

WSTĘPNE BADANIA LABORATORYJNEJ KOMORY PRÓŻNIOWEJ
DO SZYBKIEGO SCHŁADZANIA NIETRWAŁYCH PŁODÓW ROLNYCH

Adam Kuczyński

Zakład Agrofizyki PAN w Lublinie

Do szybkiego schładzania owoców i warzyw używa się powszechnie wymuszonego obiegu zimnego powietrza, a często także wody lub śniegu. Nietrwałe owoce jagodowe, warzywa liściowe i grzyby wymagają ponadto specjalnego jednostkowego opakowania przed ich przechowywaniem. Wymagania te są trudne do spełnienia, gdyż pakowanie znacznie utrudnia wymianę ciepła i przedłuża o kilka godzin proces schładzania, często także opakowanie uniemożliwia zastosowanie szybszego schładzania wodą lub śniegiem.

Dla zachowania jak najlepszej „żywności” produktu należy przestrzegać tak istotnych parametrów schładzania, jak: minimalna temperatura, wyrównana temperatura końcowa, krótki czas schładzania.

Duże uznanie zyskała w USA i krajach Europy Zachodniej metoda schładzania w próżni [2]. Istotne zalety tej metody, to: duża szybkość i równomierność chłodzenia, uniwersalność, możliwość schładzania towaru w drobnych opakowaniach. Pomimo dość skomplikowanej i drogiej aparatury chłodniczej do tej metody, znajduje ona coraz szersze zastosowanie [1, 4, 5]. Celem pracy było zbadanie zakresu przydatności tej metody schładzania i określenie parametrów roboczych, granicznych charakterystyk dla zbudowanej w Zakładzie Agrofizyki PAN w Lublinie komory schładzania próżniowego.

METODA I OPIS APARATURY

Badania o charakterze techniczno-eksploatacyjnym obejmowały:
- rejestrowanie zmian rozkładu temperatury w tkankach produktu,

- pomiar zmian prężności pary wodnej w komorze dla cykli o różnej szybkości opróżniania, lub różnej ilości materiału w komorze,

- pomiar ubytku wagi produktu w wyniku schładzania,

- przechowywanie schłodzonego materiału w optymalnych dla niego warunkach chłodniczych.

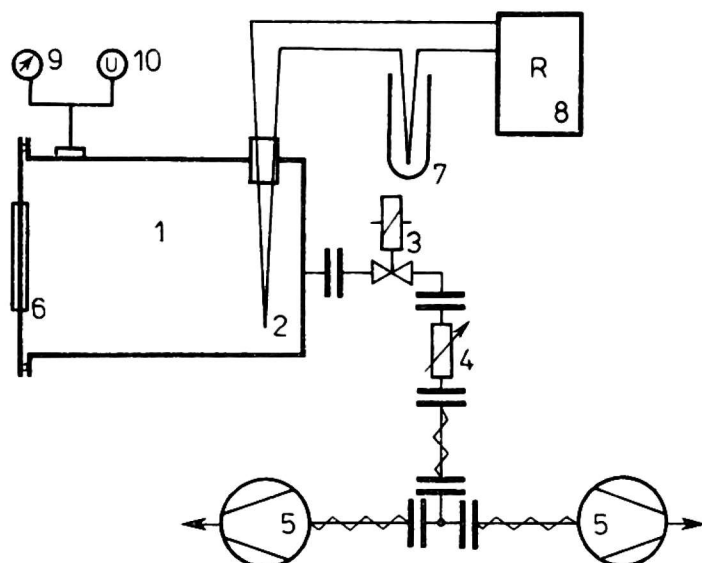
Celem tych pomiarów było określenie:

- zależności temperatura - czas i wpływu na powstałe stąd ubytki wagi,

- minimalnego czasu półschładzania produktu,

- rzeczywistej wydajności komory schładzania próżniowego,

- istotnych parametrów procesu, decydujących o zachowaniu wysokiej jakości schładzania.



Rys. 1. Schemat laboratoryjnej komory schładzania próżniowego; 1 - zbiornik schładzania, 2 - termopara, 3 - zawór odcinający, 4 - zawór o regulowanym przelocie, 5 - pompa próżniowa, 6 - wierzniak, 7 - termopara odniesienia, 8 - rejestrator kompensacyjny, 9 - próżniomierz membranowy, 10 - próżniomierz barometryczny

Do badań skonstruowano instalację chłodniczą, której schemat przedstawiono na rysunku 1. Składa się ona ze zbiornika próżniowego (1) o wymiarach 270×370×450 mm, przewodów o średnicy 45 mm, zaworu elektromagnetycznego (4), dwóch próżniowych pomp olejowych (5) o łącznej szybkości pompowania 60 m³/h powietrza i około 700 g/h pary. Do zbiornika podłączono dwa próżniomierze: membranowy (9) o zakresie 0-40 tor (ok. 0-5,4 kPa) i barometryczny olejowy (10) o zakresie 0-10 tor (ok. 0-1,3 kPa). Do pomiaru temperatury materiału służą cztery sondy - mikrotermopary miedz-konstantan (2), które przez przepusty prądowe wyprowadzono z ko-

mory i połączono z rejestratorem kompensacyjnym (8) typ MKV produkcji NRD o zakresie 1 mV. Złącza odniesienia umieszczono w lodzie. Zbiornik ma szczelne zamknięcie z wziernikiem (6) i podświetleniem.

Laboratoryjna komora schładzania należy do grupy urządzeń bezpośredniego odpompowywania, których zaletą jest prosta budowa, lecz wadą wymagana duża wydajność pompy [3]. Szacunkowe obliczenia wykonane dla zbudowanej instalacji przy wykorzystaniu czasu półschładzania sałaty 3 min. i powstałego w wyniku tego ubytku wagi produktu około 2% [4], pozwalają przewidzieć wydajność na około 1,8 kg sałaty w jednym cyklu schładzania. Inne rośliny o dłuższych czasach półschładzania, a więc odparowujące wolniej wodę, będą mogły być schładzane w większych ilościach.

Czynnikiem chłodzącym w metodzie schładzania próżniowego jest parująca z powierzchni materiału woda i ten proces pozwala na otrzymywanie bardzo dużego współczynnika przejmowania ciepła przy schładzaniu. W celu szybkiego schłodzenia produkt powinien jednak posiadać dużą powierzchnię właściwą i dobrą przepuszczalność skórki. Z tych powodów zdecydowanie różnią się one przydatnością do schładzania w próżni. Do prób schładzania użyto:

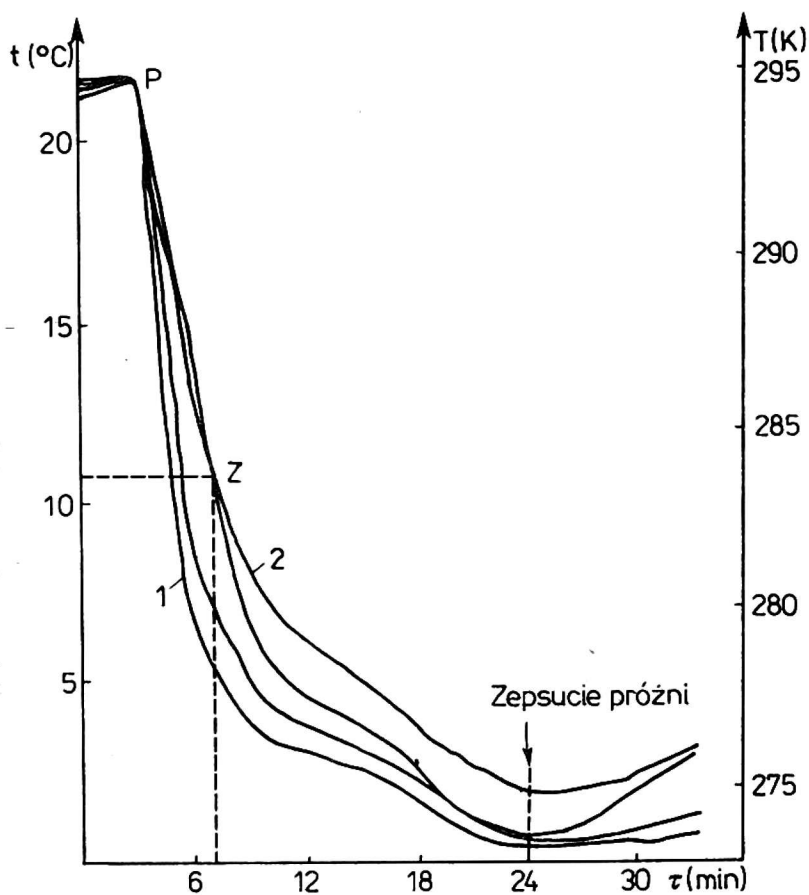
- świeżych i suchych główek sałaty odmiany Majowa, układanych swobodnie na podkładce ze styropianu,
- świeżych owoców truskawek odmiany Senga-Sengana z szypułką, pakowanych w wytłaczanki z masy papierowej.

Po osiągnięciu w komorze ciśnienia barometrycznego równego prężności pary wodnej odpowiadającej temperaturze materiału, rozpoczyna się burzliwe parowanie i szybki, jednostajny spadek temperatury materiału schładzanego. Pomiarów wykonywano przy różnej szybkości odpompowywania, którą ustalono zaworami lub przez zmianę ilości materiału w komorze. W ten sposób otrzymywano różną szybkość schładzania. Ponowną regulację szybkości opróżniania rozpoczynano w pobliżu ciśnienia 4,6 tora (620 kPa), biorąc także pod uwagę absolutną minimalną temperaturę schłodzenia tkanek produktu. Te dwa kontrolowane parametry pozwalały zatrzymać proces przed osiągnięciem parametrów punktu potrójnego wody.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Schładzanie sałaty. Komora mieściła maksymalnie około 1 kg sałaty. Instalacja zapewniała poprawne schła-

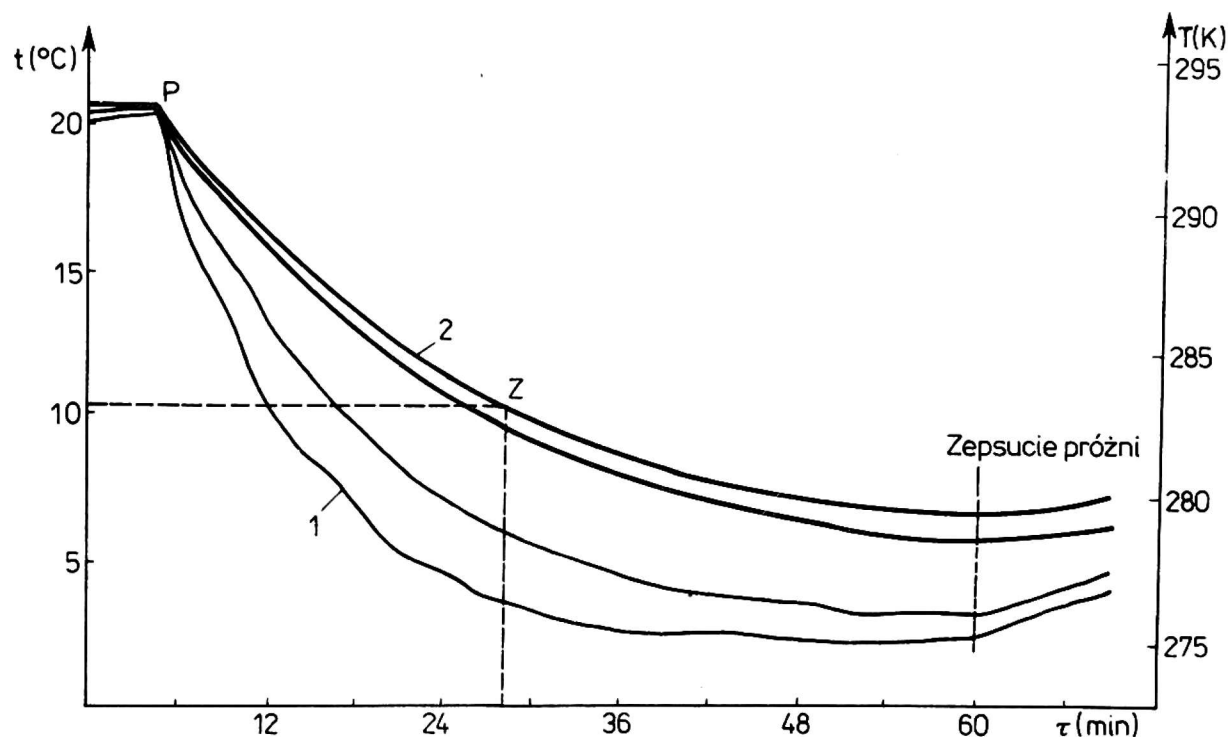
dzanie i otrzymane parametry nie odbiegały od podawanych w literaturze. Przebieg wykresu schładzania był we wszystkich uznanych za właściwe próbach podobny do krzywej wykładniczej (jak na rysunku 2). Czas schładzania do 275 K (2°C) wynosił średnio 21 min, a czas półschładzania 4 min. W wyniku zmian szybkości schładzania lub całkowitego czasu schładzania ubytki masy były zróżnicowane i wynosiły od 3 do 6%. Stwierdzono ponadto, że wymagana jest bardzo precyzyjna kontrola prężności pary wodnej i związana z tym regulacja szybkości odpompowywania pary. Niedopuszczalne jest nawet chwilowe obniżenie ciśnienia poniżej 4,6 tora (620 kPa), gdyż powoduje to wystąpienie temperatur ujemnych w najdelikatniejszych tkankach na końcach liści. Te uszkodzenia mrozowe były trudne do bezpośredniego zarejestrowania lecz wyraźnie widoczne po okresie przechowywania.



Rys. 2. Zmiany temperatury sałaty w czasie schładzania próżniowego; 1 - temperatura liścia, 2 - temperatura łożdgi, Z - punkt półschładzania, P - początek schładzania

Sałata poprawnie schłodzona miała bardzo atrakcyjny wygląd i wyraźną świeżość, którą zachowywała przez 5 dni w warunkach chłodniczych. Uszkodzona przez mróz lub 2-krotnie dłużej schładzana, po przechowywaniu miała zwiędnięte liście zewnętrzne i przyschnięte brzegi liści w główce.

Schładzanie truskawek. Otrzymane krzywe schładzania 2,5 kg próbek truskawek były zbliżone do przebiegów wykładniczych, jak na rysunku 3. Badania wykazały, że czas półschładzania można skracać przez obniżanie ciśnienia aż do 2,9-3 tor (ok. 385-400 kPa). Pomimo tak niskiego ciśnienia, które udało się uzyskać, nie zarejestrowano nigdzie spadku temperatury poniżej 0°C (273 K). Otrzymano czas półschładzania około 28 min.



Rys. 3. Zmiany temperatury truskawki w czasie schładzania próżniowego; 1 - temperatura powierzchni, 2 - najniższa temperatura miękkiszu, Z - punkt półschłodzenia, P - początek schładzania

Temperatura spadała stopniowo we wszystkich tkankach podczas utrzymywania obniżonego ciśnienia i prowadzenia procesu aż do osiągnięcia średnio temperatur 279-281 K (ok. 6-8°C). Zaobserwowano występowanie dużych różnic między temperaturą skórki i miękkiszu. Dla ich wyrównania należałoby znacznie przedłużyć schładzanie. Rezygnując jednak z tego i kończąc schładzanie po 45 min. otrzymywano później stopniowe wyrównanie się temperatur na zadowalającym poziomie.

Urządzenie schładzało poprawnie jednorazowo do 5 kg truskawek. Ubytki masy wahały się między 3,5 a 4%. Truskawki po schłodzeniu miały ładny połysk i świeży wygląd. Po 6 dniach przechowywania chłodniczego nie stwierdzono uszkodzeń lub zmian, które mogłyby zostać wywołane niewłaściwym schłodzeniem.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania w laboratoryjnej komorze schładzania próżniowego pozwoliły sprawdzić poprawność założeń jej budowy i działania, a także potwierdziły możliwość jej zastosowania do szybkiego schładzania krańcowo' różnych płodów rolnych o dużej zawartości wody.

2. Stwierdzono konieczność wykonywania bardzo precyzyjnej regulacji ciśnienia i temperatury w końcowym etapie schładzania produktów łatwo schładzających się tą metodą.

3. Uznano, że dla każdego prototypu instalacji schładzania próżniowego i każdego materiału roślinnego wymagane jest dokładne dobranie wielkości załadunku komory produktem, szybkości pompowania i trwania procesu dla otrzymania optymalnej szybkości i jakości schłodzenia.

4. Uzasadnione byłoby prowadzenie dalszych, rozszerzonych badań nad zastosowaniem metody i urządzeń do schładzania bardzo nietrwałych owoców, warzyw i grzybów - głównie w opakowaniach jednostkowych uniemożliwiających szybkie schłodzenie tradycyjnymi metodami.

LITERATURA

1. Andre P., Blanc R., et al: Rev. Hort., 270, 37-41, 1980.
2. Kuczyński A.: Post. Nauk Roln., 6, 115-123, 1981.
3. Le Bohec J., Jestin Y.: Rev. d'Hort., 13-21, 1973.
4. Le Bohec J., Jestin Y.: Rev. d'Hort., 19-24, 1974.
5. Neirac G., Tiersonier B.: Gen. Rur., 4, 181, 1973.

А. Кучиньски

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ ВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ
ДЛЯ БЫСТРОГО ОХЛАЖДЕНИЯ СКОРО ПОРТЯЩИХСЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Р е з ю м е

В статье описываются конструкция и принципы функционирования лабораторной камеры непосредственной откачки для вакуумного охлаждения сельскохозяйственных продуктов. Рассматриваются результаты исследований качества охлаждения салата и клубники. Безопасные предельные давления пара в камере составляли для салата 620 кПа, а для

клубники - около 400 кПа. Продолжительности полуохлаждения составляли соответственно 4 мин для салата и 28 мин для клубники, при потерях влажности продукта от 3% до максимально 6% начального веса. Результаты испытания камеры и хорошие результаты хранения продуктов подтвердили возможность использования этого метода и оборудования для быстрого ненарушенного охлаждения сельскохозяйственных продуктов с высокой влажностью, что имеет особое значение в случае хранения продуктов в малых упаковках.

A. Kuczyński

PRELIMINARY TESTS OF VACUUM CHAMBER FOR A QUICK COOLING
OF PERISHABLE AGRICULTURAL PRODUCTS

S u m m a r y

Construction and functioning principles of the laboratory chamber of a direct exhaustion for vacuum cooling of agricultural products are described. The results of investigations on cooling efficiency of lettuce and strawberries are presented. Safe boundary vapour pressure in the chamber of 620 kPa for lettuce and of about 400 kPa for strawberries have been obtained. The half-cooling time amounted accordingly 4 min for lettuce and 28 min for strawberries at moisture losses in the cooled products from 3% to the maximum 6% of the initial weight. The tests of the chamber and the good results of storage of the products confirmed the possibility of application of the above method and equipment for quick undisturbed cooling of agricultural products of a high moisture content, what is particularly important when the products are stored in small packings.