

Aneta OCIECZEK

e-mail: daszenka@am.gdynia.pl

Katedra Organizacji Usług Turystyczno-Hotelarskich, Wydział Przedsiębiorczości i Towaroznawstwa, Akademia Morska, Gdynia

Wpływ składu granulometrycznego i mikrostruktury powierzchni na zwilżalność kisieli typu instant

Wprowadzenie

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu składu granulometrycznego i mikrostruktury powierzchni na zwilżalność kisieli, która traktowana jest przez konsumentów jako jeden z ważniejszych parametrów użytkowych żywności w proszku.

Materiał i metody badań

Do badań użyto kisieli w proszku typu instant oznaczonych jako KI i KII, które zostały wyprodukowane przez różnych producentów oraz charakteryzowały się odmiennym składem surowcowym (Tab. 1) i zróżnicowanym składem granulometrycznym, co wynika z różnic w procesach technologicznych.

Tab. 1. Skład surowcowy materiału badawczego*

Kisiel KI	Kisiel KII
Cukier	Cukier
Skrobia	Skrobia modyfikowana E1412
Regulator kwasowości: kwas cytrynowy	Regulator kwasowości: kwas cytrynowy
Aromat	Substancja aromatyczna: aromat truskawkowy identyczny z naturalnym
Sól	Sól
Substancja wzbogacająca: witamina C	Substancja wzbogacająca: witamina C
Barwnik: czerwień koszenilowa	Barwnik: czerwień koszenilowa
	Owoce suszone: truskawki, wiśnie
	Sproszkowany sok owocowy

* na podstawie danych z opakowań jednostkowych produktów

Oznaczenie składu granulometrycznego

Skład granulometryczny badanych produktów wyznaczono na zestawie sit stosując analizę sitową. Produkt przesiewano na wytrząsarce laboratoryjnej przez 10 minut.

Oznaczenie zawartości wody

Oznaczenie zawartości wody wykonano za pomocą suszenia próbek o masie ok. 2 g w temperaturze 70°C przez 24 godziny, a następnie przez dosuszenie w atmosferze P₂O₅ przez 7 dni pod ciśnieniem atmosferycznym. Zawartość wody (X₁) określono w gramach na 100 gramów suchej masy.

Oznaczenie zwilżalności

Zwilżalność wyznaczono według PN-78/A-86030-3 [1] po modyfikacji własnej [2]. Zastosowano cztery warianty temperaturowe: (20, 40, 60 i 80)±1°C.

Wyznaczanie izoterm sorpcji

Przebieg izoterm sorpcji kisieli określono metodą statyczno-eksykatorową. Zakres badań obejmował aktywność wody od 0,07 do 0,98. Temperatura badania wynosiła 293 K (20°C). Czas ustalania równowagi układu wynosił 30 dni od umieszczenia próbek w ekzykatorach [3]. Próbki przed umieszczeniem w ekzykatorach były wcześniej dosuszane zgodnie z procedurą opisaną powyżej.

Określenie właściwości sorpcyjnych

W celu matematycznego opisu empirycznie wyznaczonych izoterm sorpcji oraz określenia właściwości sorpcyjnych badanych kisieli dokonano przekształceń izoterm sorpcji stosując równanie GAB [4]. Parametry równania GAB wyznaczono na podstawie danych empirycznych stosując program komputerowy *Jandel-Table Curve 2D* v. 5.01.

$$\frac{\nu}{\nu_m} = \frac{c_e k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + c_e k a_w)} \quad (1)$$

gdzie:

 a_w – aktywność wody, [-], c_e – stała energetyczna, [kJ·mol⁻¹], k – parametr, ν – równowagowa zawartość wody, [g/g], ν_m – zawartość wody w monowarstwie, [g/g].

Dopasowanie danych empirycznych do równania GAB scharakteryzowano na podstawie wartości współczynnika determinacji r^2 , dopasowania błędu standardowego (*FitStdErr*) oraz wartości statystyki F .

Znając zawartość pary wodnej zaadsorbowanej w temperaturze niższej od temperatury wrzenia oraz tzw. *powierzchnię siadania wody* obliczono powierzchnię właściwą adsorbentu w oparciu o równanie:

$$a_{sp} = \omega \frac{\nu_m}{M} N \quad (2)$$

gdzie:

 a_{sp} – powierzchnia właściwa sorpcji, [m²/g s.s.], N – liczba Avogadra, [cząst./mol], M – masa cząsteczkowa wody, [g/mol], ω – powierzchnia siadania wody, ($\omega = 1,05 \cdot 10^{-19}$ [m²/cząst.] [4]).

Rozmiary i objętość kapilar badanego materiału wyznaczono na podstawie przebiegu izoterm adsorpcji w obszarze kondensacji kapilarnej (dla aktywności wody w zakresie 0,75÷0,98). Obliczenia wykonano korzystając z równania *Kelvina* [4]:

$$\ln a_w = \frac{2\sigma\nu}{r_k RT} \quad (3)$$

gdzie:

 r_k – promień kapilary, [m], R – stała gazowa, [J/(mol·K)], T – temperatura procesu, [K], σ – napięcie powierzchniowe cieczy w temperaturze T , [N/m].

Graficzna interpretacja otrzymanych par liczb ($V-r$), określana jako krzywa strukturalna, stanowiła podstawę do wyznaczania promieni kapilar ($dV/dr-r$) metodą graficznego różniczkowania krzywych dystrybucji. Maksima na krzywych dystrybucji odpowiadały najczęściej występującym promieniom porów.

Omówienie wyników i dyskusja

Produkty o wysokim stopniu rozdrobnienia i o dużej porowatości są silnie higroskopijne, w konsekwencji czego adsorpcja może przebiegać szczególnie intensywnie [2, 5]. Skład granulometryczny cząstek wykazuje również związek z cechami użytkowymi proszku [6].

Największy procentowy udział w obu badanych proszkach miały frakcje najmniejsze o wymiarach cząstek poniżej 0,2 mm i frakcja, która pozostawała na sicie o wymiarach oczek 0,2 mm. Natomiast znaczną różnicę w składzie granulometrycznym widać w przypadku frakcji grubej. Przy wielkości oczek o wymiarach 1,02 i 2 mm na sicie pozostało 4,41% kisielu KII, i tylko 0,04% kisielu KI. Różnice w składzie granulometrycznym badanych materiałów mogły wynikać ze sposobu przygotowania materiału i rozdrobnienia surowców. Podsumowując można zauważyć, że kisiel KI charakteryzował się bardziej jednorodnym składem granulometrycznym.

Uzyskane wyniki pozwalają również na stwierdzenie, że kisiel KI zawierał mniej wody, niż kisiel KII, czyli odpowiednio 0,0711 g/g s.m. i 0,1511 g/g s.m.. Przyczyną różnic w zawartości wody mogła być różnorodność surowców użytych do przygotowania mieszanek do produkcyjnego kisielu.

Zwilżalność to jedna z właściwości fizycznych, która decyduje o jakości gotowego produktu. Zwykle proszki drobnoziarniste charakteryzuje niewielka zwilżalność, przez co porcja proszku utrzymuje się na powierzchni cieczy, a oddziaływania między cząsteczkami utrudniają dyspergowanie. Dopiero w trakcie mieszania produkty takie ulegają powolnemu dyspergowaniu. Ocenę zwilżalności badanych produktów w warunkach różnych temperatur medium rozpraszającego przedstawiono w tab. 2.

Tab. 2. Wskaźnik zwilżalności badanych produktów

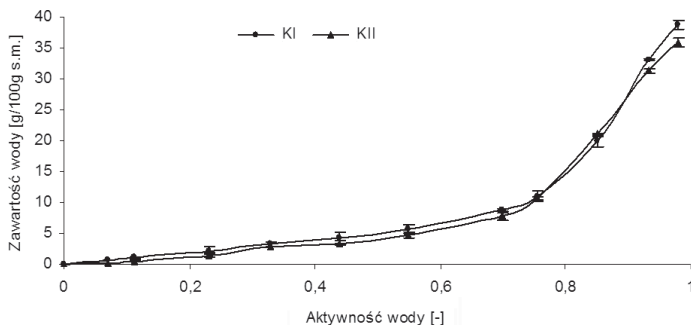
Temperatura	KI		KII	
	Wskaźnik zwilżalności [sek.]			
	Średnia	SD	Średnia	SD
20°C	782	6,16	544	8,49
40°C	245	7,87	185	4,55
60°C	203	4,24	120	4,32
80°C	160	5,35	85	4,55

Zestawiając uzyskane wyniki można stwierdzić, że wraz ze wzrostem temperatury medium rozpraszającego wzrastała szybkość zwilżania każdego produktu.

Jednak kisiel KII szybciej ulegał zwilżeniu w każdej temperaturze medium rozpraszającego. Charakteryzował się on lepszą zwilżalnością prawdopodobnie ze względu na obecność frakcji gruboziarnistej. Kisiel KI w tych samych warunkach wykazał słabszą zwilżalność ze względu na bardzo duże rozdrobnienie, a tym samym większą powierzchnią oddziaływania z powierzchnią cieczy.

Wielu cennych informacji na temat oddziaływania wody i makromolekuł dostarcza izoterma sorpcji. Izotermy adsorpcji pary wodnej umożliwiają również charakterystykę mikrostruktury powierzchni oraz teoretyczną interpretację zjawisk fizycznych zachodzących na powierzchni kontaktu żywność – substancja lotna [7–10].

Izotermy sorpcji badanych kisieli przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej dla badanych kisieli

Wyznaczone izotermy odzwierciedlały proces adsorpcji fizycznej zachodzący na ciałach porowatych. Kształt krzywych był charakterystyczny dla izoterm typu II. Położenie i kształt badanych izoterm sorpcji pary wodnej wynikały ze zróżnicowanego składu chemicznego kisieli (Tab. 1). W całym obszarze aktywności wody niższą pojemnością sorpcyjną, wynikającą z niższego położenia izoterm, charakteryzował się kisiel KII. Można przypuszczać, że na zróżnicowanie właściwości sorpcyjnych wpłynęła skrobia modyfikowana i dodatki zastosowane tylko w kisielu KII. Brak jest informacji na temat rodzaju skrobi modyfikowanej zastosowanej w kisielu KI, natomiast wiadomo, że suszone (najprawdopodobniej przez liofilizację, a zatem silnie higroskopijne) owoce jak również sproszkowany sok owocowy charakteryzujący się niską temperaturą przemiany szklistej [11] mogły w znacznym stopniu wpłynąć na interakcje pomiędzy poszczególnymi składnikami mieszaniny.

Po przekroczeniu $a_w = 0,75$ efekt pochłaniania pary wodnej stał się szczególnie wyraźny. Przypuszczalnie następowało zjawisko kondensacji kapilarnej.

Na podstawie przebiegu izoterm sorpcji w zakresie $a_w = 0,07 \div 0,98$ wyznaczono parametry równania GAB (v_m , a_w , c_e , k). Uzyskane wyniki przedstawiono w tab. 3.

Wyższą pojemnością monowarstwy charakteryzował się kisiel KI. W skład kisielu KII wchodziły suszone owoce oraz sproszkowany sok owocowy, stanowiące źródło cukrów w stanie amorficznym. Dlatego nawet niewielka adsorpcja wody prowadzi do zwiększenia ruchliwości cząstek cukru, co umożliwia przejście cukru ze stanu bezpostaciowego w stan krystaliczny prowadząc do pogorszenia właściwości fizycznych i trwałości żywności w proszku [12, 13]. Wartość stałej energetycznej c_e wskazuje, że był to proces adsorpcji fizycznej.

Tab. 3. Parametry równania GAB badanych kisieli

Kisiel	v_m [g/g]	c_e [kJ·mol ⁻¹]	a_w [-]	k [-]	r^2	FitStdErr	F
KI	4,63	0,1006	0,31	0,76	0,99	0,1479	397
KII	3,64	0,1315	0,32	0,75	0,98	0,1547	334

Na podstawie v_m obliczono powierzchnię właściwą sorpcji. Uzyskane wyniki (Tab. 4) wykazały, że w badanych materiałach dominującą formą kapilar były mezokapilary, a większą powierzchnią właściwą charakteryzował się kisiel KI.

Tab. 4. Charakterystyka mikrostrukturalna badanych kisieli

Kisiel	Powierzchnia właściwa sorpcji [m ² /g s.s.]	Ogólna objętość kapilar [mm ³ /100 g s.m.]	Najbardziej prawdopodobny promień kapilar [nm]
KI	163	102	2,60
KII	128	99	2,98

Rozmiary najbardziej prawdopodobnego promienia kapilar w badanych kisielach mieściły się w obszarze ok. 2÷3 nm (2,98 nm dla kisielu KII i 2,60 nm dla kisielu KI). Kisiel KI charakteryzował się większą ogólną objętością kapilar.

Zróżnicowanie mikrostruktury powierzchniowej badanych proszków (Tab. 4) uwarunkowane rodzajem zastosowanych surowców (udział suszonych owoców i soku) oraz procesem technologicznym było prawdopodobnym powodem różnic we właściwościach sorpcyjnych. Zawartość składników w stanie amorficznym w żywności w proszku przyczynia się do obniżenia powierzchni właściwej sorpcji, co potwierdzają wyniki badań poświęconych wpływowi wielkości powierzchni właściwej sorpcji zup instandyzowanych na ich zwilżalność [3].

Wnioski

Użyte surowce oraz proces technologiczny zdecydowały o znacznym zróżnicowaniu badanych produktów pod względem składu granulometrycznego. Kisiel KII cechowała znaczna ilość frakcji gruboziarnistej. Konsekwencją tego była słabo rozwinięta mikrostruktura tego proszku. Kisiel KII charakteryzował się jednocześnie lepszą zwilżalnością.

Obecność frakcji gruboziarnistej w proszkach pogarsza ich trwałość przechowalniczą wynikającą z oddziaływania z molekułami wody w postaci pary. Poprawia natomiast zwilżalność, będącą skutkiem oddziaływania proszku z wodą w postaci cieczy, decydując o wysokich walorach użytkowych żywności w proszku.

LITERATURA

- [1] PN-78/A-86030-3: Mleko i produkty suszone. Proszek mleczny.
- [2] A. Ociecek: Inż. Ap. Chem. 46, nr 1, 99 (2007).
- [3] A. Ociecek, P. Palich: Czech Journal of Food Sciences: 25, (2007).
- [4] M. Paderewski: Procesy adsorpcyjne w inżynierii chemicznej. WNT Warszawa 1999.
- [5] D. Nowak, P. Przywoszyński: Inż. Roln. nr 5 (93), (2007).
- [6] E. Domian, M. Janowicz, H. Kowalska, A. Lenart: Inż. Roln. nr 11 (71), (2005).
- [7] J. A. Fontana: Cereal Foods World 45, nr 1 (2000).
- [8] P. P. Lewicki: Przem. Spoż. nr 5, (2003)
- [9] H. Przybył, K. Cwiertniewski, K. Egierski: Properties of water in food (mat. konf.), 1998.
- [10] J. Świtka, Z. Krasowski: Przem. Spoż. nr 4, (1990).
- [11] M. S. Rahman: Food Science & Technology 17, (2006).
- [12] H. A. Iglesias, C. Schebor, M. P. Buera, J. Chrife: Journal Food Sciences 65 (2000).
- [13] P. P. Lewicki: Zesz. Nauk. Pol. Łódzkiej, Inż. Chem. i Proc. 24, (1999).