

POMIARY CIŚNIENIA OSMOTYCZNEGO SOKÓW ROŚLINNYCH Z ZASTOSOWANIEM OSMOMATU 030

H. Czachor, K. Konstankiewicz, A. Król

Instytut Agrofizyki PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

Streszczenie: Opisano budowę, zasadę działania oraz sposób wykonywania pomiarów ciśnienia osmotycznego za pomocą OSMOMATU 030 firmy GONATEC. Przedstawiono wyniki kalibracji, opracowaną metodykę i wyniki pomiaru ciśnienia osmotycznego soków roślinnych uzyskanych z wybranych owoców i warzyw.

Słowa kluczowe: ciśnienie osmotyczne, sok roślinny.

WSTĘP

Krioskopowe metody pomiaru ciśnienia osmotycznego są od dawna stosowane w praktyce laboratoriów fizykochemicznych, biologicznych, medycznych itd. [2, 4].

Jednym z najważniejszych czynników określających właściwości mechaniczne wysoko-uwodnionych materiałów, np. bulwy ziemniaka, jest potencjał wody, [1,6,7,8,10]. W ogólności potencjał całkowity wody Ψ_t w dowolnym ośrodku można wyrazić zależnością [3, 5]:

$$\Psi_t = \Psi_p + \Psi_m + \Psi_s + \Psi_z \quad (1)$$

gdzie: Ψ_p - potencjał ciśnieniowy,
 Ψ_m - potencjał macierzysty,
 Ψ_s - potencjał osmotyczny,
 Ψ_z - potencjał grawitacyjny.

Dla ośrodków roślinnych najistotniejszy jest potencjał osmotyczny odpowiadający za jędrność (turgor) badanego materiału.

Ciśnienie osmotyczne składnika i w roztworze jest określane wzorem van't Hoffa:

$$\Psi_i = c_i RT \quad (2)$$

gdzie: c_i - stężenie molowe roztworu,

R - stała gazowa,

T - temperatura bezwzględna.

Ciśnienie osmotyczne roztworów rozcieńczonych jest wartością koligatywną podobnie jak stałe ebulioskopowa i krioskopowa.

Ponadto ciśnienie osmotyczne jest wielkością addytywną. Dla roztworów wieloskładnikowych (soki roślinne, płyny ustrojowe, płyny fizjologiczne, roztwory wewnątrzkomórkowe) jest ono sumą ciśnień osmotycznych pochodzących od wszystkich składników roztworu.

$$\Psi_S = \sum_i \Psi_{si} \quad (3)$$

gdzie: Ψ_{si} - składnika i .

Istnieje kilka metod określania wartości ciśnienia osmotycznego roztworów :

- a) Pomiar różnicy poziomów roztworu mierzonego i wzorcowego rozdzielonych przegrodą półprzepuszczalną po ustaleniu równowagi. Pomiar osmotycznego ciśnienia wewnątrzkomórkowego można ocenić również na podstawie obserwacji mikroskopowej odklejania się błony cytoplazmatycznej od ściany komórkowej podczas jej kontaktu z roztworem o znanym stężeniu.
- b) Pomiar prężności pary nad roztworem lub próbką. Często dla próbek wodnych prężność pary jest wyznaczana przez określenie punktu rosy.
- c) Pomiar obniżenia temperatury zamarzania badanego roztworu w stosunku do czystej wody.

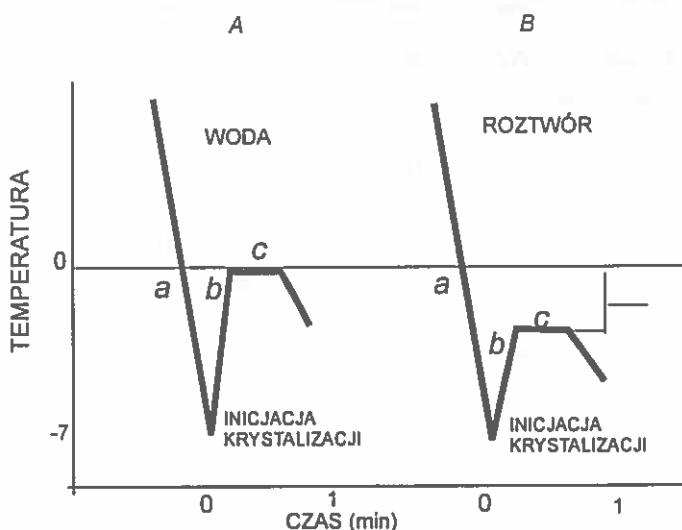
ZASADA DZIAŁANIA OSMOMATU

Pomiar ciśnienia przy pomocy osmomatu wykorzystuje ostatnią z wymienionych zależności: temperatura zamarzania roztworu obniża się przy wzroście jego stężenia

Pomiar wartości ciśnienia osmotycznego za pomocą osmomatu polega na określeniu temperatury różnicowej, tzn. różnicy temperatur krystalizacji roztworu

i czystej wody. Ideę pomiaru przedstawia Rys.1. Dwa wykresy przedstawiają przebieg temperatury czystej wody (A) i badanego roztworu (B) w trakcie cyklu pomiarowego.

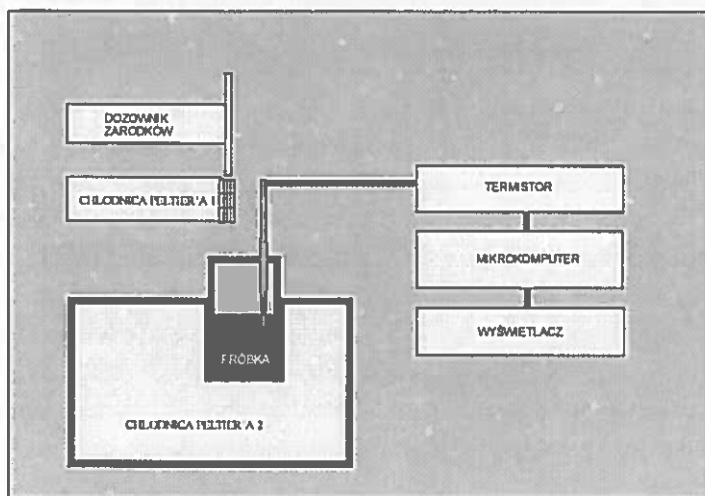
Próbka wody (Rys.1A) oziębiania jest do temperatury -7°C (odcinek *a*). Następnie do próbki wprowadzane są kryształki lodu będące zarodkami krystalizacji. Obecność zarodków wywołuje krystalizację cieczy, z czym związane jest wydzielanie ciepła i wzrost temperatury (odcinek *b*) do wartości charakterystycznej dla jej stężenia. Powstały stan termodynamiczny próbki charakteryzuje się jednoczesnym występowaniem fazy ciekłej i stałej. Dalsze chłodzenie nie powoduje zmiany temperatury, lecz zamarzanie cieczy (odcinek *c*). Kontynuacja procesu powoduje obniżenie temperatury powstałego lodu (odcinek *d*). Dla roztworu przebieg temperatury przedstawia rysunek 1B. Temperatura krystalizacji roztworu jest niższa od temperatury krystalizacji wody.



Rys.1. Wykres zależności temperatura roztworu-czas w trakcie pomiaru ciśnienia osmotycznego dla wody (A) i dla roztworu (B) [9].

Fig. 1. The kinetics of the temperature during the osmotic pressure measurement in water (A) and solution (B) [9].

Różnica powyższych temperatur, tzw. temperatura różnicowa, jest wielkością charakterystyczną dla danego roztworu i określa jego ciśnienie osmotyczne. Schemat blokowy OSMOMATU 030 firmy GONATEC przedstawia rysunek 2.



Rys.2. Schemat blokowy OSMOMATU 030 firmy GONATEC.

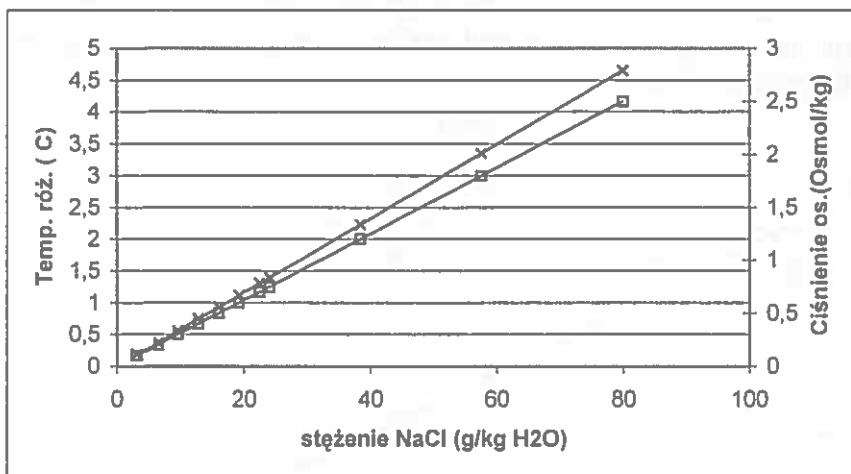
Fig.2. Block schemat of Osmomat 030 (GONATEC).

Badana próbka znajduje się w chłodnicy Peltier'a 2. Sterowany komputerowo dozownik zarodków, przesuwając się szybko w dół, pobiera z chłodnicy Peltier'a 1 zarodki krystalizacji i dostarcza je do próbki. Termistor mierzy temperaturę roztworu, a jej wartość przeliczana jest przez komputer na ciśnienie osmotyczne wg. następującej zależności: *obniżenie temperatury krystalizacji o 1,858°C odpowiada ciśnieniu osmotycznemu 1 osmol/kg.*

KALIBRACJA

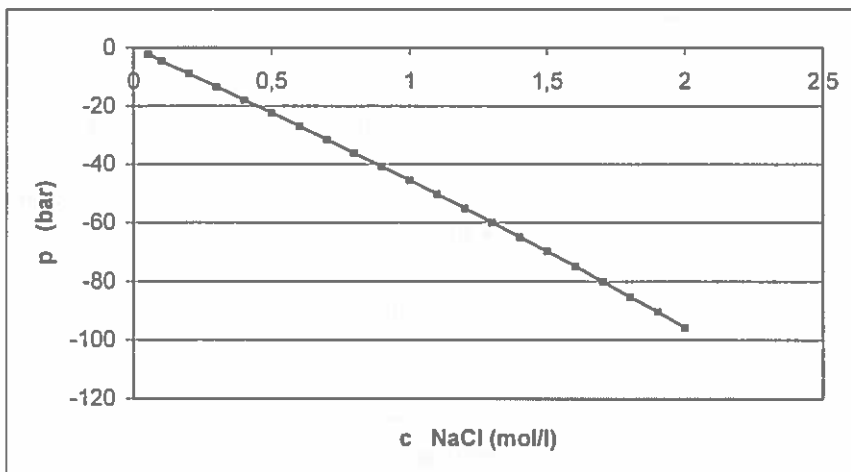
Kalibrację osmomatu przeprowadza się ustalając dolną i górną granicę zakresu pomiarowego. Pomiar próbki czystej wody (przeprowadzony w trybie „zero”) określa automatycznie zero skali pomiarowej. Następnie w trybie „kalibracja” ustawiany jest zakres pomiarowy, który może przyjmować wartość z przedziału 0,3 – 2,5 Osmol/kg. Dla modelu 030 można wybrać następujące wartości zakresów: 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,75; 1,2; 1,8; i 2,5 Osmol/kg H₂O. Wykonanie procedury pomiar dla wybranego wzorca automatycznie ustala górny zakres skali i zapisuje go w pamięci komputera. Wzorcowe stężenia roztworu NaCl oraz odpowiadające im ciśnienia osmotyczne i wartości temperatury

różnicowej są przedstawione na rysunku 3. Odchylenie standardowe dla serii 100 pomiarów wzorca 300 mOsmol/kg wynosiło 1,3 mOsmol/kg.



Rys.3. Wartości ciśnienia osmotycznego (-x-) i temperatury różnicowej (-□-) od stężenia NaCl.
Fig. 3. Osmotic pressure (1) and the difference temperature (2) vs. NaCl content.

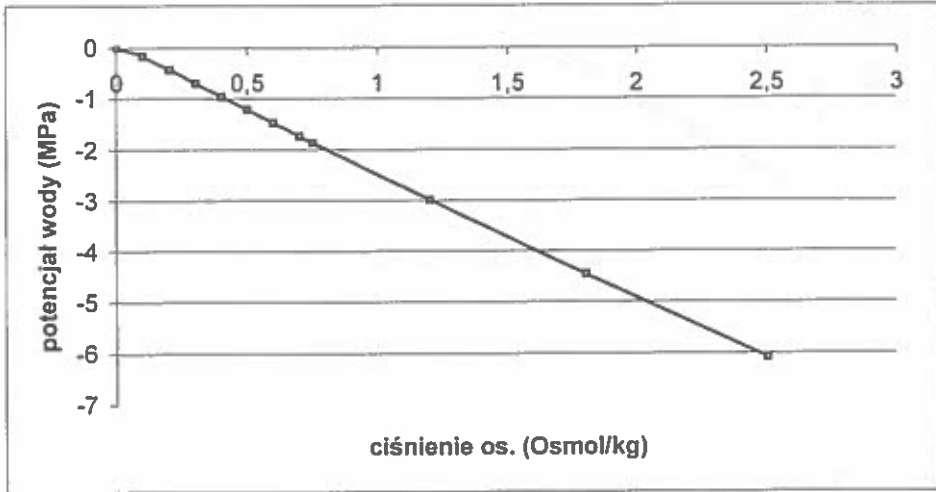
Autorzy wielu publikacji [9,11] podają też wyniki pomiaru ciśnienia osmotycznego w barach (Rys.4).



Rys.4. Zależność wartości potencjału wody p od stężenia c NaCl [9,11].
Fig.4. Water potential vs NaCl content [9].

Na podstawie danych kalibracyjnych przedstawionych na rysunkach 3 i 4 dokonano przeliczeń i wyznaczono zależność pomiędzy jednostkami ciśnienia osmotycznego a potencjału wody dla temperatury 20°C. Wykres na rysunku 5 przedstawia tę zależność w Paskalach (y) i Osmol/kg (x), którą można zapisać przybliżonym wzorem:

$$y = -2,4545x \quad (4)$$



Rys.5. Zależność pomiędzy ciśnieniem osmotycznym (Osmol/kg), a potencjałem wody (MPa) [9].

Fig. 5. The relationship between osmotic pressure (in Osmol/kg) and water potential (MPa) [9].

Do wykonania poprawnego pomiaru ciśnienia osmotycznego przy pomocy Osmomatu 030 potrzebne jest od 30 do 60 μl roztworu (2-3 krople). Pobranie takiej ilości soku z większości materiałów roślinnych takich jak owoce, bulwy, warzywa korzeniowe czy podobne tkanki miękkiszowe jest bardzo łatwe. W przypadku pomiarów tkanek o mniejszej zawartości wody wyciskano sok za pomocą mini prasy wykonanej ze strzykawki polietylenowej. Wyciśnięty sok przenoszono do próbki wirówkowej 2ml i wirowano (5 minut przy przeciążeniu 10 000g), następnie 50 μl uzyskanego soku umieszczano w naczyniu pomiarowym.

Podczas pomiarów ciśnienia osmotycznego soków z owoców jagodowych często następuje spontaniczna krystalizacja wywołana obecnością w roztworze naturalnych zarodków krystalizacji, co uniemożliwia pomiar. Ich usunięcie możliwe było poprzez przesączanie soku przez twardy sączek (MERK-390).

WYNIKI

Przedstawioną powyżej aparaturę i opisaną metodykę wykorzystano do określenia ciśnienia osmotycznego soków pochodzących z następujących roślin (owoce i części korzeniowe): cytryna, cebula, jabłko, marchew (rdzeń i kora), pomidor, ogórek, burak ćwikłowy, śliwka, morela, cukinia, winogrono, czereśnia. Pomiary wykonywano w 10 powtórzeniach. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 1. Powtarzalność pomiarów była bardzo dobra - względny błąd nie przekraczał 3%.

Tabela 1. Wartości ciśnienia osmotycznego soków owoców i warzyw korzeniowych
Table 1. The results of the osmotic pressure for some fruits and root vegetables

Rodzaj soku	Ciśnienie osmotyczne [Osmol/kg]	Osmotyczny potencjał wody [MPa]
ogórek	0,223	-0,53
cukinia	0,227	-0,54
pomidor	0,339	-0,82
cytryna	0,385	-0,93
marchew rdzeń	0,400	-0,97
cebula	0,401	-0,97
marchew kora	0,405	-0,98
jabłko	0,481	-1,17
burak ćwikłowy	0,505	-1,23
śliwka	0,535	-1,30
morela	0,658	-1,60
winogrono	0,798	-1,95
czereśnia	1,125	-2,76

WNIOSKI

Przedstawiona metoda pomiaru ciśnienia osmotycznego charakteryzuje się dobrą powtarzalnością wyników, krótkim czasem pomiarów oraz małą objętością roztworu potrzebnego do oznaczenia. Aparatura jest uniwersalna i doskonale nadaje się do badań różnych soków z roślin wysoko-uwodnionych. Najmniejszą zmierzoną wartość ciśnienia osmotycznego zarejestrowano dla ogórka, a wartość najwyższą (5 razy większą) dla owoców czereśni.

Krótki czas pomiaru ~2 min. pozwala na szybkie oznaczenia długich serii pomiarowych, zaś małe objętości próbek umożliwiają badania niewielkich fragmentów struktury komórkowej.

PIŚMIENNICTWO

1. Bajema R.W., Hyde G.M., Baritelle A.L.: Effects of mannitol on turgor and failure stress and strain in potato tuber tissue. *Postharvest Biology and technology*, 14, 199 – 205, 1998.
2. Czachor H., Konstankiewicz K., Król A.: Pomiar ciśnienia osmotycznego soków roślinnych z zastosowaniem OSMOMATU 030. II Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Agrofizycznego, Lublin – Dąbrowica, 11-12.09.2000.
3. Gabriel W.: *Biologia Ziemiaka*. PWN, W-wa 1985.
4. Gebrauchsanweisung: OSMOMAT 030
5. Globus A. S.: *Eksperimentalnaja gidrofizika poczw*. Nauka, Leningrad 1968.
6. Golacki K., Dobrzański B.jr, Rybczyński R.: Określenie potencjału wodnego owoców w okresie przechowywania. *Ibidem*.
7. Haman J., Konstankiewicz K.: Damage processes in the plant cellular body, *Acta Agrophysica*, 24, 67 – 86, 1999.
8. Haman J., Konstankiewicz K., Zdunek A.: Influence of the water potential on failure of the potato tissue. *Int. Agrophysics*, 14, 2, 181-186, 2000.
9. Instruction manual – Dew point microvoltmeter HR-33T.
10. Nilsson S.B., Hertz C.H., Falk S.: On the relation between turgor pressure and tissue rigidity, II Theoretical calculation on model system. *Physiol. Plant.*, 28, 285 – 294, 1958.
11. Wescor. : Instruction service manual C-52. Table I (6-3), 1991.

MEASUREMENT OF THE OSMOTIC PRESSURE OF PLANT JUICES BY MEANS OF THE OSMOMAT 030

H. Czachor, K. Konstankiewicz, A. Król

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

Summary: The construction and the way of the osmotic pressure measurement by means of Osmomat 030 (made by GONATEC) is described. Some details concerning calibration and method applied is described. The results of measured osmotic pressure for the high-water-content fruits and vegetables were shown.

Keywords: osmotic pressure, plant juices.