

## IZOTERMY SORPCJI PARY WODNEJ PRZEZ POWLECZONY NAPÓJ KAKAOWY W PROSZKU

*Jolanta Kowalska, Andrzej Lenart*

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji,  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

### Wstęp

Woda jest głównym składnikiem artykułów spożywczych. Decyduje ona o cechach i właściwościach żywności oraz wpływa na jej trwałość. Charakter higroskopijny żywności wiąże się ze zdolnością do pochłaniania wody w środowisku wilgotnym oraz do oddawania wody w środowisku suchym. W większości przypadków naturalny produkt można potraktować jako układ polidispersyjny, w którym woda stanowi środowisko rozpraszające. Charakter powiązań wody z żywnością i jej składnikami decyduje o dostępności wody, czyli o aktywności wody produktu. Najogólniej wyróżnia się trzy formy związania wody w produkcie: chemiczne, fizykochemiczne i mechaniczne. Inaczej można określić, że jest to woda hydratacyjna, adsorpcyjna oraz kapilarna i powierzchniowa. Przyjmuje się, że woda związana mechanicznie jest usuwana z produktu całkowicie, natomiast w przypadku wody związanej fizykochemicznie stopień usunięcia wody jest uzależniony od pożądanej aktywności wody gotowego produktu [LENART 1989].

Produkty sypkie zarówno w postaci proszków, jak i aglomeratów cechują się dużą higroskopijnością w kontakcie z powietrzem. Konsekwencją tego zjawiska jest pogorszenie sypkości i powstawanie zbryleń. Graficzne lub analityczne przedstawienie zależności pomiędzy równowagową zawartością wody a aktywnością wody w stałej temperaturze i przy stałym ciśnieniu określają izotermy sorpcji pary wodnej.

Izotermy sorpcji pary wodnej mają zastosowanie w wielu dziedzinach technologii żywności. Znajomość przebiegu izoterm umożliwia badanie struktury materiału przez określenie powierzchni właściwej sorpcji, porowatości materiału oraz jest wykorzystywana w suszeniu, mieszaniu składników, pakowaniu i przechowywaniu.

Często stosowaną operacją w przemyśle spożywczym jest mieszanie różnych składników w celu uzyskania gotowego produktu (odżywki, sosy, napoje w proszku). Aktywność wody mieszaných składników jest różna, a w wyniku ich połączenia ustala się równowagowa zawartość wody dla mieszaniny. Wzrost zawartości wody w składnikach o niższej aktywności wody obrazuje izoterma adsorpcji, natomiast obniżenie zawartości wody w składnikach o wyższej aktywności wody określa izoterma desorpcji.

Aktywność wody oraz przebieg izotermy adsorpcji zależy od składu produktu. Przyjmuje się, że polimery chłoną więcej wody niż cukry i inne składniki rozpuszczalne przy niskich aktywnościach wody. Natomiast składniki rozpuszczalne adsorbują więcej wody przy wyższych aktywnościach wody [LENART 1989].

Powlekanie jest procesem fizycznym, w którym do pokrycia małych cząstek stałych, kropelek cieczy lub gazu zastosowana jest cienka warstwa lub polimer. Powlekanie definiowane jest jako pakowanie ciał stałych, cieczy lub materiałów gazowych w miniaturowe, zamknięte kapsułki, które mogą uwolnić swoją zawartość w kontrolowany sposób, pod wpływem specyficznych warunków.

Substancje powlekane pełnią w produkcji żywności najczęściej funkcję dodatków, wprowadzanych w określonym celu. Powlekanie wpływa między innymi na zwiększenie trwałości rdzenia przez oddzielenie substancji wzajemnie reagujących, ochronę substancji wrażliwych na działanie tlenu i wilgoci, zamaskowanie smaku i zapachu związków, kontrolowane uwalnianie się zawartości rdzenia, przetworzenie składników ciekłych w materiały stałe, ujednoczenie mieszaniny, zmniejszenie toksyczności, zmiany właściwości powierzchniowych, przedłużenie trwałości handlowej i zredukowanie dodatku przeciwutleniaczy [JACKSON, LEE 1991; JANKOWSKI 1995].

### Cel i zakres pracy

Celem pracy jest przeanalizowanie wpływu powlekania na właściwości sorpcyjne napoju kakaowego w proszku, uwzględniając skład mieszaniny oraz rodzaj substancji powlekającej.

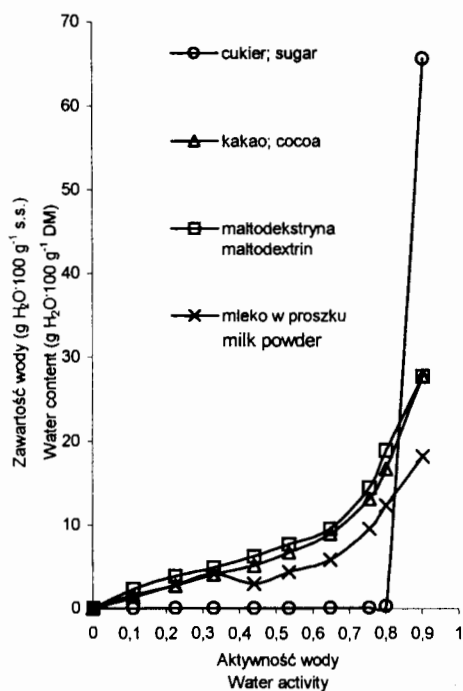
Zakres pracy obejmuje analizę wpływu składników mieszaniny proszków (cukru, kakao, maltodekstryny i mleka w proszku), aglomeracji oraz powlekania na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej.

### Metodyka pracy

Materiał do badań stanowiły: cukier, kakao, maltodekstryna i mleko w proszku. Z tych składników przygotowywano mieszaniny, które poddawano aglomeracji wodą, a następnie powlekano. Podstawowy skład mieszaniny napoju kakaowego w proszku zawierał: 20% kakao + 80% cukru. Skład produktów modyfikowano zastępując cukier częściowo lub całkowicie maltodekstryną lub mlekiem w proszku. Z każdej z mieszanin odejmowano 20% jednego składnika (w odniesieniu do ogólnej jego masy), który przeznaczano do powlekania. Dążono do zachowania założonego składu mieszanin po przeprowadzeniu powlekania. Technologia otrzymywania aglomeratów polegała na wprowadzeniu wymieszanych składników w stan fluidalny za pomocą strumienia powietrza przepływającego przez złożo do góry, a następnie natrysku wodą w postaci drobnych kropelek od góry [KOWALSKA 1998]. Wyszuszony aglomerat poddawano analizie sitowej. Powlekaniiu poddawano mieszaninę frakcji aglomeratu o wielkości cząstek od  $0,2 \cdot 10^{-3}$  m do  $2 \cdot 10^{-3}$  m, którą wprowadzano w stan fluidalny i natryskiwano roztworami wybranych składników. Do powlekania zastosowano odpowiednio roztwory: 25% roztwór kakao oraz 50% roztwory cukru, maltodekstryny i mleka w proszku. Proces aglomeracji i powlekania przeprowadzano w aglomeratorze fluidalnym typu STREA Niro Atomizer A/S.

## Dyskusja wyników

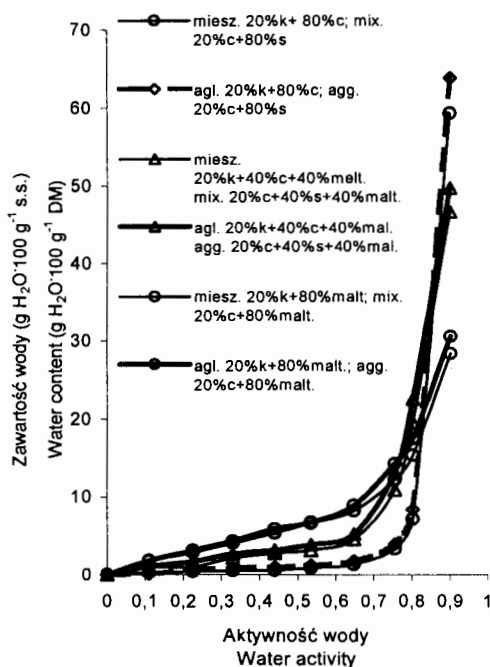
Izotermi adsorpcji pary wodnej dla składników napoju kakaowego w proszku wykazały najniższą zawartość wody dla cukru, a najwyższą dla maltodekstryny przy danej aktywności wody (rys. 1). Dla kakao i mleka w proszku otrzymano wartości pośrednie. Mieszanina o standardowym składzie w formie aglomeratu oraz aglomeratu powleczonego roztworem cukru wykazała płaski przebieg izoterm, bez istotnej granicy w przejściu z adsorpcji monomolekularnej do adsorpcji wielowarstwowej (rys. 2). Izotermi te zaliczane są do III typu zgodnie z klasyfikacją Brunauera i innych [BRUNAUER i in. 1940]. Zwiększenie ilości cukru na powierzchni aglomeratu (10%, 20%, 30% cukru odjętego ze składu mieszaniny przed procesem aglomeracji wprowadzано w postaci roztworu powlekającego, w celu zachowania założonego składu mieszaniny) nie wpłynęło na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej. Wystąpiła tendencja spadku zawartości wody przy danej aktywności wody wraz ze wzrostem ilości substancji powlekającej.



k - kakao; c - cocoa, c - cukier; s - sugar, malt. - maltodekstryna; maltodextrin, agl. - aglomerat; agg. - agglomerate, miesz. - mieszanina; mix. - mixture

Rys. 1. Izotermi adsorpcji pary wodnej przez składniki napoju kakaowego w proszku

Fig. 1. Isotherms of water vapour adsorption by components of powdered cocoa drink

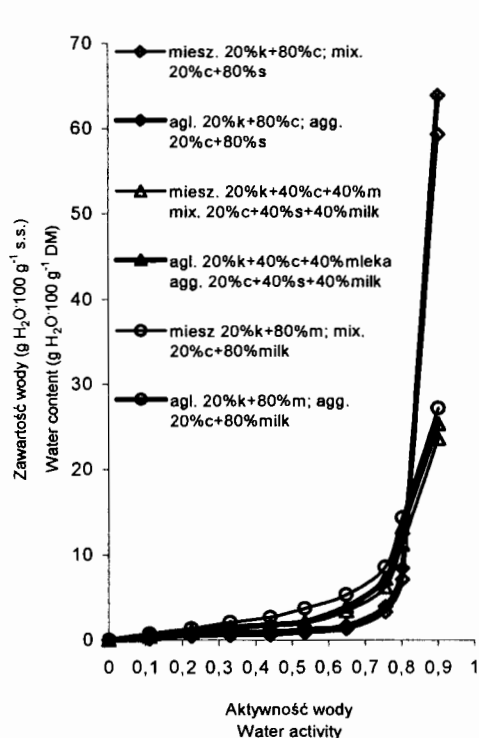


Rys. 2. Wpływ zmiany składu chemicznego i aglomeracji na izotermi adsorpcji pary wodnej napoju kakaowego w proszku

Fig. 2. Influence of chemical composition of powdered cocoa drink on the course of water vapour adsorption isotherms

Mieszanina o standardowym składzie była powlekana roztworem kakao, analogicznie jak dla roztworu cukru (rys. 3). Przebieg izoterm nie wykazał znaczącego wpływu powlekania roztworami kakao na zawartość wody badanych mieszanin. Izotermie te można zaliczyć do III typu według klasyfikacji Brunauera i innych.

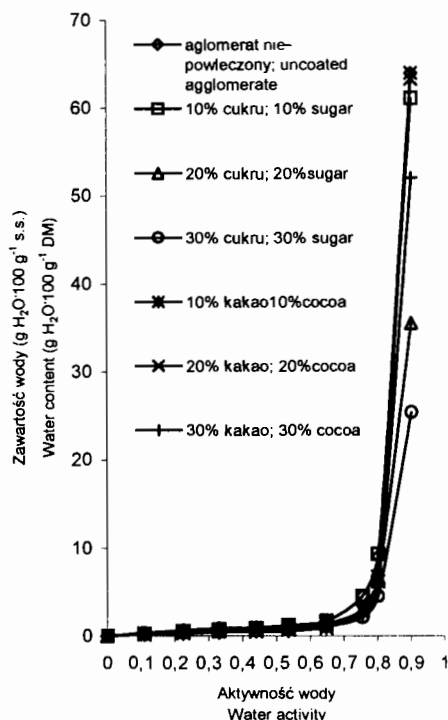
Częściowe lub całkowite zastąpienie cukru maltodekstryną lub mlekiem w proszku spowodowało znaczący wzrost zawartości wody w porównaniu do standardowego składu mieszaniny. Powlekanie roztworami cukru, kakao oraz maltodekstry ny aglomeratów zawierających w składzie 20% kakao + 40% cukru + 40% maltodekstry ny (rys. 4) oraz 20% kakao + 80% maltodekstry ny (rys. 5) nie wykazało znaczącego wpływu powlekania na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej. Otrzymane izotermie wykazują granicę przejścia z adsorpcji monomolekularnej do adsorpcji wielowarstwowej i zaliczane są do II typu według klasyfikacji Brunauera i innych.



miesz. – mieszanina; mixture, c – cukier; s – sugar, agl. – aglomerat; agg. – agglomerate, k – kakao; c – cocoa, m – mleko; milk

Rys. 3. Wpływ zmiany składu chemicznego i aglomeracji na izotermie adsorpcji pary wodnej napoju kakaowego w proszku

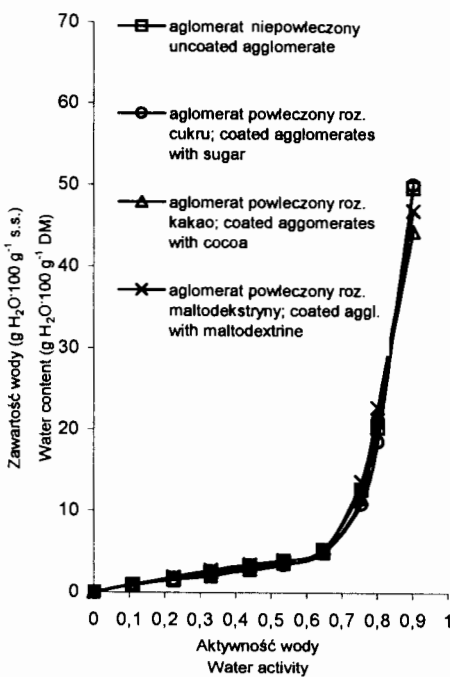
Fig. 3. Influence of chemical composition of powdered cocoa drink on course of water vapour adsorption isotherms



Rys. 4. Wpływ powlekania roztworem cukru i kakao na izotermie adsorpcji pary wodnej mieszaniny 20% kakao + 80% cukru

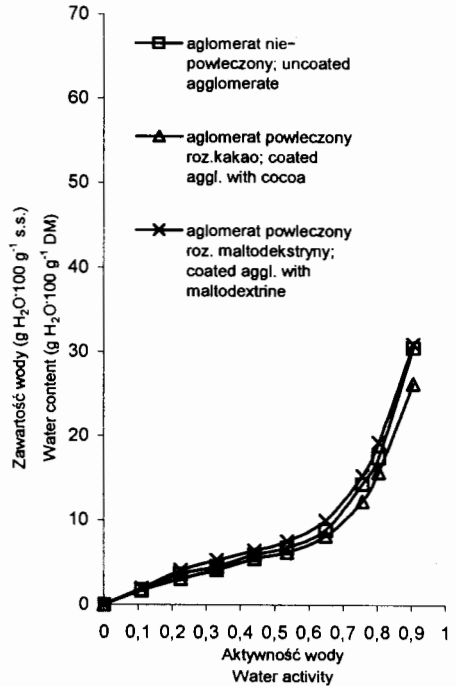
Fig. 4. Influence of coating powdered cocoa drink on the course of water vapour adsorption isotherms – composition – 20% cocoa plus 80% sugar

Zastąpienie cukru częściowo lub całkowicie mlekiem w proszku wpłynęło na wzrost zawartości wody w porównaniu do aglomeratu o składzie 20% kakao + 80% cukru. Powlekanie nie wykazało znaczącego wpływu na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej. Dla mieszaniny zawierającej w składzie 40% mleka (rys. 6) otrzymano niższe wartości zawartości wody w porównaniu do mieszaniny o składzie 20% kakao + 80% mleka. Przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej dla mieszanin zawierających w składzie mleko w proszku wykazał przejście z adsorpcji monomolekularnej do adsorpcji wielowarstwowej i można krzywe zaliczyć do II typu zgodnie z klasyfikacją Brunauera i innych.



Rys. 5. Wpływ powlekania na izotermę adsorpcji pary wodnej przez napój kakaowy w proszku o składzie 20% kakao + 40% cukru + 40% maltodekstryny

Fig. 5. Influence of coating powdered cocoa drink on the course of water vapour adsorption isotherms. Composition - 20% cocoa plus 40% sugar plus 40% malto-dextrine

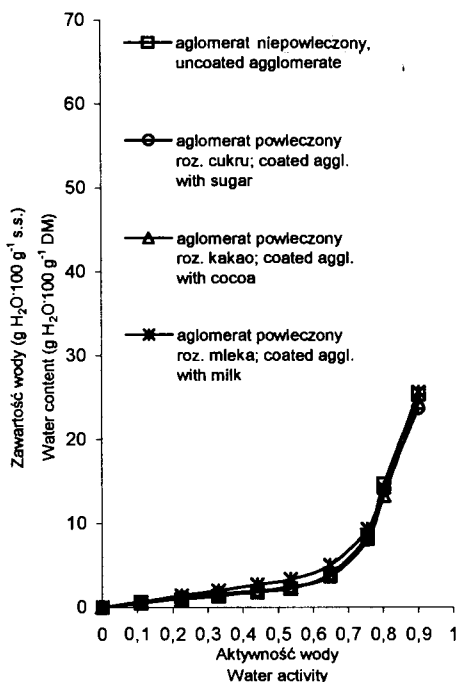


Rys. 6. Wpływ powlekania na izotermę adsorpcji pary wodnej przez napój kakaowy w proszku o składzie 20% kakao + 80% maltodekstryny

Fig. 6. Influence of coating powdered cocoa drink on the course of water vapour adsorption isotherms. Composition - 20% cocoa plus 80% maltodextrine

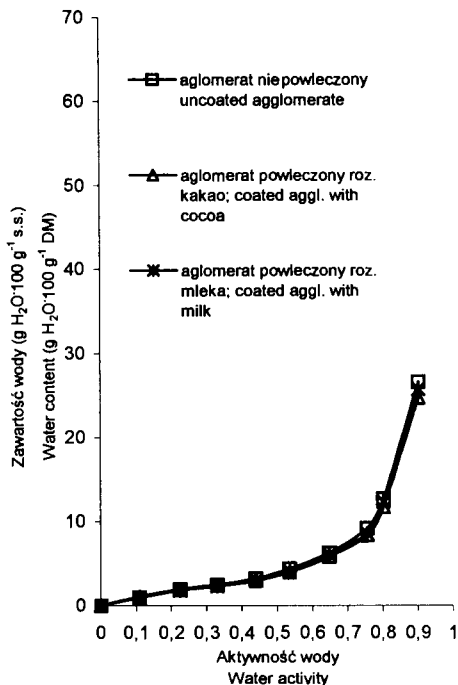
Przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej dla składników napoju kakaowego w proszku wykazał najniższą zawartość wody przy danej aktywności wody dla cukru, a najwyższą dla maltodekstryny. Częściowe lub całkowite zastąpienie cukru w mieszaninach z maltodekstryną lub mlekiem powodowało wzrost zawartości wody w odniesieniu do mieszaniny o standardowym składzie 20% kakao + 80% cukru.

Proces aglomeracji nie wpłynął w istotny sposób na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej przez dane mieszaniny. Powlekanie aglomeratów kolejnymi roztworami nie wykazało znaczącego wpływu na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej.



Rys. 7. Wpływ powlekania na izotermę adsorpcji pary wodnej przez napój kakaowy w proszku o składzie 20% kakao + 40% cukru + 40% mleka

Fig. 7. Influence of coating powdered cocoa drink on the course of water vapour adsorption isotherms. Composition - 20% cocoa plus 40% sugar plus 40% milk



Rys. 8. Wpływ powlekania na izotermę adsorpcji pary wodnej przez napój kakaowy w proszku o składzie 20% kakao + 80% mleka

Fig. 8. Influence of coating powdered co-cocoa drink on the course of water vapour adsorption isotherms. Composition - 20% cocoa plus 80% milk

Zastosowanie powlekania do mieszanin aglomerowanych o różnym składzie nie pozwala na jednoznaczne określenie wpływu tej operacji na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej. Należy uwzględnić zarówno skład chemiczny mieszaniny poddawanej procesowi aglomeracji, a następnie powlekanii, jak również rodzaj substancji powlekającej na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej.

## Wnioski

1. Przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej dla składników napoju kakaowego w proszku wykazał najniższą zawartość wody przy danej aktywności wody dla cukru, a najwyższą dla maltodekstryny.

2. Zmiana składu chemicznego wpłynęła na wzrost zawartości wody w porównaniu do aglomeratu o standardowym składzie. Najwyższą zawartość wody otrzymano dla mieszaniny zawierającej w składzie 20% kakao + 80% cukru.
3. Powlekanie poszczególnymi roztworami nie spowodowało znaczącego wpływu na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej przez napoje kakaowe w proszku.
4. Aglomeracja i powlekanie nie wykazały znaczącego wpływu na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej. Zmiana zawartości wody była zależna w znacznym stopniu od zmiany składu chemicznego badanych mieszanin.

### Literatura

- BRUNAUER S., DEMING L.S., DEMING W.E., TELLER E. 1940. *On the theory of van der Waals adsorption of gases*. J. of the American Chemical Society 62: 1723–1732.
- JACKSON L.S., LEE K. 1991. *Microencapsulation and the food industry*. Lebensmittel Technologie 24(4): 289–297.
- JANKOWSKI T. 1995. *Mikrokapsułkowanie składników żywności*, w: *Food product development*. Wydawnictwo AR w Poznaniu: 53–61.
- KOWALSKA J. 1998. *Wpływ powlekania na właściwości sorpcyjne napoju kakaowego w proszku*. Praca magisterska, SGGW, Warszawa.
- LENART A. 1989. *Rola aktywności wody jako czynnika trwałości żywności o średniej zawartości wilgoci*. Przemysł Spożywczy 7: 176–177.

**Słowa kluczowe:** kakao, aglomeracja, produkty typu instant, powlekanie

### Streszczenie

Celem pracy było przeanalizowanie wpływu powlekania na właściwości sorpcyjne napoju kakaowego w proszku, uwzględniając skład mieszaniny oraz rodzaj substancji powlekającej. Zakres pracy obejmował analizę wpływu składników mieszaniny proszków (cukru, kakao, maltodekstryny i mleka w proszku), aglomeracji oraz powlekania na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej. Materiał do badań stanowiły: cukier, kakao, maltodekstryna i mleko w proszku. Z tych składników przygotowywano mieszaniny, które poddawano aglomeracji wodą, a następnie powlekano. Proces aglomeracji i powlekania przeprowadzano w aglomeratorze fluidalnym typu STREA Niro Atomizer A/S. Przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej dla składników napoju kakaowego w proszku wykazał najniższą zawartość wody przy danej aktywności wody dla cukru, a najwyższą dla maltodekstryny. Zmiana składu chemicznego wpłynęła na wzrost zawartości wody w porównaniu do aglomeratu o standardowym składzie. Najwyższą zawartość wody otrzymano dla mieszaniny zawierającej w składzie 20% kakao + 80% cukru. Powlekanie poszczególnymi roztworami nie spowodowało znaczącego wpływu na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej przez napoje kakaowe w proszku. Aglo-

meracja i powlekanie nie wykazały znaczącego wpływu na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej. Zmiana zawartości wody była zależna w znacznym stopniu od zmiany składu chemicznego badanych mieszanin.

## WATER VAPOUR SORPTION ISOTHERMS FOR COATED POWDERED COCOA DRINK

*Jolanta Kowalska, Andrzej Lenart*

Department of Food Engineering and Process Management,  
Warsaw Agricultural University, Warszawa

Key words: cocoa, agglomeration, instant properties, coating

### Summary

The aim of this work was to analyse the influence of coating on sorption properties of powdered cocoa drink, considering the mixture composition and type of coating substance.

The scope of the study includes the influence of powdered mixture components (sugar, cocoa, maltodextrin and milk powder), agglomeration and coating on the course of water vapour adsorption isotherms.

The material in this investigation is cocoa, instant sugar (sucrose), medium saccharified maltodextrine and whole milk powder. Agglomeration and coating was carried out in a fluid bed agglomerator of the type STREA 1 manufactured by Niro Atomizer A/S.

Change of chemical composition of powdered cocoa drink had an influence on the sorption properties of mixtures. Water vapour adsorption capacity depended on properties of individual components. Sucrose decreased but maltodextrin and milk increased the water vapour adsorption capacity. The type of coating substance influenced the course of water vapour adsorption isotherms. The degree of significance depended on chemical composition of powdered cocoa drink. Coating applied to agglomerated mixtures of various composition did not influence the course of isotherms of water vapour adsorption. Both the chemical constitution of mixture subjects to agglomeration and subsequently to coating and type of coating substance have to be taken into consideration.

Mgr inż. **Jolanta Kowalska**  
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
ul. Nowoursynowska 159 C  
02-787 WARSZAWA