

ADAM KUCZYŃSKI

*Zakład Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk w Lublinie*

## SZYBKIE SCHŁADZANIE PRÓŻNIOWE NIETRWAŁYCH PŁODÓW ROLNYCH

Obecnie istnieje potrzeba opracowania i wdrożenia nowych metod przechowywania, a tym samym znacznego przedłużania żywotności owoców i warzyw. Główną przyczyną jest stały wzrost produkcji z dużych i wyspecjalizowanych gospodarstw rolniczych, w których straty wywołane niewłaściwym obchodzeniem się z produktami po zbiorze są największe. Dotyczy to szczególnie owoców jagodowych i warzyw liściowych.

Sytuację tę pogłębił fakt, że dążeniem hodowców i producentów częściowo już wyrównano dojrzewanie, wprowadzono specjalizację odmianową i w wielu uprawach zastosowano jednorazowy zbiór mechaniczny. Stworzyło to bardzo kłopotliwy dla dystrybucji spiętrzony sezonowy wysyp owoców i warzyw w rejonach produkcyjnych. Jego rozładowanie wymaga zastosowania nie tylko lepszych metod organizacyjnych, ale i nowych metod przechowywania.

Zapewnienie dostaw świeżych owoców i warzyw do ośrodków przemysłowych i miast, często daleko położonych od ośrodków produkcji ogrodniczej, stwarza następne problemy [11, 14]. Związane są one z transportem dużych ilości owoców i warzyw, a następnie potrzebą ich regularnej dostawy do handlu. Powstające tu poważne straty i uszkodzenia można zmniejszyć przez ograniczenie manipulacji towarem, przez odpowiednie pakowanie i to już u producenta [1]. Najlepiej wymagania te spełniają towary w opakowaniach jednostkowych, fizjologicznych, nadające się od razu do bezpośredniej sprzedaży. Brak jednak rozpowszechnienia takich form pakowania w kraju, a ich zastosowanie wymagałoby poznania metod chłodzenia nadających się do takiego towaru [2].

Rozwiązanie tych złożonych problemów rokuje jednak nadzieje na zaopatrzenie rynku w owoce i warzywa jak również na możliwość korzystnego, także i dla produkcji ogrodniczej, eksportu.

### *Szybkie schładzanie owoców i warzyw*

Szybkie schładzanie stosuje się do owoców i warzyw w jak najkrótszym czasie po zbiorze w celu odebrania ciepła zawartego w nich w chwili zbioru. Zwalnia ono szybkość reakcji chemicznych i procesów biologicz-

nych, hamuje rozwój drobnoustrojów, a więc niedopuszcza do procesów fermentacyjnych, pleśnienia i gnicia. Zabieg ten wykonuje się w większości krajów niemal na wszystkich gatunkach.

Porównanie metod szybkiego schładzania

Tabela 1

Metody szybkiego schładzania	Gatunki schładzanych owoców i warzyw	Okres schładzania	Dodatnie cechy metody	Ujemne cechy metody
Schładzanie zimnym powietrzem	wszystkie gatunki	od kilku do kilkunastu godzin przy bardzo szybkim obiegu powietrza	możliwość schładzania owoców i warzyw wszystkich gatunków; niskie koszty; prosta konstrukcja urządzenia	najdłuższe okresy schładzania; konieczność przeładunku przy schładzaniu w tunelach i komorach; blokowanie środków transportu
Śniegowanie	szpinak, sałata, pietruszka zielona, koper, rzodkiewka, brokuły, kalafior, seler, brukselka, marchew, groch zielony i inne	kilka minut przy przesypaniu śniegiem, kilka godzin dla ładunku pokrytego śniegiem	łatwe i szybkie wykonanie w samochodzie, wagonie; schładzanie w czasie transportu lub przechowywania	niemożność śniegowania wszystkich gatunków; wzrost ciężaru ładunku; zamoczenie opakowań
Schładzanie w wodzie	seler, groch zielony, szpangi, melony, marchew, kukurydza cukrowa, szpinak, jabłka, brzoskwinie, gruszki, morele, wiśnie, czereśnie i inne	kilka do kilkunastu minut	łatwe wykonanie; krótki okres i duża wydajność schładzania, poprawa stanu higienicznego owoców i warzyw	niemożność zastosowania do owoców wrażliwych na ługujące działanie wody (truskawek i malin)

c. d. tab. 1

Metody szybkiego schładzania	Gatunki schładzanych owoców i warzyw	Okres schładzania	Dodatnie cechy metody	Ujemne cechy metody
Schładzanie próżniowe	sałata, szpinak, kukurydza cukrowa, seler, pietruszka zielona, koper i inne	kilka do kilkunastu minut	krótki okres i równomierność schładzania; możliwość schładzania w samochodach, przyczepach i w opakowaniach	kosztowne urządzenia; wymagana fachowa obsługa; wydłużenie schładzania produktów o małej powierzchni właściwej

Szybkie schłodzenie jest tym bardziej pilne im mniejszą trwałością odznaczają się owoce i warzywa, im szybciej oddychają i wydzielają znaczne ilości ciepła. Są nimi wybitnie nietrwałe owoce jagodowe, warzywa liściowe, groch zielony, grzyby i inne.

Niekiedy schładzanie jest jedyną operacją chłodniczą, po której produkty sprzedaje się w sieci detalicznej. Często jednak następuje po nim dalsze chłodzenie w czasie długiego transportu, oraz krótko- i długoterminowego przechowywania.

Znany jest też wpływ chłodzenia na wzrost odporności na bodźce mechaniczne zwłaszcza w transporcie. Ten fakt jest szczególnie korzystny dla produktów najbardziej dojrzałych i o niskiej odporności. Umożliwia ich zbiór w stanie pełnej dojrzałości kiedy mają wysoką jakość konsumpcyjną, która może zostać zachowana aż do momentu spożycia lub przerobu.

Zgodnie z prawem Van't Hoffa i przeprowadzonymi badaniami na różnym materiale przechowywanym przyspieszenie o jedną godzinę schładzania owoców i warzyw z temperatury 295 K (ok. 22°C) do 273 K (ok. 0°C) przedłuża ich trwałość o 4 do 10 godzin. Zależnie od gatunku, odmiany i stanu dojrzałości, średnio wynosi ono ok. 7 godzin.

Obecnie stosuje się na świecie 4 podstawowe metody szybkiego schładzania: schładzanie zimnym powietrzem, schładzanie w wodzie, śniegowanie, schładzanie próżniowe. Metody te mają swoje charakterystyczne cechy różniące je w zakresie techniki, szybkości i przydatności do schładzania owoców i warzyw różnych gatunków [7].

Porównanie tych metod (tab. 1) dowodzi, że nie ma uniwersalnej metody schładzania i tylko o dodatnich cechach. Jednakże w dobie porcjono-

wanych produktów rolniczych dostarczanych do sprzedaży w opakowaniach fizjologicznych jedynie metoda schładzania próżniowego wydaje się być najodpowiedniejszą i mającą niewątpliwe zalety.

**Schładzanie próżniowe.** Metoda ta powstała w USA w okresie międzywojennym. Pierwsze próby zastosowania i patent na nią pochodzą z roku 1944. Miała ona usprawnić transport na duże odległości warzyw produkowanych w Kalifornii, gdzie wprowadzono ją na szeroką skalę w roku 1948 [10]. W Europie stosowano ją początkowo w Holandii i we Francji [15] do schładzania sałaty szklarniowej, a obecnie znana jest także w krajach skandynawskich.

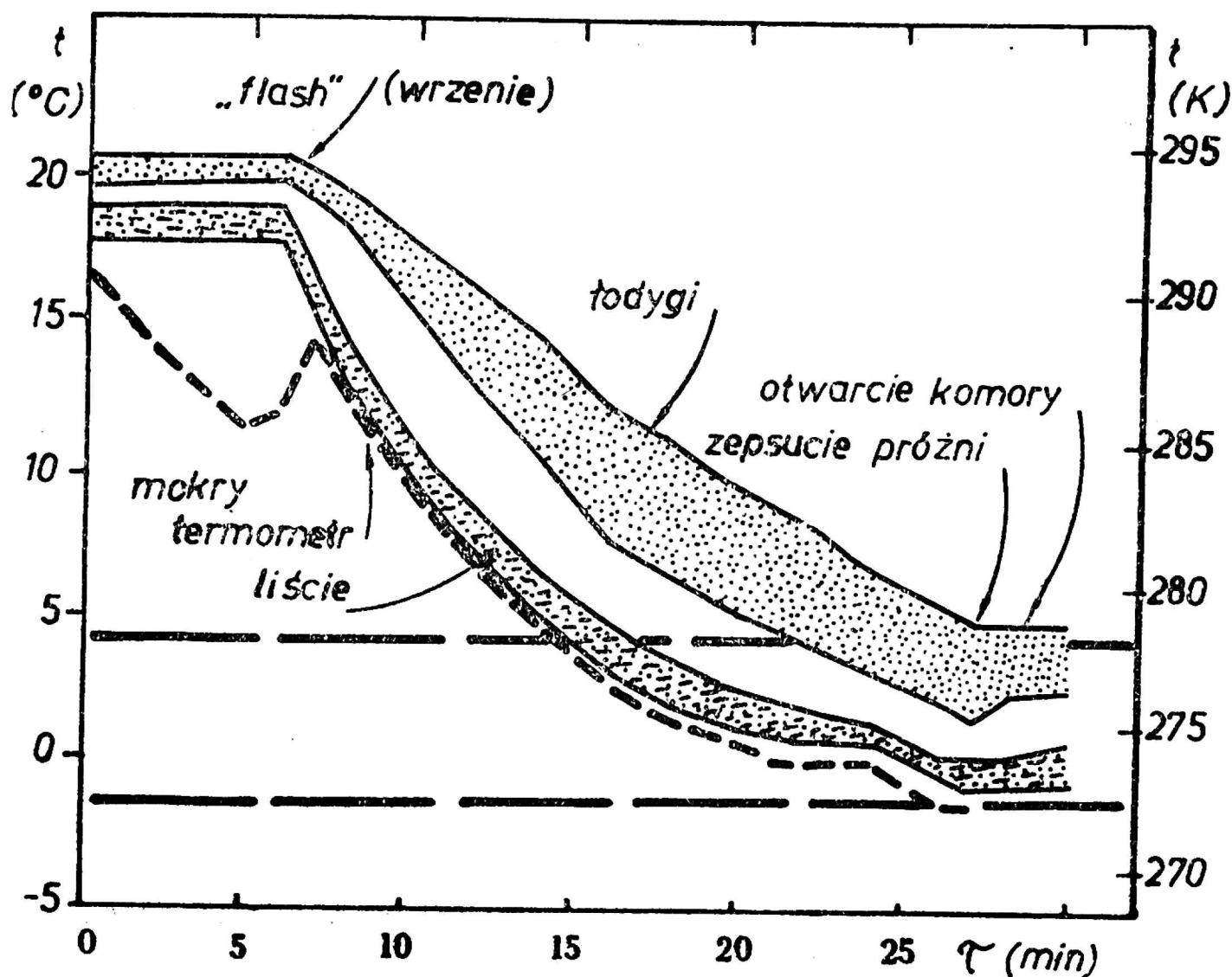
Schładzanie w komorze chłodniczej z szybkim przepływem powietrza o temperaturze bliskiej 273 K i trwające kilka godzin doskonale nadaje się do dużej liczby owoców i warzyw. Zawodzi jednak w przypadku nietrwałych produktów i gdy stosuje się opakowania jednostkowe; worki, folie, pudełka i inne, które ograniczają dostęp czynnika chłodniczego [2].

Istotne znaczenie w wyborze metody schładzania ma wielkość współczynnika przejmowania ciepła na powierzchni ciała. Od stosunkowo małych wartości przy schładzaniu w powietrzu, wzrasta on w środowisku cieczy i uzyskuje największe wartości w kontakcie produktu z ciałami stałymi i przy parowaniu z jego powierzchni [8, 16].

W schładzaniu próżniowym oziębianie warzyw lub owoców zaczyna się w momencie gdy parowanie wody w nich zawartej wywołane obniżeniem ciśnienia staje się odpowiednio intensywne. Rozpoczyna się ono dla temperatury produktu 290—300 K (ok. 17—27°C), przy ciśnieniu poniżej 1,9—3,5 kPa (ok. 15—25 tor). Parowanie jest wtedy najbardziej intensywne i jest to tzw. „flash point”. Warzywa i owoce parują nadal w miarę jak spada ciśnienie powietrza i usuwana jest powstająca para. Wartością graniczną chłodzenia jest ciśnienie ok. 610 Pa (ok. 4,6 tor), które odpowiada prężności pary wodnej nasyconej w temperaturze zamrzania. Nie obniża się ciśnienia w końcu procesu poniżej tej wartości, gdyż grozi to zamrożeniem produktu.

Jak krótko trwającą operacją jest schładzanie w próżni można się przekonać najlepiej na przykładzie sałaty. Wystarcza około 20 min, by schłodzić ją do 276 K (ok. 2°C) rys. 1. Okres ten dzieli się na dwie części. Do około 5 minut, czyli osiągnięcie „flash point” gdy usuwane jest głównie powietrze, występuje bardzo słabe schładzanie i okres ten wpływa tylko na przedłużenie procesu. Okres następnych 12 do 15 minut jest właściwym czasem parowania i schładzania. Gdy stosujemy schładzanie zimnym powietrzem czas ten wynosi od 4 do 11 godzin i zależy od szybkości przepływu powietrza [4].

W wielu badaniach stwierdzono, że w procesie schładzania próżniowego temperatura w różnych tkankach produktu bardzo różni się między



Rys. 1. Zmiany temperatury w tkankach sałaty i temperatury mokrego termometru podczas cyklu schładzania próżniowego [3]

sobą. Najszybszemu schłodzeniu ulegają części roślin najbardziej wilgotne i o dużej powierzchni. Na rysunku 1 widać różne szybkości schładzania liści i lodyg sałaty. Z tego powodu dla każdego produktu konieczne jest ustalenie minimalnego niezbędnego czasu przebywania w warunkach obniżonego ciśnienia i osiągnięcia założonej temperatury wewnątrz produktu [3, 9, 12].

Temperatura produktu w chwili wejścia do kesonu nie ma praktycznie wpływu na jego temperaturę końcową i czas trwania procesu [3]. Natomiast ilość wody wyparowanej, a więc ubytek wagi jest tym większy im produkt jest cieplejszy. Straty ciężaru zależą także od czasu trwania operacji i rodzaju materiału. Średnio odparowanie 1% wody daje spadek temperatury około 6 do 7 K [9]. Z badań wynika, że obniżenie temperatury o 22 K pociąga za sobą stratę ciężaru materiału od 3,3% do 4,5% [15]. Czasami stosuje się nawilżanie produktów, które zmniejsza te ubytki wagi, ale pogłębia nierównomierność chłodzenia i moczy opakowanie.

Tabela 2

Podstawowe parametry schładzania próżniowego owoców i warzyw [2, 7, 12, 17]

Warzywa i owoce	Ciśnienie minimalne (tor)	Czas schład- zania (min)	Czas pół- schładza- nia do 273K (min)	Temperatura (K)	
				początkowa	końcowa
Salata		17	3—9	20	1—2
Szpinak		14	5	12	1—2
Koper		20	5	12	3—4
Natki warzyw		20 (14—20)	5 (3—8)	20 (12—20)	3—4 (1—5)
Boćwina		16	8	12	5
Zielona pietruszka	4,5—5,5	20	7	20	1
Szparag		20	6	16	4
Por		—	5—13	—	—
Seler		—	6—10	—	—
Kukurydza cukrowa		—	6	—	—
Rzodkiewka		15 (15—25)	9 (5—25)	12 (11—17)	4—7 (3—4)
Kalafior		20	17—25	11	3
Grzyby		25	—	17	3
Kwiaty	1,9—4,5	8—13	—	15—16	2—10
Truskawki		35	25	20	10—14
Marchew		—	40	—	—
Brzoskwinie		18 (15—35)	80 (25—100)	18 (18—24)	14 (10—14)
Wiśnia		15—30	—	21—24	12
Pomidor	1,9—3,3	—	60—100	—	—

W tradycyjnej metodzie schładzania sałaty zimnym powietrzem strata wilgotności wynosi od 2 do 4%. W czasie przechowywania chłodniczego wzrasta ona stopniowo dla obu metod. Po sześciu dniach wynosi około 6% po schłodzeniu powietrzem i około 9% po schłodzeniu w próżni [4]. Podobne zjawisko naturalnych ubytków występuje i dla innych płodów.

Ze względu na wielkość powierzchni i ciepłne właściwości można podzielić produkty na trzy grupy [17]. Umożliwia to podanie pewnej ogólnej charakterystyki prowadzenia procesu (tab. 1).

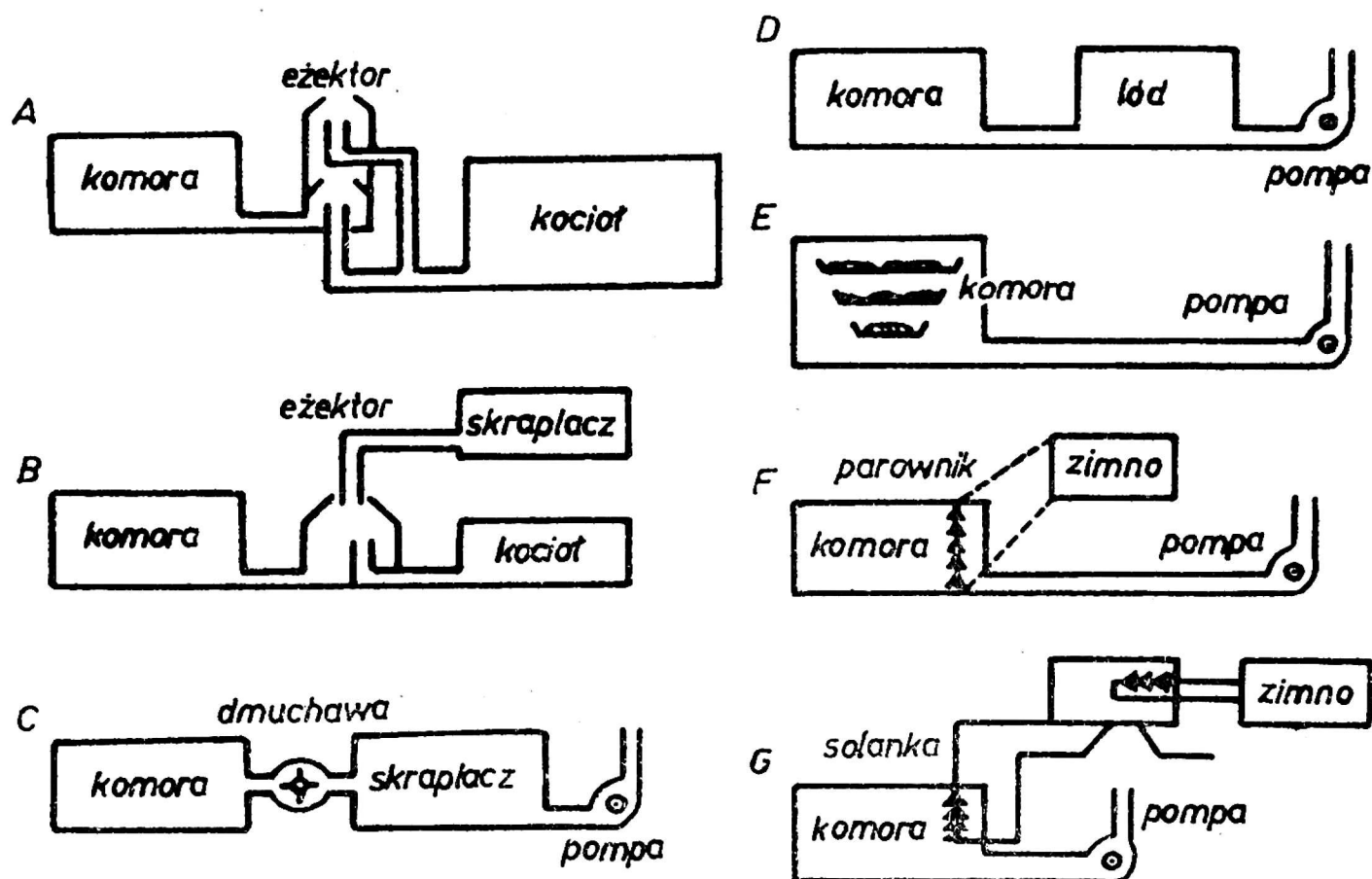
Ponieważ głównym celem tej metody jest szybkie osiągnięcie dostatecznie niskiej temperatury po zabiegu, przeprowadzono doświadczenia na różnych warzywach korzeniowych, pomidorach, jabłkach i gruszkach. Wykazały one nieskuteczność tej metody przy porównaniu z czasami schładzania innych metod [7, 15]. Oziębienie jest tym większe im większa jest ilość wyparowanej z produktu wody i dwa czynniki mają tu znaczenie: stosunek powierzchni całkowitej produktu do jego masy i stopień przepuszczalności skórki. Dlatego warzywa liściowe najlepiej nadają się

do schładzania w próżni, pomimo że strata ciężaru nie jest tu bez znaczenia [4].

**Urządzenia do schładzania próżniowego.** Pomieszczenie, w którym przebiega proces schładzania jest zbiornikiem stalowym — kesonem zamkniętym szczelnie drzwiami. Może on być połączony z różnymi systemami pompowania.

Przy wytwarzaniu próżni powinno być usunięte z komory powietrze, powietrze przenikające przez nieszczelności i zaabsorbowane przez produkt — oraz para wodna.

Intensywne parowanie wody z powierzchni roślin stawia przed konstruktorem problem usunięcia ogromnych ilości pary, ponieważ w temperaturze 273 K jeden jej kilogram zajmuje objętość około 206 m<sup>3</sup>. Tak więc należy wytworzyć próżnię, a następnie usuwać parę wodną. Zależnie od sposobu technicznego rozwiązania i skali praktycznych zastosowań istnieje wiele typów urządzeń [10, 13], które przedstawiamy na rysunku 2.



Rys. 2. Schmaty instalacji komór schładzania próżniowego [13]

Konstrukcje oparte o samo pompowanie wymagają ogromnej wydajności pomp, około 7400 m<sup>3</sup>/h dla schłodzenia 1 tony materiału roślinnego. Rolę tę mogą spełnić jedynie eżektory (rys. 2A) i do ich zasilania niezbędna jest duża ilość pary.

Przyjęcie zasady pompowania a następnie skraplania pary wodnej dało dwa rozwiązania: system eżektorowy ze skraplaniem, w którym aby obniżyć stopień sprężania pary wodnej dokonuje się jej skraplania łącznie z parą zasilającą eżektory (rys. 2B) — i drugi system, w którym eżektor zastąpiono dmuchawą wspomaganą pompą wtórną (rys. 2C).

Omówione rozwiązania są stosowane w największych stacjach chłodniczych USA w rejonach dużych plantacji. Stacje te schładzają towar w ośrodkach transportowych jak wagony i samochody chłodnie przed ich wyjazdem przez kontynent.

Następne urządzenia mają już wyraźnie rozdzielone funkcje pompowania i skraplania pary wodnej. Ogólnie powietrze usuwa pompa, podczas gdy cała para jest skraplana w różnego rodzaju kondensatorach. Często stanowią one zasobnik z drobno tłuczonym lodem [6] co zapewnia pracę bez ryzyka zamrożenia rośliny, gdyż lód sublimując w niskim ciśnieniu sam zabezpiecza ograniczenie temperatury (rys. 2B). Stosuje się także kondensator z lodem, który jest produkowany za pomocą zespołu chłodniczego w pojemnikach bezpośrednio na bokach komory (rys. 2E). Rozwiązania stosujące lód używane są na plantacjach holenderskich. Większe partie towaru schładza się co pewien okres czasu więc umożliwia to przygotowanie zapasów lodu.

W innych urządzeniach para skraplana jest na parowniku zespołu chłodniczego (rys. 2F) albo na kondensorze zasilanym solanką (rys. 2G). Urządzenia te wymagają precyzyjnie działającej regulacji i kontroli temperatury powierzchni kondensacji wody. Często stosowane są w małych instalacjach przewoźnych, łatwych do szybkiego rozruchu w miejscu zbioru płodów rolnych.

Wszystkie urządzenia do schładzania próżniowego wymagają regulowanej szybkości opróżniania, pomiaru prężności pary wodnej i pomiaru temperatury produktu. Dobre urządzenia wyposażone są w precyzyjne próżniomierze o zakresie od 0 do 2,5 kPa, a także w kilka sond do dokładnego pomiaru temperatury różnych punktów produktu. Stosuje się też do kontroli procesu i temperatury końcowej zasadę działania mokrego termometru. Pomiar ten może być jednak traktowany tylko jako orientacyjny [5, 9].

Badania nad zastosowaniem schładzania próżniowego przy przechowywaniu nietrwałych owoców jagodowych i warzyw liściowych w małych opakowaniach fizjologicznych rozpoczęto w Zakładzie Agrofizyki PAN w Lublinie.

Już wstępne badania przeprowadzone z sałatą i truskawką wskazują



na skuteczność tej metody. Pomimo, że temperatura w naszym kraju nie jest tak wysoka jak w Kaliforni lub południowej Francji jednak jest dostatecznie wysoka do powodowania szybkich procesów psucia się większości produktów. Zastosowanie opisanej metody pozwala w połączeniu z nowymi sposobami pakowania, wydłużyć czas przechowywania i transportu chłodniczego. Może to nas uchronić przed dużymi stratami świeżych owoców i warzyw.

## LITERATURA

1. Agricultural Products and Markets, Prepacking of fruit and vegetables, OECD Paris 1, 1979.
2. Andre P., Blanc R., et al: Rev. Horticole 1980, n. 207, 37—41.
3. Darnis M. R.: Rev. Gen. du Froid 1973, vol. 12, 1195—1205.
4. Dewey D. H.: Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 1950. vol. 56, 320—326.
5. Friedman B. A.: Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 1960, vol. 58, 279—287.
6. Greiner L. M., Kleis R. W.: Development and testing of low cost equipment. Agric. Engineering 1962, vol. 2, 86—89.
7. Guillou R.: Cooling Methods. Calif. Agric. Exp. Bull. 1960, 773, 2—65.
8. Gujgo E.: Młocznaja promyszlenność 1962, nr 7, 13—15.
9. Harvey J. M.: Improved techniques for vacuum cooling vegetables. A. S. H. R. A. E. Journal 1963, vol. 11, 41—44.
10. Isenberg F. M., Hartman J.: Vacuum cooling vegetables. N. Y. State Colleg. Agr. (Cornell Univers.) Extr. Bull. 1958, no. 1012, 2—19.
11. Król-Pol E.: Przem. Spoż. 1979, 7, t. 33, 262—267.
12. Le Bohec J., Jestin Y.: Le vacuum cooling ou refroidissement par le vide. Revue d'Horticulture 1973, 13—21.
13. Le Bohec J., Jestin Y.: Le vacuum cooling ou refroidissement par le vide. Revue d'Horticulture 1974, 19—24.
14. Najder B.: Przem. Spoż. 1979, 7, t. 33, 255—258.
15. Neirac G., Tiersonier B.: La prerefrigeration sous vide. Genie rural 1973, vol. 4, 181.
16. Ryzowa E. J.: Issledowanije processa zamroziwanija i suszki w wakuumie. Trudy MTIMMPa 1959, wyp. 6.
17. Satczan A.: Chołodilnaja technika 1959, vol. 1, 76—78.

# PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO ROLNICZE I LEŚNE POLECA

PRACA ZBIOROWA POD REDAKCJĄ NAUKOWĄ  
PROF. DR MARII OLSZEWSKIEJ

## METODY BADANIA CHROMOSOMÓW

WARSZAWA 1981, NAKŁAD 2000 EGZ., STRON 384,  
CENA ZŁ 120,-

Jest to książka o charakterze przewodnika metodycznego. Składa się z dwu części: ogólnej i szczegółowej. W części ogólnej omówiono zagadnienia dotyczące budowy chromatyny i chromosomów a także metody badania chromosomów. W części ogólnej dotyczącej wprowadzenia do badań chromosomów omówiono: sporządzanie preparatów cytogenetycznych z komórek zwierząt i człowieka, działanie kolchicyny, autoradiografia- jako niezastąpiona metoda w badaniach nad strukturą i funkcją chromosomów, metody wykrywania hybrydyzacji kwasów nukleinowych, wymiany siostrzanych chromatyd, metody badania efektywności mutagenów (obecnie istnieją dwie metody pozwalające na badanie uszkodzeń aparatu genetycznego metoda *in vivo* i *in vitro*), analiza preparatów cytogenetycznych (rozpoznawanie cytogenetyczne o znaczeniu praktycznym), hodowla tkanek zwierzęcych i ludzkich do celów cytogenetycznych (warunki jakie muszą być spełnione w pracach hodowlanych).

Po każdym rozdziale tej części, jak i następnych, zamieszczona została najnowsza literatura polska i zagraniczna.

Druga część — szczegółowa obejmuje: metody badania chromosomów roślin, chromosomów zwierząt, chromosomów człowieka metody badań autoradiograficznych, badania chromosomów w mikroskopie elektronowym, przechowywanie materiału komórkowego.

W końcowych rozdziałach omówiono klasyfikację chromosomów (chromosomów niektórych gatunków zwierząt i człowieka) oraz roztwory standardowe i odczynniki (pożywki, płyny buforowe, płyny hipotoniczne, barwniki). Podano również sposoby mycia i sterylizacji szkła, sprzętu i pomieszczeń laboratoryjnych.

Praca przeznaczona jest dla cytologów i cytogenetyków pracujących w licznych dziedzinach biologii zarówno w medycynie jak i rolnictwie.

Zalecana do bibliotek wojewódzkich i miejskich.