

Ewa Ostrowska-Ligęza, Andrzej Lenart
Wydział Technologii Żywności
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

PROGRAMOWANIE WŁAŚCIWOŚCI SORPCYJNYCH KAKAO INSTANT W POSTACI SYPKIEJ Z ZASTOSOWANIEM ZASADY SUPERPOZYCJI

Streszczenie

Materiał badawczy stanowiły następujące surowce w postaci sypkiej: cukier kryształ, kakao, mleko w proszku i maltodekstryna. Wyznaczono kinetykę adsorpcji pary wodnej przy trzech poziomach aktywności wody środowiska (0,34, 0,65 i 0,90). Do uzyskanych danych empirycznych dopasowano równanie wykładnicze i zastosowano zasadę superpozycji uwzględniającą skład surowcowy mieszanin. Wykazano, że zasadę superpozycji można wykorzystywać przy trzech poziomach aktywności wody środowiska 0,34; 0,65 i 0,90 w początkowej fazie procesu adsorpcji pary wodnej.

Słowa kluczowe: kakao instant, aktywność wody, równania kinetyki sorpcji, zasada superpozycji

Wprowadzenie

Kinetyka adsorpcji pary wodnej przez żywność wysuszoną bez opisu matematycznego krzywych jest udokumentowana w literaturze dla szeregu produktów spożywczych [Ostrowska-Ligęza i Lenart 1999; Buera, Schebor, Elizande 2005]. Krzywe kinetyczne dla badanych proszków opisano funkcją wykładniczą uzyskując dość dużą zgodność z danymi eksperymentalnymi, zwłaszcza w niższych aktywnościach wody środowiska [Pilosof i in. 1985; Malthlouthi i Roge 2003] badali izotermi adsorpcji pary wodnej, kinetykę chłonięcia wody przez sacharozę z dodatkiem białek. Wykazano, że sacharoza ma dużą podatność na zbrylanie, w różnych temperaturach i przy różnej zawartości wody.

Celem pracy była próba opisu matematycznego sorpcji pary wodnej przez żywność w postaci sypkiej na przykładzie kakao instant. Zastosowano zasadę superpozycji w celu znalezienia możliwości przewidywania zawartości wody podczas procesu adsorpcji pary wodnej przez kakao instant w postaci sypkiej.

Metodyka

Materiał badawczy stanowiły następujące surowce w postaci sypkiej: cukier kryształ, kakao, tłuste mleko w proszku i maltodekstryna o DE – 9,5. W wyniku mieszania surowców w postaci sypkiej uzyskano produkty o zróżnicowanym składzie surowcowym. Kinetykę adsorpcji pary wodnej wyznaczono przy trzech poziomach aktywności wody środowiska (0,34, 0,65 i 0,90) w temperaturze 25°C przez 24 godziny. Interpretacja wyników kinetyki adsorpcji pary wodnej została przeprowadzona na podstawie: krzywych kinetycznych i równania opisującego te zależności. Do opisu krzywych kinetycznych zastosowano następujące równanie:

$$u = B[1 - \exp(-C\tau)] \quad (1)$$

gdzie:

- u – zawartość wody (g H₂O/100g s.s.),
- τ (tau) – czas (min);
- B, C – współczynniki procesowe w równaniu (1).

Zastosowano zasadę superpozycji w celu przewidywania zawartości wody w mieszaninach na podstawie udziałów masowych poszczególnych składników.

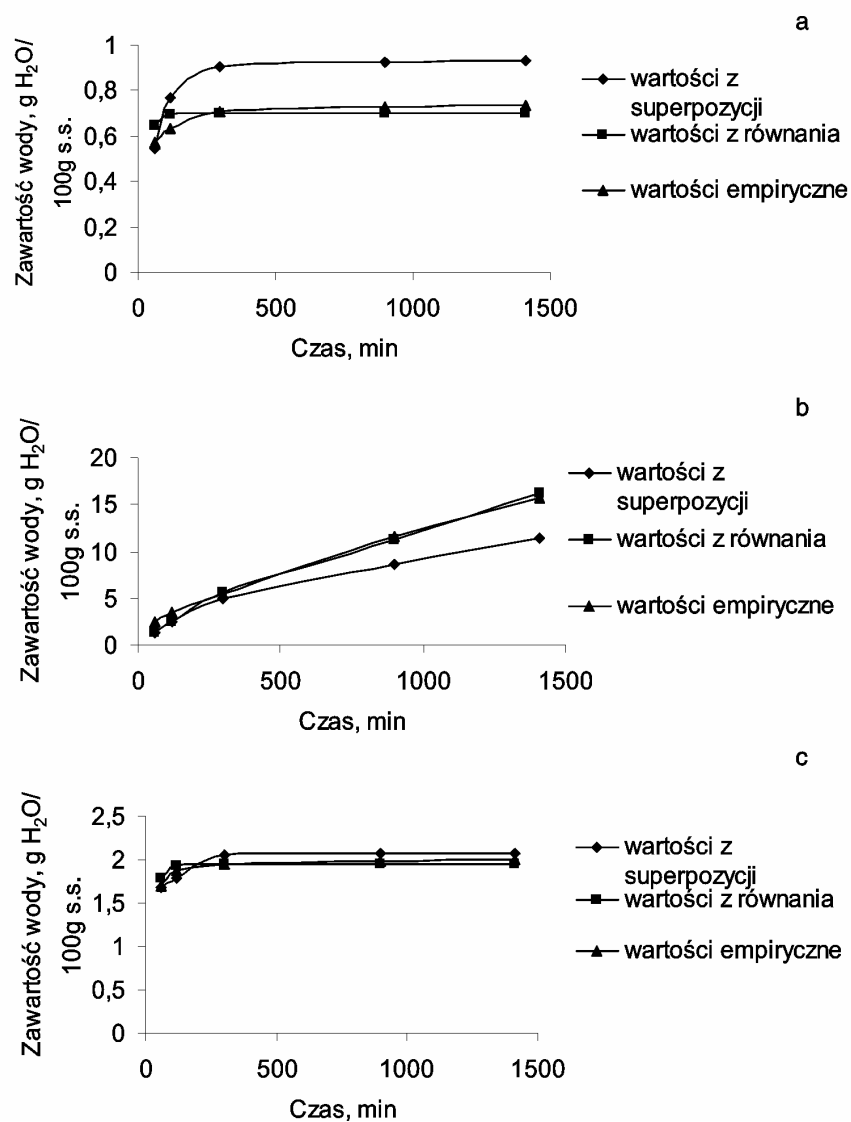
$$u = \sum_{n=1}^{\infty} x_i u_i$$

gdzie:

- x – udział masowy poszczególnych składników (ułamek),
- i – kolejny składnik.

Omówienie wyników

Na rysunku 1 przedstawiono krzywe kinetyki adsorpcji pary wodnej uzyskane empirycznie, na podstawie równania i na zasadzie superpozycji przy trzech poziomach aktywności wody środowiska dla mieszaniny o składzie: 20% kakao, 80% cukier kryształ. Przy aktywności wody 0,34 zawartość wody dla wartości empirycznych i wartości otrzymanych z równania przybiera podobne wartości od czasu 300 minut. Zaobserwowano niewielkie różnice dla czasu 60 i 120 minut. Natomiast wartości otrzymane z zastosowaniem zasady superpozycji dość znacznie odbiegają od wartości wyżej omówionych. Tylko dla czasu 60 minut przybierają wartości zbliżone do otrzymanych empirycznie. Zawartość wody otrzymana z zastosowaniem zasady superpozycji przyjmuje wyższe wartości niż wartości empiryczne i otrzymane z równania (rys. 1a).

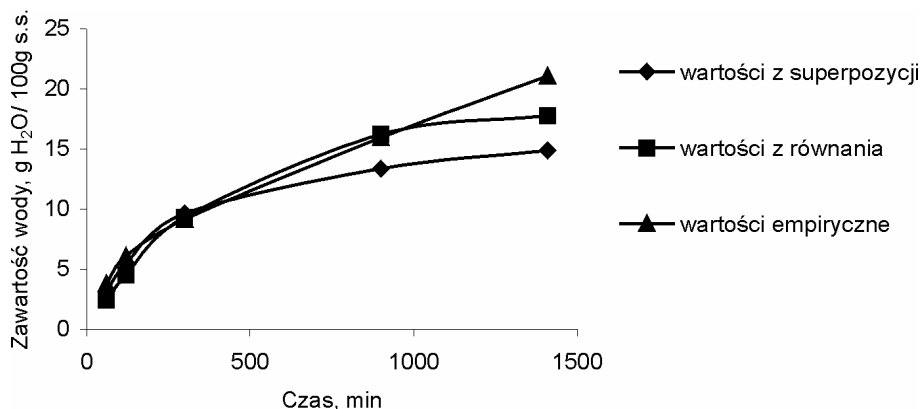


Rys. 1. Krzywe kinetyki adsorpcji pary wodnej uzyskane empirycznie, na podstawie równania i na zasadzie superpozycji przy trzech poziomach aktywności wody środowiska 0,34 (a); 0,65 (b) i 0,90 (c). Skład mieszaniny: 20% kakao, 80% cukier kryształ

Fig. 1. Kinetic of water vapour adsorption obtained empirically, by equation and by superposition at water activity 0,34 (a); 0,65 (b) and 0,90 (c). Mixture composition: 20% cocoa, 80% crystal sugar

Przy aktywności wody środowiska 0,65 zawartość wody otrzymana eksperymentalnie i obliczona przy użyciu równania i zasady superpozycji układu się na podobnych poziomach. Dla czasów 60 i 120 minut zawartość wody otrzymana przez zastosowanie zasady superpozycji ma niższe wartości niż otrzymana dwoma pozostałymi metodami, ale od czasu 300 minut przyjmuje wyższe wartości (rys. 1b). Odwrotną tendencję zaobserwowano dla zawartości wody otrzymanej trzema metodami przy aktywności wody środowiska 0,90. Zawartości wody otrzymane z zastosowaniem zasady superpozycji przybierają niższe wartości dla czasu 300 minut niż otrzymane eksperymentalnie i przy użyciu równania. Dla czasów 60 i 120 minut zawartość wody otrzymana przez zastosowanie zasady superpozycji i równania są zbliżone (rys. 1c).

Na rysunku 2 przedstawiono krzywe kinetyki adsorpcji pary wodnej uzyskane empirycznie, na podstawie równania i na zasadzie superpozycji przy aktywności wody środowiska 0,90 dla mieszaniny o składzie: 20% kakao, 40% cukier kryształ, 40% mleko. Dla czasów 60, 120 i 300 minut zawartość wody określona przy zastosowaniu trzech metod przybierała zbliżone wartości. Dla czasu 900 minut zawartość wody obliczona za pomocą zasady superpozycji uzyskała niższą wartość niż wartość empiryczna i obliczona z równania. Po czasie 1410 minut najwyższą wartość miała zawartość wody uzyskana empirycznie, natomiast najniższą wartość obliczona za pomocą zasady superpozycji.



Rys. 2. Krzywe kinetyki adsorpcji pary wodnej uzyskane empirycznie, na podstawie równania i na zasadzie superpozycji przy aktywności wody środowiska 0,90. Skład mieszaniny: 20% kakao, 40% cukier kryształ, 40% mleko

Fig. 2. Kinetic of water vapour adsorption obtained empirically, by equation and by superposition at water activity 0,90. Mixture composition: 20% cocoa, 40% crystal sugar, 40% milk powder

W tabeli 1 przedstawiono współczynniki B i C równania (1) oraz stopnie dopasowania tego równania do wartości otrzymanych empirycznie. Dla wszystkich trzech mieszanin i dla trzech poziomów aktywności wody środowiska współczynnik B w miarę wzrostu poziomu aktywności wody zwiększa swoją wartość, która odpowiada przewidywanej zgodnie z równaniem (1) równowagowej zawartości wody. Natomiast współczynnik C przy aktywności wody środowiska 0,90 dla wszystkich trzech mieszanin przyjmuje wartości najniższe. Natomiast dla mieszaniny o składzie 20% kakao, 80% cukier kryształ przy aktywności wody środowiska 0,34 i 0,65 przyjmuje najwyższe wartości. Stopnie dopasowania równania osiągnęły wartości bardzo wysokie i wahały się od 0,999 do 0,994 dla wszystkich mieszanin.

Tabela 1. Stopień dopasowania i współczynniki procesowe równania opisującego krzywą kinetyczną adsorpcji pary wodnej przez kakao instant w postaci sypkiej

Table 1. Degree of adjusted and process coefficients of equation described kinetics curve of water vapour adsorption by powdered cocoa drink

Skład mieszaniny	A _w	Współczynnik B	Współczynnik C · 10 ³	R ²
20% kakao, 80% cukier kryształ	0,34	0,699	40,532	0,999
	0,65	1,944	40,573	0,998
	0,90	16,243	1,374	0,999
20% kakao, 40% cukier kryształ, 40% mleko	0,34	1,737	7,373	0,999
	0,65	8,049	3,155	0,994
	0,90	18,469	2,307	0,999
20% kakao, 40% cukier kryształ, 40% maltodekstryna	0,34	2,155	9,502	0,999
	0,65	6,132	13,634	0,999
	0,90	17,111	2,123	0,999

W tabeli 2 przedstawiono odchylenie zawartości wody określone na podstawie różnicy zawartości wody otrzymanej eksperymentalnie i zawartości wody uzyskanej na podstawie zasady superpozycji. Wartości odchylenia kształtują się na bardzo zróżnicowanych poziomach. W przypadku występowania wartości ujemnych mamy do czynienia z większą zawartością wody uzyskaną metodą empiryczną. Najniższe wartości odchylenia uzyskano dla mieszaniny o składzie 20% kakao, 80% cukier kryształ przy aktywności wody środowiska 0,90. Natomiast najwyższe wartości odchylenia wystąpiły dla mieszaniny o składzie 20% kakao, 40% cukier kryształ, 40% mleko przy aktywności wody środowiska 0,65.

Tabela 2. Odchylenie między zawartością wody określoną eksperymentalnie a obliczoną z zasady superpozycji dla poszczególnych czasów pomiaru: 1- 60, 2- 120, 3 – 300, 4 – 900, 5 – 1410 minut

Table 2. Deviation between water content from experience and from superposition for individual times of measurement: 1- 60, 2- 120, 3 – 300, 4 – 900, 5 – 1410 minute

Skład mieszaniny	A _w	Odchylenie zawartości wody [%]					Wartość średnia [%]	Przedział [%]
		1	2	3	4	5		
20% kakao, 80% cukier krystalizowany	0,34	-3,89	20,82	27,54	27,25	26,89	19,72	-3,89÷27,54
	0,65	-0,71	-4,29	5,56	4,44	3,88	1,78	-4,29÷5,56
	0,90	-46,95	-29,29	-10,49	-25,37	-27,75	-27,97	-46,95÷-10,49
20% kakao, 40% cukier krystalizowany, 40% mleko	0,34	1,96	15,12	18,32	15,28	12,43	12,62	1,96÷18,32
	0,65	186,84	117,11	2,48	-25,11	-29,88	50,56	-29,88÷186,84
	0,90	-17,84	-10,65	5,31	-16,33	-29,45	-13,79	-29,45÷5,31
20% kakao, 40% cukier krystalizowany, 40% maltodekstryna	0,34	3,66	13,64	19,79	18,68	23,74	15,90	3,66÷23,74
	0,65	-41,09	-33,62	-19,28	0,78	4,17	-17,81	41,09÷4,17
	0,90	3,28	10,71	19,08	6,87	-5,58	6,87	-5,58÷19,08

Wnioski

1. Równanie wykładnicze dobrze opisuje zależności zawartość wody od czasu adsorpcji pary wodnej w zakresie aktywności wody środowiska od 0,3 do 0,9.
2. Zasadę superpozycji można stosować w zakresie aktywności wody środowiska od 0,3 do 0,9 w początkowej fazie procesu adsorpcji pary wodnej, to jest w czasie nieprzekraczającym około 2 godzin.

Bibliografia

Buera P., Schebor C., Elizalde B. 2005. Effects of carbohydrate crystallization on stability of dehydrated foods and ingredient formulations. *Journal of Food Engineering*, 67, s. 157-165.

Mathlouthi M., Roge B. 2003. Water vapour sorption isotherms and the caking of food powders. *Food Chemistry*, (82), s. 61-67.

Ostrowska-Ligęza E., Lenart A. 1999. Właściwości sorpcyjne mieszaniny cukru, kakao, maltodekstryny i mleka w proszku. Materiały z IX Sympozjum Suszarnictwa, 22-24 września 1999, s. 95-105.

Pilisof A., Boquet R., Bartholomai G. 1985. Kinetics of water uptake by powders. Journal of Food Science, (50), s. 278-282.

PROGRAMMING WATER SORPTION PROPERTIES OF COCOA INSTANT POWDER WITH SUPERPOSITION APPLICATION

Summary

The materials were following powders: crystal sugars, pure cacao, milk powder and maltodextrin. Kinetic of water adsorption were determined in three levels of environment at water activity (0,34; 0,65; 0,90). For empirical data were adjusted exponential equation and were complied superposition with considerations of material composition. It was proved that superposition could use in three levels of environment at water activity (0,34; 0,65; 0,90) in initial phase of water adsorption kinetic.

Key words: cocoa drink powder, water activity, kinetic, water adsorption, superposition