpowiednie wydaje się być chłodzenie próżniowe, chłodzenie w wodzie lodowej oraz chłodzenie wymuszonym przepływem powietrza.

#### 2.1. Chłodzenie próżniowe

Chłodzenie próżniowe polega na obniżeniu ciśnienia i szybkim odparowaniu wody z powierzchni produktu. Ten sposób chłodzenia jest najlepszy dla produktów o dużej powierzchni parowania oraz wysokim współczynniku transpiracji.

Proces chłodzenia próżniowego przebiega w dwóch etapach. Pierwszy etap to załadunek produktu do komory chłodniczej i obniżenie ciśnienia wewnątrz niej aż do uzyskania punktu nasycenia odpowiadającego najniższej wymaganej temperaturze (tzw. *flash point*). Etap ten trwa ok. 5 minut. W jego trakcie temperatura produktu nieznacznie obniża się, a odparowanie wody wynosi ok. 2-3%.

Kolejny etap to właściwe chłodzenie aż do uzyskania pożądanej temperatury produktu.

Tab. 1. Metody schładzania warzyw i owoców  
Table 1. Methods of precooling vegetables and fruits

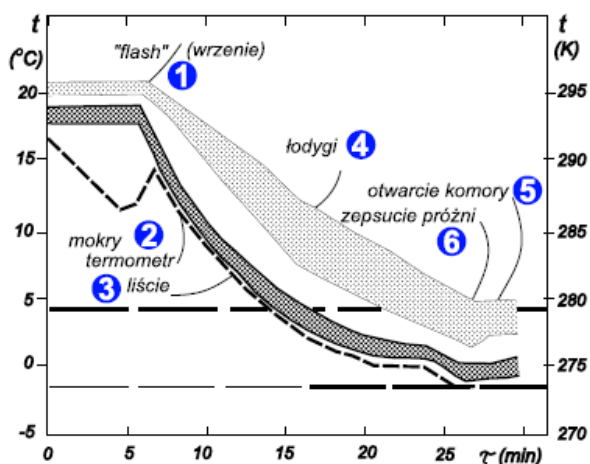
Metoda chłodzenia	Zakres stosowania	Wady i zalety
Chłodzenie komorowe	Wszystkie produkty	Zbyt wolno dla łatwo psujących się produktów; szybkość chłodzenia zależy od wielkości ładunku, palety lub pojemnika
Chłodzenie powietrzem z wymuszonym przepływem	Owoce, jagody, warzywa owocowe, bulwy, kwiaty cięte, kalafiori	Znacznie szybsza od zwykłego chłodzenia owiewowego; jednokowa (stała) szybkość chłodzenia; poprawne omywanie ułożonych produktów przez zimne powietrze ma decydujący wpływ na efektywność chłodzenia
Chłodzenie w wodzie lodowej	Szparagi, warzywa liściowe, niektóre owoce i warzywa owocowe	Bardzo szybkie chłodzenie, jednolite dla produktów luzem; szybkość chłodzenia produktów zapakowanych zależy do wielkości opakowania; konieczna ciągła kontrola higieniczno-sanitarna; produkt musi tolerować wilgoć; wymagane pojemniki odporne na wodę
Przesypywanie lodem	Warzywa korzeniowe, szparagi, zielone cebula, kapusta brukselska, karczochy, kalafiori, brokuły	Zalecana dla produktów tolerujących kontakt z wodą lodową; wymagane pojemniki odporne na wodę
Chłodzenie próżniowe	Warzywa liściowe, szparagi, karczochy, kalafiori, brokuły	Zalecana dla produktów mających duży stosunek powierzchni do masy; schłodzenie o 6°C powoduje ubytek masy o 1% masy; dodawanie wody w czasie schładzania ogranicza ubytek masy, ale zwiększa koszty; wymagane wodoodporne pojemniki
Chłodzenie w transporcie: • chłodzenie mechaniczne • z zastosowaniem lodu	Wszystkie produkty  Niektóre warzywa korzeniowe, warzywa liściowe, szparagi, melony	Chłodzenie zależne od dostępnego sprzętu, wolne i zmienne, ogólnie nie efektywne Powolne, nierówne, lód zmniejsza masę produktu netto, wymagane wodoodporne pojemniki

Źródło / source; opracowanie własne / own work

Wartością graniczną chłodzenia jest ciśnienie ok. 610 Pa, które odpowiada prężności pary wodnej nasyconej w temperaturze zamarzania. Nie obniża się ciśnienia poniżej tej wartości, gdyż grozi to zamrożeniem produktu.

W przypadku sałaty wystarczy 20 minut, by schłodzić ją do temperatury ok. 2°C [6].

Dokładny przebieg procesu przedstawiony jest na rys. 1.



Rys. 1. Zmiany temperatury w tkankach sałaty podczas cyklu schładzania próżniowego [6]

Fig. 1. Temperature changes in the tissues of lettuce during the vacuum cooling cycle [6]

Ilość wyparowanej wody zależna jest od temperatury początkowej produktu. Im jest ona wyższa tym intensywniejsze parowanie i jednocześnie większy ubytek masy. W celu zabezpieczenia produktu przed utratą zbyt dużych ilości wody stosuje się natrysk sałaty przed jej załadowaniem i chłodzeniem lub instaluje się dodatkowe wyposażenie nawilżające produkt w trakcie chłodzenia. Zwiększa to jednak istotnie koszt tego rodzaju chłodzenia.

Chłodzenie próżniowe jest znacznie droższym sposobem chłodzenia niż pozostałe metody i powinno być stosowane tyl-

ko wówczas, kiedy jest to szczególnie pożądane ze względu na właściwości produktu i dużą skalę procesu. W celu przedłużenia trwałości sałaty powinna być ona schładzana w ten sposób ze względu na znaczną liczbę pojedynczych liści stanowiących duży obszar do łatwego uwalniania wody. Jednak nie zawsze chłodzenie przebiega w sposób równomierny. Rdzeń sałaty traci wilgoć zdecydowanie wolniej niż liście. Osiągnięcie temperatury 6°C w rdzeniu jest jednoznaczne z schłodzeniem liści do temperatury 0,5°C.

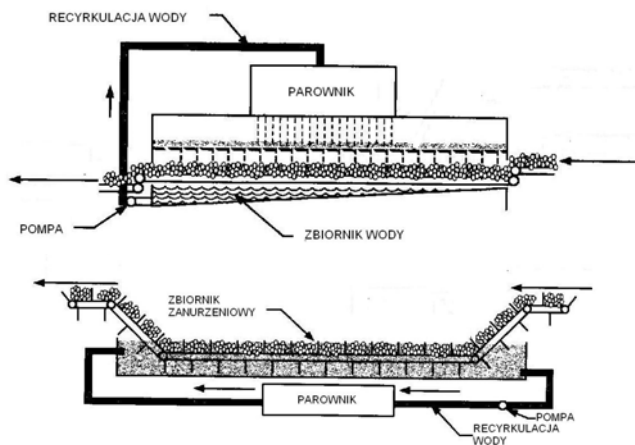
Procesowi chłodzenia próżniowego można poddawać również inne warzywa liściowe: szpinak, endywia, eskarola itp. [2].

## 2.2. Chłodzenie w wodzie lodowej

Chłodzenie wodą lodową polega na spryskiwaniu lub zanurzaniu produktów w wodzie lodowej. Taka metoda chłodzenia pozwala osiągnąć szybki efekt, ponieważ temperatura na powierzchni obmywanych produktów jest równa temperaturze wody. Wartość odbieranego ciepła z produktów jest limitowana wartością ciepła przewodzonego z wnętrza na powierzchnię produktu. Zaletą takiego sposobu chłodzenia jest utrzymanie wilgoci, a nawet możliwość nawodnienia zwiędniętych produktów. Możliwe jest spryskiwanie lub zanurzanie w wodzie lodowej. Oba rozwiązania pokazuje rys. 2.

W przypadku spryskiwania wodą lodową produkty przechodzą pod natryskiem, a specjalne przenośniki zapewniają ich ciągły przepływ.

Do chłodzenia sposobem zanurzeniowym stosuje się duże, płytkie zbiorniki wypełnione zimną wodą. Skrzynie z ładunkiem podawane są na przenośnik na jednym końcu zbiornika, transportowane wzdłuż zbiornika, zanurzone w wodzie i wyjmowane na końcu. W zbiorniku, przez który stale przepływa woda, umieszczone są węzownice chłodzące. Temperatura wewnątrz węzownicy wynosi ok. -2°C, co powoduje chłodzenie wody do temperatury ok. 1°C. Metoda ta wymaga dużych nakładów finansowych. W przypadku operacji na małą skalę do chłodzenia wody stosuje kruszony lód.



Rys. 2. Schemat chłodzenia w wodzie lodowej: natryskowego i zanurzeniowego [2]

Fig. 2. Schematic of shower hydrocooler and immersion hydrocooler [2]

Inną metodą chłodzenia jest kombinacja chłodzenia wodą lodową oraz schłodzonym powietrzem opływającym produkty. Chłodzenie wodno-powietrzne zakłada mniejsze zużycie wody niż w przypadku metody chłodzenia wodą lodową. Poza tym nie wymaga wyposażenia potrzebnego do utrzymania czystości wody [2].

### 2.3. Chłodzenie wymuszonym obiegiem powietrza chłodzonego

W przypadku chłodzenia powietrzem współczynnik wnikania ciepła na powierzchni jest znacznie niższy niż w przypadku chłodzenia wodą.

Chłodzenie powietrzem może być wykorzystane w środkach transportu posiadających specjalne wyposażenie do schłodzenia ładunków przed ich transportem lub chłodzenia produktów umieszczonych luzem na specjalnych przenośnikach w tunelach.

Utrata wilgoci może być bardzo mała aż po znaczącą dla zepsucia produktu. Wpływają na to: początkowa temperatura produktu, wilgotność, narażenie na obieg powietrza po chłodzeniu oraz sposób pakowania produktów [1].

### 3. Opakowania sałaty

Prawidłowe zapakowanie produktu na czas transportu ma na celu ochronę przewożonego ładunku przed uszkodzeniami mechanicznymi, a także przedłużenie trwałości produktu. Sałatę można transportować w opakowaniach zbiorczych takich jak skrzynie z tworzyw sztucznych, pudła kartonowe, które dodatkowo wykładają się folią polietylenową. Możliwe jest zastosowanie modyfikowanych atmosfer, które uzyskuje się na skutek zapakowania sałaty w folię o znanej przepuszczalności, dzięki czemu ustala się określony skład gazowy, który zabezpiecza produkt przed niekorzystnymi zmianami.

Stosowane są również folie z mikroperforacją, dzięki którym możliwe jest uzyskanie wysokiej wilgotności względnej powietrza przy jednoczesnym braku kondensacji pary wodnej na ścianach opakowania. Dodatkowo na skutek oddychania ustala się określony skład gazowy wewnątrz opakowania, co przyczynia się do przedłużenia trwałości sałaty [1].

### 4. Przewóz w kontrolowanej atmosferze

W przypadku długotrwałego transportu lub przechowywania istnieje duże ryzyko znacznego obniżenia jakości sałaty. Temperatura podczas transportu powinna wynosić

0°C. Dalsze obniżenie temperatury może spowodować zamrożenie produktu, a to związane jest z zmianą struktury liści, które stają się przezroczyste, wodniste lub śluzowacieją. Równie istotnym parametrem jest wilgotność. Ze względu na silną transpirację sałata powinna być transportowana w kontenerze, wewnątrz którego wilgotność względna powietrza wynosi 95-98% [1].

Jednak mimo zachowania optymalnej temperatury i wilgotności, dłuższy transport może przyczynić się do niekorzystnych zmian sałaty. W celu zachowania możliwie najwyższej jakości sałaty zaleca się transportować ją w kontrolowanej atmosferze. Idea zastosowania kontrolowanej atmosfery dotyczy nie tylko zachowania optymalnej temperatury podczas przewozu, ale również zmiany stężenia gazów wewnątrz komory.

Optymalny skład atmosfery, dobrany do rodzaju przewożonego ładunku, znacznie redukuje intensywność oddychania i wykazuje działanie zabezpieczające przewożone produkty przed ich zepsuciem. W efekcie przyczynia się do znacznego wydłużenia dopuszczalnego czasu transportu oraz pozwala utrzymać dobrą jakość przewożonych owoców i warzyw.

Zastosowanie kontrolowanej atmosfery związane jest również z możliwością usuwania z komory etylenu – gazu wydzielanego przez owoce i warzywa, który jednocześnie przyspiesza dojrzewanie sąsiednich produktów.

Do zmiany składu atmosfery stosuje się:

- generatory azotu,
- płuczki węglowe,
- płuczki etylenowe,
- pozostałe wyposażenie związane z kontrolą stężeń gazów i sterowaniem ciśnieniem.

Równie istotnym zagadnieniem jest odpowiedni dobór produktów sąsiednich do wspólnego przewozu wewnątrz jednej komory. Przewożenie obok siebie warzyw lub owoców, które oprócz podobnych wymagań odnośnie temperatury i wilgotności będą również produktami wydzielającymi nieznaczne ilości etylenu pozwoli zmniejszyć stężenie tego gazu wewnątrz komory, zrezygnować opcjonalnie z stosowania płuczek etylenowych, a tym samym – obniżyć ogólne koszty transportu w kontrolowanej atmosferze [5].

### 5. Podsumowanie

Ze względu na niską trwałość sałaty, jej szybkie obniżanie się jakości, a tym samym również utrata wartości odżywczych, konieczne wydaje się podjęcie wszelkich działań zapewniających utrzymanie jej najwyższej jakości w całym łańcuchu transportowym. Wybór optymalnej metody chłodzenia, opakowania sałaty oraz transport w kontrolowanych atmosferach może znacznie przedłużyć trwałość sałaty i czas transportowania.

### 6. Bibliografia

- [1] Adamicki F., Nawrocka B. (red): Metodyka integrowanej produkcji sałaty pod osłonami. Warszawa, 2005.
- [2] Ashree Handbook. Refrigeration, 2006.
- [3] Doruchowski R.: Warzywa liściowe. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 1978.
- [4] FAO Statystyki; <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>
- [5] Idaszewska N., Bieńczyk K.: Łączenie owoców i warzyw transportowanych w jednej komorze na dalekich dystansach, Konferencja Logitrans. Szczyrk, 2011.
- [6] Kuczyński A.P.: Szybkie schładzanie próżniowe nietrwałych plodów rolnych. Postępy Nauk Rolniczych, 1981, nr 6.
- [7] Kwaśniewski S. (red): Pojazdy izotermiczne i chłodnicze. Wrocław, 1997.