

MARTA LISZKA-SKOCZYLAS, ANNA PTASZEK, MONIKA HALIK,
MIROSLAW GRZESIK

ZASTOSOWANIE POMIARÓW OSMOMETRYCZNYCH DO OCENY ODDZIAŁYWAŃ POMIĘDZY BIAŁKAMI I POLISACHARYDAMI W WODNYCH ROZTWORACH

Streszczenie

Trwałość produktów spożywczych zależy między innymi od oddziaływań pomiędzy białkami, polisacharydami i wodą. Mogą być one oszacowane na podstawie pomiarów ciśnienia osmotycznego w modelowych układach: rozpuszczalnik – pojedynczy biopolimer lub mieszanina biopolimerów.

Wyjściowy materiał badawczy stanowiły wodne roztwory izolatów białek: serwatkowych (WPI) i sojowych (SPI) oraz wodne roztwory polisacharydów: gumy ksantanowej (XG) i inuliny (INU). W toku dalszych badań sporządzono wodne mieszaniny białek i polisacharydów zawierające dwa lub trzy rozpuszczone składniki: WPI/SPI-XG, WPI/SPI-INU i WPI/SPI-XG-INU. W roztworach zmierzono ciśnienie osmotyczne π w funkcji stężenia i temperatury. Wyznaczono wartości współczynników wirialu, które umożliwiły określenie charakteru oddziaływań pomiędzy molekułami składników roztworów. Otrzymane wyniki wskazują na tworzenie kompleksów polisacharydowo-białkowych. Na podstawie badań wyznaczono także średnie osmotyczne masy cząsteczkowe XG i INU, które wyniosły odpowiednio: 1960 kg/mol i 126 kg/mol).

Słowa kluczowe: izolat białek serwatkowych (WPI), izolat białek sojowych (SPI), guma ksantanowa (XG), inulina (INU), ciśnienie osmotyczne, osmotyczne współczynniki wirialu

Wprowadzenie

Produkty żywnościowe to niejednorodne układy zawierające wiele związków chemicznych, m.in. białek, sacharydów, lipidów oraz elektrolitów. W układach tego typu występują skomplikowane oddziaływania między różnymi składnikami na poziomie molekularnym. Interakcje takie są przedmiotem zainteresowania wielu naukowców i technologów żywności [2, 4, 6, 12, 16-18].

Dr M. Liszka-Skoczylas, dr inż. A. Ptaszek, mgr inż. M. Halik, prof. dr hab. M. Grzesik, Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków

Białka i polisacharydy wpływają na wartość odżywczą produktów oraz na ich właściwości funkcjonalne [3, 8, 11, 18, 20]. Wymienione składniki pełnią ważną rolę w kształtowaniu właściwości reologicznych i teksturalnych żywności. Mogą też być stosowane niezależnie jako emulgatory, zagęstniki, środki żelujące czy pieniące [12, 13].

Analiza oddziaływań pomiędzy białkami, polisacharydami i rozpuszczalnikiem obejmuje badania równowagi fazowej w układach typu polimer - polimer - woda i wyznaczenie składu faz pozostających w równowadze. Ważnym i cennym narzędziem poznawczym może być w tym przypadku osmometria. Pomiar ciśnienia osmotycznego roztworów o różnych stężeniach stanowi metodę wyznaczania średniej liczbowej masy cząsteczkowej biopolimerów oraz określenia wartości współczynników wirialu. Znajomość zjawisk osmotycznych związanych z równowagą w układach dwu- lub kilkuskładnikowych jest ważna w rozwiązywaniu problemów związanych z rozpuszczalnością białek w roztworach polisacharydów. Ma to szczególne znaczenie na etapie doboru i wyznaczania ilości odpowiednich polisacharydów.

Metody osmometryczne stosowane były głównie do opisu oddziaływań pomiędzy polisacharydami a wodą [15]. W literaturze przedmiotu brak jest natomiast charakterystyki osmotycznej bardziej złożonych układów zawierających, oprócz polisacharydów, wybrane białka.

Celem przeprowadzonych badań było określenie właściwości osmotycznych wodnych roztworów wybranych białek i polisacharydów, a także ich mieszanin. Na podstawie obserwowanych zmian wartości ciśnienia osmotycznego π w funkcji stężenia i temperatury wyznaczono średnie osmotyczne masy cząsteczkowe i wartości współczynników wirialu. Te ostatnie umożliwiły ocenę charakteru oddziaływań pomiędzy składnikami roztworu na poziomie molekularnym.

Material i metody badań

Material badawczy stanowiły białka i polisacharydy przemysłowe (z grupy hydrokolidów) oraz otrzymane z nich roztwory wodne. Zastosowano białka pochodzenia zwierzęcego – izolat białek serwatkowych (Whey Protein Isolate – WPI, o zawartości 88,14 % białka; Extensor, Siedlce, Polska) oraz roślinnego – izolat białek sojowych (Soya Protein Isolate – SPI, o zawartości 83,74 % białka; PPHU Edmir-Pol i Hutnik, Chorzów, Polska). W badaniach wykorzystano polisacharydy nieskrobiowe, tj. gumę ksantanową (XG) i inulinę INU (Hortimex Plus, Konin, Polska).

Skład mieszanin doświadczalnych przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1

Skład mieszanin użytych w badaniach osmometrycznych.
Composition of mixtures used in osmotic research studies.

Układy / Systems	Preparaty białkowe [g] Protein preparations WPI/SPI	XG [g]	INU [g]
Jednoskładnikowy / Single	≤ 0,5	–	–
	–	≤ 0,05	–
	–	–	≤ 0,1
Dwuskładnikowy / Binary	0,5	≤ 0,05	–
	0,5	–	≤ 0,05
Trójskładnikowy / Ternary	0,5	0,025	≤ 0,025

Objaśnienia: / Explanatory notes:

masy podano na 100 cm³ wody / weight values were given as per 100 cm³ of water, WPI – izolat białek serwatkowych / whey protein isolate, SPI – izolat białek sojowych / soy protein isolate, XG – guma ksantanowa / xanthan gum, INU – inulina / inulin

Pomiar ciśnienia osmotycznego π można wykonać tylko w przypadku jednorodnych roztworów, z tego względu stosunek ilościowy składników badanych roztworów dobrano na drodze eksperymentalnej. Ilość dodawanych polisacharydów ograniczona była maksymalną dopuszczalną przez normy ilością hydrokoloidów w produktach spożywczych.

Wszystkie roztwory białek i polisacharydów oraz ich mieszaniny przygotowywano w temp. 20 °C i przy zachowaniu pH w przedziale 6,7 - 7,0. W przypadku obu preparatów białkowych (WPI, SPI) zastosowano procedurę rozpuszczania opisaną w literaturze [7], ze zmianami. W przypadku roztworów polisacharydów 12-godzinne mieszanie w temp. 20 °C (mieszadło magnetyczne, 500 rpm) wystarczyło do otrzymania roztworów o lepkości umożliwiającej przepływ roztworu przez celkę pomiarową osmometru membranowego.

Na podstawie doświadczeń z jednoskładnikowymi układami opracowano procedury przygotowania dwuskładnikowych wodnych roztworów WPI/SPI i polisacharydów (XG/INU) oraz mieszanin trójskładnikowych (WPI/SPI-XG-INU-woda). W przypadku mieszanin dwuskładnikowych odważano 0,5 g białka i zmienną ilość XG lub INU (5 naważek o maksymalnej zawartości hydrokoloidu 0,05 g). W przypadku mieszanin trójskładnikowych naważano po 0,5 g WPI/SPI, 0,025 g XG i zmienną ilość INU (5 naważek o maksymalnej zawartości INU 0,025 g), z zachowaniem preferowanej proporcji pomiędzy białkiem a polisacharydami. Roztwory wytrząsano 12 h w temp. otoczenia, a następnie wirowano (9000 rpm, 10 min, 4 °C). Wszystkie mie-

szaniny zabezpieczano przed działaniem drobnoustrojów, dodając 10 µl wodnego roztworu NaN_2 (0,01 % m/m). Tak otrzymane roztwory poddawano badaniom osmometrycznym.

Do pomiarów ciśnienia osmotycznego posłużył osmometr membranowy Osmomat 090 (Gonotec, Berlin, Niemcy). Urządzenie to umożliwia pomiar ciśnienia osmotycznego, rzędu 0,1 mm słupa wody, polimerów o minimalnej średniej masie cząsteczkowej 2 kg/mol, w zakresie temp. 30 - 50 °C. Podczas pomiarów można korzystać z membran o wartościach obcięcia *cut-off* od 5 do 20 kg/mol. Wielkość porów membrany, a tym samym rodzaj membrany dobrano eksperymentalnie. Był on uzależniony przede wszystkim od średniej masy cząsteczkowej białek (10^4 Da). Badania osmometryczne wykonywano w temp. 30 i 40 °C. Wszystkie pomiary ciśnienia osmotycznego wykonywano w seriach 5 roztworów i w czterech powtórzeniach dla każdego stężenia roztworu. Tak obszerny program badawczy umożliwił estymację parametrów osmotycznego równania stanu [9]:

$$\frac{\pi}{c_w} = \frac{RT}{M_n} \cdot [1 + A_2(T) \cdot c_w + A_3(T) \cdot c_w^2 + \dots],$$

w którym:

$A_2(T)$, $A_3(T)$ – osmotyczny drugi i trzeci współczynnik wirialu,

c_w – stężenie substancji rozpuszczonej,

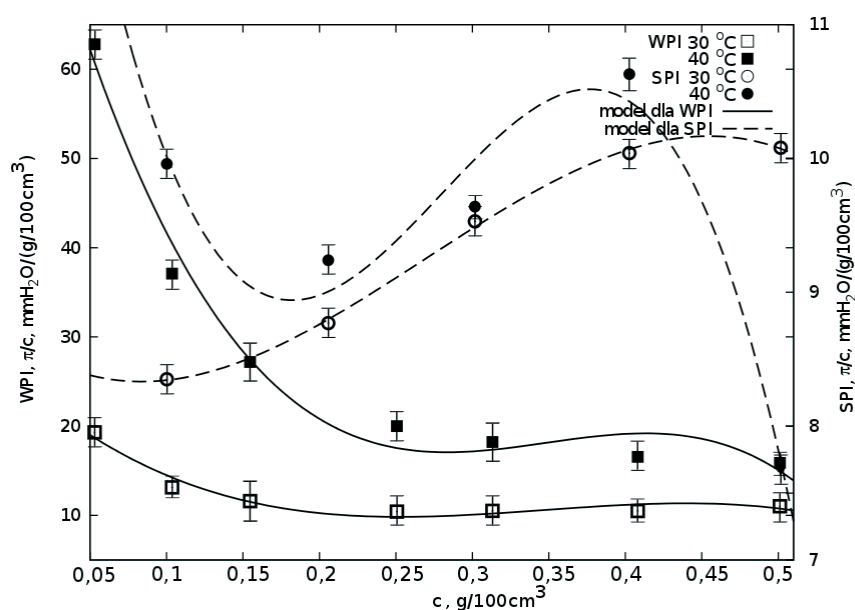
M_n – średnia osmotyczna masa cząsteczkowa.

Współczynniki w powyższym równaniu mają następujący sens fizyczny: wartość średniej osmotycznej masy cząsteczkowej zależy od oddziaływań pomiędzy składnikami roztworu. W przypadku agregacji łańcuchów biopolimerów czy też tworzenia kompleksów przyjmuje ona wartości większe niż masy poszczególnych składników. Jeżeli natomiast substancje rozpuszczone nie oddziałują ze sobą, wyznaczona masa cząsteczkowa jest średnią wartością mas poszczególnych biopolimerów. Wartość drugiego współczynnika wirialu $A_2(T)$ jest istotna ze względu na ilościowy opis oddziaływań pomiędzy rozpuszczonymi biopolimerami [1, 22]. Ujemne wartości współczynnika świadczą o agregacji cząsteczek lub wręcz o ich krystalizacji [5]. Dodatnie wartości odzwierciedlają z kolei bardzo dobre warunki rozpuszczalności, wynikające z doboru odpowiedniego rozpuszczalnika. Jeżeli w układzie nie występują oddziaływania pomiędzy cząsteczkami, brak jest zależności pomiędzy ciśnieniem osmotycznym a stężeniem biopolimeru.

Wyniki i dyskusja

Właściwości koligatywne roztworów białek i roztworów polisacharydów

Wyniki pomiarów ciśnienia osmotycznego roztworów białek przedstawiono na rys. 1. Po przeanalizowaniu zależności $\frac{\pi}{c}(c)$ stwierdzono, że izolat białek serwatkowych wykazywał zdecydowanie większe powinowactwo do wody niż izolat białek sojowych. Objawiało się to większymi wartościami ciśnienia osmotycznego WPI zarówno w temp. 30, jak i 40 °C.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

WPI – izolat białek serwatkowych / whey protein isolate, SPI – izolat białek sojowych / soy protein isolate, c – stężenie / concentration.

Rys. 1. Zależność ciśnienia osmotycznego roztworów białek od ich stężenia, w temp. 30 i 40 °C (układ jednoskładnikowy).

Fig. 1. Dependence of osmotic pressure of protein solutions and their concentration at temperatures of 30 °C and 40 °C (single system).

Zależność π/c od stężenia białka nie jest funkcją liniową. Jej malejący przebieg wskazuje na to, że białka serwatkowe obecne w roztworze wykazują tendencję do agregacji [5, 14]. Wartość drugiego współczynnika wirialu (tab. 2) była ujemna. W przypadku roztworów białek sojowych w temp. 30 °C ciśnienie osmotyczne wzrastało nieliniowo ze wzrostem stężenia białka. Wprawdzie wartość A_2 była ujemna, ale

pod względem wartości bezwzględnej najmniejsza (tab. 2). Otrzymane wyniki wskazują na dobrą rozpuszczalność SPI w wodzie i słabą tendencję cząsteczek białka do agregacji w tym zakresie stężeń [21]. W temp. 40 °C wartości $\frac{\pi}{c}$ (c) wzrastały w zakresie stężeń do 0,4 g/100 cm³, a następnie gwałtownie malały. Oznacza to, że po przekroczeniu stężenia 0,4 g/100 cm³ następowała agregacja cząsteczek tego białka. Wartość drugiego współczynnika wirialu była w tej temperaturze ujemna.

Tabela 2

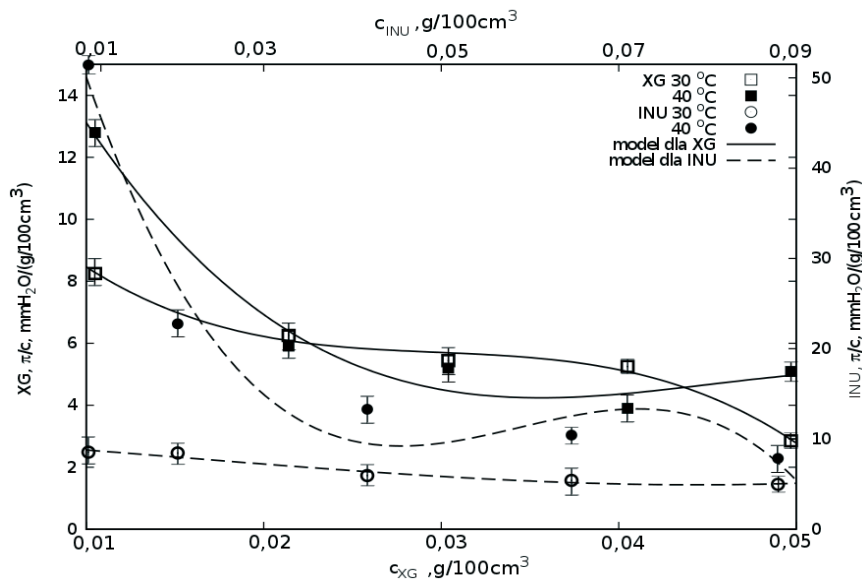
Wartości drugiego współczynnika wirialu w temp. 30 i 40 °C.
Values of second virial coefficient at temperatures of 30 °C and 40 °C.

Układ / System	$A_2 \cdot 10^{-6}$ [cm ³ ·mol·g ⁻²]	
	30 °C	40 °C
WPI	-4,80 ± 0,50	-21,2 ± 0,90
SPI	-0,25 ± 0,05	-2,77 ± 0,10
XG	-25,2 ± 3,50	-45,4 ± 9,2
INU	-1,88 ± 0,40	-95,8 ± 14,4
WPI-XG	14,79 ± 0,39	-1306 ± 10
WPI-INU	14,14 ± 0,12	403,1 ± 35,1
SPI-XG	-868,8 ± 10,2	-397,8 ± 5,6
SPI-INU	-668,5 ± 9,4	-668,2 ± 10,0
WPI-XG-INU	-12486 ± 250	-3389 ± 100
SPI-XG-INU	-3458 ± 100	-7218 ± 100

Objaśnienia / Explanatory notes:

WPI – izolat białek serwatkowych / whey protein isolate, SPI – izolat białek sojowych / soy protein isolate, XG – guma ksantanowa / xanthan gum, INU – inulina / inulin.

Podobnie zachowywały się roztwory inuliny (rys. 2). W temp. 40 °C obserwowano wyższe wartości ciśnienia osmotycznego niż w 30 °C. Drugi współczynnik wirialu był ujemny. Roztwory XG wykazywały znacznie niższe wartości ciśnienia osmotycznego. W temp. 30 °C wartość A_2 była ujemna i największa co do wartości bezwzględnej w grupie układów jednoskładnikowych (tab. 2). Stwierdzono, że inulina dobrze rozpuszczała się w wodzie, ale wykazywała tendencję do agregacji. Zjawisko to nasilało się w wyższej temperaturze – wartości A_2 były dużo większe co do wartości bezwzględnej.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

XG – guma ksantanowa / – xanthan gum, INU – inulina / inulin; c – stężenie / concentration.

Rys. 2. Zależność ciśnienia osmotycznego roztworów polisacharydów od ich stężenia, w temp. 30 i 40 °C (układ jednoskładnikowy).

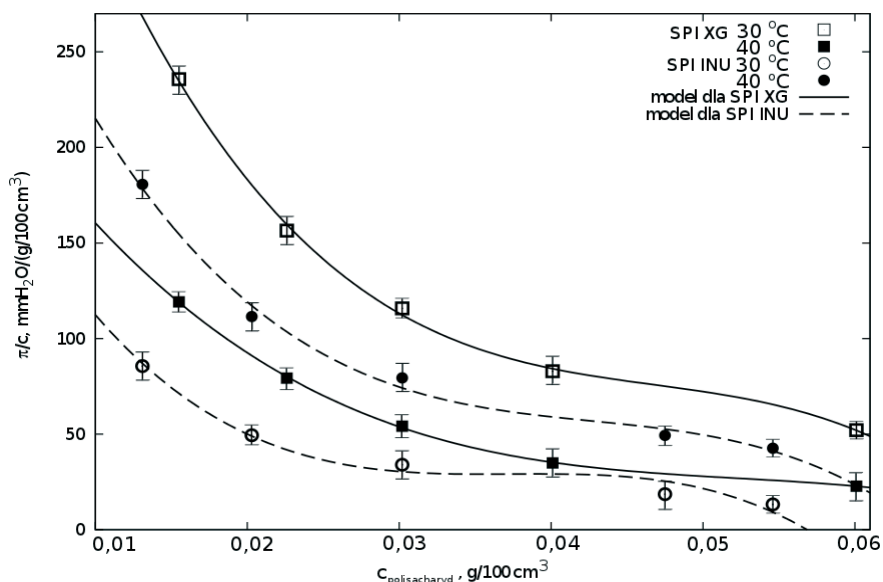
Fig. 2. Dependence of osmotic pressure of polysaccharide solutions and their concentration at temperatures of 30 °C and 40 °C (single system).

XG wykazywała mniejsze powinowactwo do wody, o czym świadczą mniejsze wartości $\frac{\pi}{c}(c)$. Wzrost temperatury do 40 °C nie powodował tak gwałtownych zmian jej rozpuszczalności. Wyznaczono również średnie osmotyczne masy cząsteczkowe gumy ksantanowej i inuliny, które wyniosły odpowiednio 1960 kg/mol i 126 kg/mol.

Roztwory białek i polisacharydów

Dodatek INU lub XG do roztworu SPI (rys. 3) zmienił właściwości osmotyczne układu w porównaniu z układami jednoskładnikowymi. Zaobserwowano bardzo duże wartości ciśnienia osmotycznego, co świadczy o możliwości wiązania dużej ilości wody przez te mieszaniny. Wzrost stężenia polisacharydu powodował nieliniowe zmniejszanie wartości $\frac{\pi}{c}(c)$, co w konsekwencji prowadziło do ujemnych wartości A_2 (tab. 2), zarówno w temp. 30, jak i 40 °C. Zachowanie to może świadczyć o tworzeniu kompleksu pomiędzy białkami izolatu a XG. Jak wskazują Miguelim i wsp. [12], polisacharyd ten zdolny jest do oddziaływania elektrostatycznego z białkami. W przypad-

ku roztworu SPI-INU wzrost temp. do 40 °C spowodował wzrost ciśnienia osmotycznego.



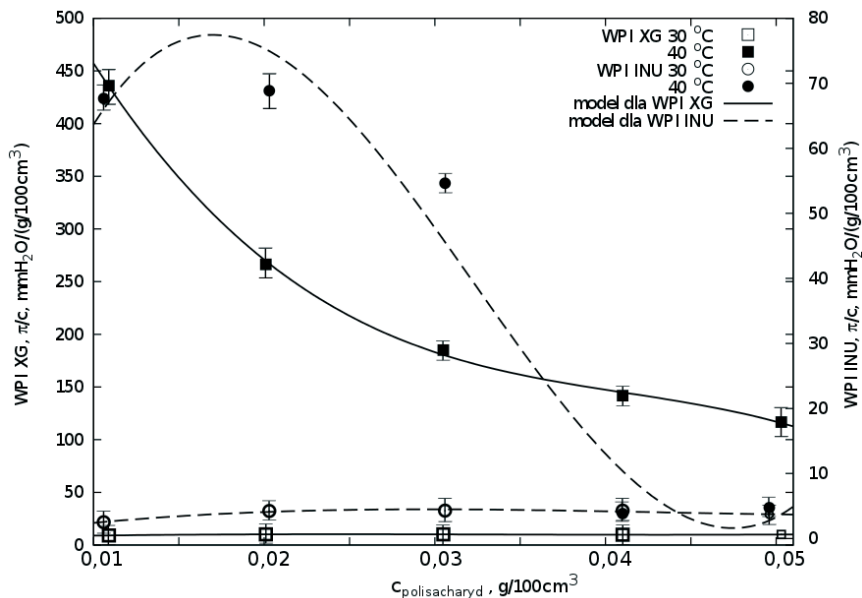
Objaśnienia: / Explanatory notes:

SPI – izolat białek sojowych / soy protein isolate, XG – guma ksantanowa / xanthan gum, INU – inulina / inulin, c – stężenie / concentration.

Rys. 3. Zależność ciśnienia osmotycznego roztworów SPI z polisacharydami od ich stężenia, w temp. 30 i 40 °C (układy dwuskładnikowe).

Fig. 3. Dependence of osmotic pressure of SPI-polysaccharide solutions and their concentration at temperatures of 30 °C and 40 °C (binary systems).

Odmienne zachowanie wykazywały roztwory izolatu białek serwatkowych i polisacharydów (rys. 4). W temp. 30 °C zarówno układy WPI-XG, jak i WPI-INU wykazywały nieliniowo rosnącą zależność ciśnienia osmotycznego od stężenia polisacharydu. Wartości drugiego współczynnika wirialu były dodatnie i zbliżone do siebie (tab. 2). W temp. 40 °C widoczne były różnice we właściwościach koligatywnych. Przede wszystkim wystąpił zdecydowany wzrost ciśnienia osmotycznego w porównaniu z danymi uzyskanymi w 30 °C. W przypadku roztworu WPI i XG ciśnienie osmotyczne gwałtownie malało ze wzrostem stężenia gumy ksantanowej. Drugi współczynnik wirialu był ujemny i, co do wartości bezwzględnej, bardzo wysoki – $1306 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3 \cdot \text{mol} \cdot \text{g}^{-2}$. Właściwości koligatywne roztworu WPI-INU w temp. 40 °C charakteryzowała dodatnia wartość A_2 .



Objaśnienia: / Explanatory notes:

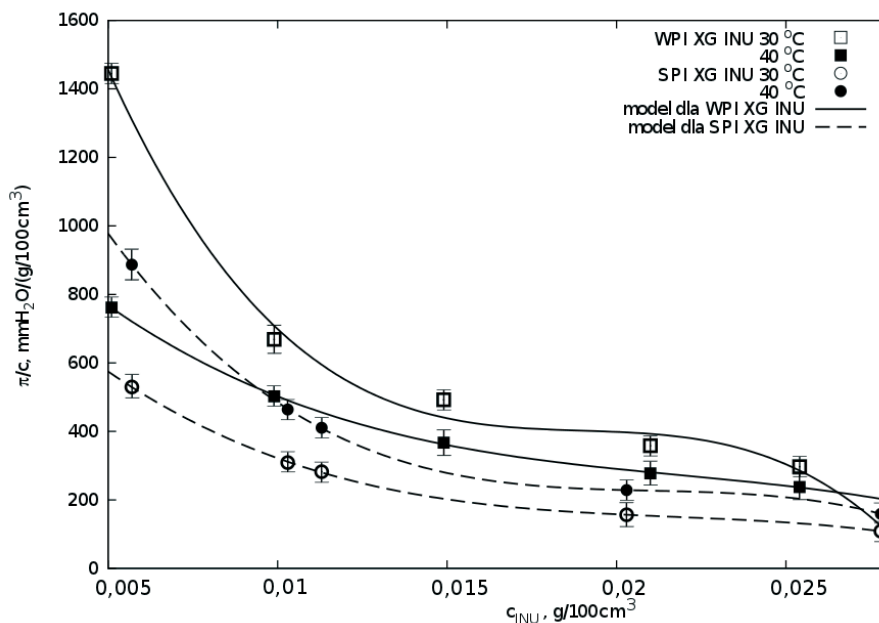
WPI – izolat białek serwatkowych / whey protein isolate, XG – guma ksantanowa / xanthan gum, INU – inulina / inulin, c – stężenie / concentration.

Rys. 4. Zależność ciśnienia osmotycznego roztworów WPI-polisacharyd od stężenia polisacharydów, w temp. 30 i 40 °C (układy dwuskładnikowe).

Fig. 4. Dependence of osmotic pressure of WPI-polysaccharide solutions and concentration of polysaccharides at temperatures of 30 °C and 40 °C (binary systems).

W zakresie niższych stężeń inuliny następował niewielki wzrost ciśnienia osmotycznego, następnie wartości $\frac{\pi}{c}(c)$ gwałtownie malały, a po przekroczeniu stężenia 0,04 g/100 cm³ następował ponowny wzrost π . Oznacza to, że w przypadku tej mieszaniny wystąpiły obszary stężeniowe ograniczonej rozpuszczalności składników układu. Wartości A_2 mieszanin WPI w temp. 30 °C wskazują na stabilizujące działanie XG, która kompleksuje z białkami i zapobiega separacji faz [10, 14]. Wraz ze wzrostem temperatury XG zaczyna ulegać przemianie helisa-kłębek [19], co objawia się ujemną wartością A_2 w temp. 40 °C. Zjawiska tego nie obserwowano w przypadku INU.

Układy trójskładnikowe (rys. 5) charakteryzowały się dużymi możliwościami pochłaniania wody, o czym świadczyły wartości $\frac{\pi}{c}(c)$. Jednak wzrost ilości polisacharydu w mieszaninie powodował gwałtowne obniżenie ciśnienia osmotycznego. W konsekwencji estymowane wartości A_2 były we wszystkich przypadkach ujemne (tab. 2).



Objaśnienia: / Explanatory notes:

WPI – izolat białek serwatkowych / whey protein isolate, SPI – izolat białek sojowych / soy protein isolate, XG – guma ksantanowa / xanthan gum, INU – inulina / inulin, c – stężenie / concentration.

Rys. 5. Zależność ciśnienia osmotycznego roztworów WPI/SPI-XG-INU od stężenia INU, w temp. 30 °C i 40 °C (układy trójskładnikowe).

Fig. 5. Dependence of osmotic pressure of WPI/SPI-XG-INU solutions and concentration of INU at temperatures of 30 °C and 40 °C (ternary systems).

Wnioski

1. Izolat białek serwatkowych wykazuje większe powinowactwo do wody w porównaniu z izolatem białek sojowych.
2. Inulina dobrze rozpuszcza się w wodzie, ale wykazuje tendencję do agregacji. Zjawisko to nasila się w wyższej temperaturze. Otrzymane wartości A_2 są dużo większe co do wartości bezwzględnej. Woda nie jest dobrym rozpuszczalnikiem gumy ksantanowej. Polisacharyd ten ma tendencje do agregacji; wzrost temperatury do 40 °C nie powoduje dużych zmian jego rozpuszczalności.
3. Dodatek INU lub XG do roztworu izolatu białka sojowego zmienia właściwości osmotyczne w porównaniu z układami jednoskładnikowymi. Duże wartości ciśnienia osmotycznego świadczą o możliwości wiązania wody przez te mieszaniny.
4. W temp. 30 °C roztwory WPI-XG i WPI-INU wykazują dodatnią wartość współczynnika A_2 , co świadczy o dobrej ich rozpuszczalności w wodzie.

5. Układy WPI-XG-INU i SPI-XG-INU charakteryzują się dużymi możliwościami pochłaniania wody, o czym świadczą wysokie wartości ciśnienia osmotycznego ich wodnych roztworów. Wzrost ilości polisacharydu w mieszaninie powoduje gwałtowne obniżenie ciśnienia osmotycznego.

Badania finansowane z Funduszu dla Młodych Naukowców BM-4724/KIAPS/2012.

Literatura

- [1] Aberle T., Burchard W.: Universality in behavior of branched macromolecules in semidilute solutions. *Computational and Theoretical Polymer Science*, 1997, **7**, 215-225.
- [2] Benichou A., Aserin A., Garti N.: Protein-polysaccharide interactions for stabilization of food emulsions. *J. Disp. Sci. Technol.*, 2002, **23** (1), 93-123.
- [3] Darewicz M., Dziuba J.: Struktura a właściwości funkcjonalne białek mleka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **2** (4), 47-60.
- [4] De Kruif C.G., Tuinier R.: Polysaccharide protein interactions. *Food Hydrocol.*, 2001, **15** (4), 555-563.
- [5] Deszczynski M., Harding S. E., Winzor D. J.: Negative second virial coefficients as predictor of protein crystal growth: Evidence from sedimentation equilibrium studies that refutes the designation of those light scattering parameters virial coefficients. *Biophysical Chemistry*, 2006, **120**, 106-113.
- [6] Doublier J.L., Garnier C., Renard D., Sanchez C.: Protein-polysaccharide interactions. *Current Opin. Coll. Interf. Sci.*, 2000, **5**, 202-214.
- [7] Guimaraes Pelegrine D.H., de Moraes Santos Gomes M.T.: Whey protein solubility curves at several temperatures values. *Ciência e Natura*, 2008, **30**, 17.
- [8] Gustaw W., Mleko S., Glibowski P., Janas P.: Wpływ ogrzewania i typu dodanego karagenu na właściwości fizykochemiczne roztworów WPI. *Annales UMCS, Sec. E*, 2004, **59** (1), 215-223.
- [9] Hu Y., Ying X., Wu D.T., Prausnitz J.M.: Continuous thermodynamics for polydisperse polymer solutions. *Fluid Phase Equilibria*, 1995, **104**, 229-252.
- [10] Klein M., Aserin A., Ishai P.B., Garti N.: Interactions between whey protein isolate and gum Arabic. *Colloids Surf B: Biointerfaces*, 2010, **79**, 377-383.
- [11] Mine Y.: Recent advances in the understanding of egg white protein functionality. *Trends Food Sci. Technol.*, 1995, **6**, 225-232.
- [12] Miquelim J., Lannes S., Mezzenga R.: pH influence on the stability of foams with protein-polysaccharide complexes at their interfaces. *Food Hydrocoll.*, 2010, **24** (4), 398-405.
- [13] Mleko S.: Otrzymywanie mieszanych żeli białek serwatkowych z wybranymi polisacharydami i badanie ich właściwości mechanicznych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **1** (38), 34-40.
- [14] Perez A.A., Carrara C.R., Sanchez C.C., Santiago L.G., Patino J.M.R.: Interfacial and foaming characteristics of milk whey protein and polysaccharide mixed systems. *AIChE*. 2010, **56** (4), 1107-1117
- [15] Ptaszek A., Łukasiewicz M., Bednarz Sz.: Environmental friendly polysaccharide modification – rheological properties of oxidized starches water systems. *Starke*, 2013, **65**, 134-145.
- [16] Samant S., Singhal R., Kulkarni P., Rege D.: Protein-polysaccharide interactions: a new approach in food formulations. *Inter. J. Food Sci. Technol.*, 1993, **28** (6), 547-562.
- [17] Surówka K., Maciejaszek I.: Oddziaływania białkowo-polisacharydowe i ich praktyczne wykorzystanie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **4** (53), 17-35.

- [18] Tolstoguzov V.B.: Functional properties of food proteins and role of protein-polysaccharide interaction. *Food Hydrocoll.*, 1991, **4 (6)**, 429-468.
- [19] Viebke Ch.: Order-disorder Conformational Transition of Xanthan Gum. *Polysaccharides 2nd Ed.*, Ed. Severian Dumitriu, Marcel Dekker, New York 2005.
- [20] Worobiej E., Wołosiak R., Chwalisz M.: Właściwości białek preparatów części białkowej jaja w procesie utleniania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **4 (49)**, 136-144.
- [21] Xie Y.R., Hettiarachchy N.S.: Effect of xanthan gum on enhancing the foaming properties of soy protein isolate. *JAACS*, 1998, **75 (6)**, 729-732.
- [22] Yokozeki A.: Osmotic pressures studied using a simple equation-of-state and its applications. *Applied Energy*, 2006, **83**, 15-41.

APPLYING OSMOMETRIC MEASUREMENTS TO ASSESS PROTEIN-POLYSACCHARIDE INTERACTIONS IN WATER SOLUTIONS

S u m m a r y

Among other things, shelf life of food products depends on interactions among proteins, polysaccharides, and water. It is possible to assess them based on the measurements of osmotic pressure in model systems: solvent - single biopolymer or a mixture of biopolymers.

The initial research material constituted aqueous solutions of protein isolates: whey (WPI) and soy (SPI) as well as of aqueous solutions of polysaccharides: xanthan gum (XG) and inulin (INU). In the process of further research, aqueous mixtures of proteins and polysaccharides were prepared; they contained two or three components dissolved: WPI / SPI-XG, WPI / SPI-INU, and WPI / SPI-XG-INU. In all of the solutions, the π osmotic pressure was measured as a function of concentration and temperature. The values of virial coefficients were determined; they made it possible to determine the nature of interactions amidst the molecules of the solutions components. The results obtained suggest that polysaccharide – protein complexes have been formed. On the basis of the research performed, the mean molecular osmotic weights of XG and INU (1960 kg / mol and 126 kg / mol, respectively) were determined.

Key words: whey protein isolate (WPI), soy protein isolate (SPI), xanthan gum (XG), inulin (INU), osmotic pressure, osmotic virial coefficients 