

## ANTYPLASTYFIKUJĄCY WPŁYW WODY NA PRODUKTY ZBOŻOWE

### Streszczenie

Celem pracy było badanie wpływu aktywności wody na właściwości mechaniczne pieczywa chrupkiego kukurydziano-gryczanego i płatków kukurydzianych. Zakres pracy obejmował analizę krzywych łamania, pracy i naprężeń. Zmiana aktywności wody wpływa na właściwości mechaniczne pieczywa chrupkiego i płatków kukurydzianych. Stwierdzono, że aktywność wody istotnie wpływała na mechanizm niszczenia produktów zbożowych. Przy niskiej aktywności wody wystąpiło pękanie krucho materiału, a jej wzrost powodował zwiększenie rozciągliwości produktu i jego płynięcie. Wzrost aktywności wody do około 0,52 w pieczywie i do  $a_w=0,64$  w płatkach kukurydzianych powodował utwardzenie materiału. Woda była czynnikiem antyplastyfikującym. Wyższa aktywność wody w materiale wywołała jego mięknięcie. Woda stała się plastyfikatorem.

**Słowa kluczowe:** aktywność wody, pieczywo chrupkie, płatki zbożowe, właściwości mechaniczne

### Wprowadzenie

W wielu krajach na świecie jak i w Polsce obserwuje się ciągły wzrost spożycia pieczywa chrupkiego i płatków zbożowych. Mimo oczekiwań konsumentów wobec tego typu produktów (specyficzne walory dietetyczne, wygoda sporządzania posiłków, bezpieczeństwo dla zdrowia itp.) to ich tekstura obok smakowitości jest najważniejszym aspektem wpływającym na ocenę i akceptację produktu.

W teksturze podobnie jak i w smaku występują cechy lubiane (kruchość, chrupkość) i nie lubiane przez konsumentów (gumiastość, twardość) (Surmacka–Szcześniak, 2002). W produktach zbożowych krucho i chrupka tekstura wiązana jest przez wielu badaczy z obecnością stanu szklistego, a co za tym idzie jej występowanie uzależnione jest od stanu wody w materiale (Pamies i wsp., 2000). Szczególnie dużą rolę odgrywa zawartość wody i skorelowana z nią aktywność wody, które wpływają na teksturę tego typu produktów tj. na ich kruchość, łamliwość czy plastyczność. Zmianą obniżającą jakość produktów upostaciowionych jest ich uplastycznienie wywołane wzrostem wilgotności (Hsieh i wsp., 1990).

Zagadnienia związane z chłonięciem wilgoci przez tego typu produkty są ściśle związane z zachowaniem ich właściwości mechanicznych. Woda wpływa na uplastycznienie matrycy skrobiowo-białkowej i kształtuje wytrzymałość mechaniczną produktu. Wielu autorów wykazało, że utrata kruchości związana jest z adsorpcją pary wodnej i przemianą fazową węglowodanów ze stanu amorficznego do krystalicznego (Lewicki i wsp., 1998). Zwiększenie aktywności wody w produktach, w których dominuje stan amorficzny powoduje, że materiał uplastycznia się i traci odporność mechaniczną. Nie zawsze jednak woda spełnia rolę plastyfikatora. W niektórych produktach, szczególnie bogatych w skrobię, zwiększenie aktywności wody powoduje utwardzanie materiału. Woda spełnia rolę antyplastyfikatora. Do tej pory nie jest wyjaśniony mechanizm tego procesu.

Celem pracy było badanie wpływu aktywności wody na właściwości mechaniczne suchych produktów zbożowych. Zakres pracy obejmował analizę pracy niszczenia, siły i naprężeń w funkcji aktywności wody pieczywa chrupkiego oraz płatków kukurydzianych.

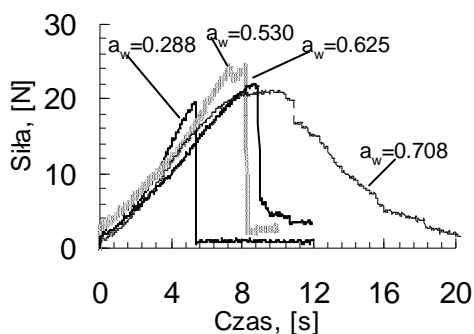
## Metodyka badań

Próbki pieczywa chrupkiego ekstrudowanego kukurydziano-ryżowego, i kukurydziano-gryczanego o wymiarach 120x54x7mm oraz płatków kukurydzianych przechowywano w ekssykatorach o różnej wilgotności względnej powietrza. We wszystkich badanych próbkach oznaczono aktywność wody ( $a_w$ ) za pomocą higrometru Hygroskop DT 2 firmy Rotronic o dokładności  $\pm 0,001$ , w temperaturze 25 °C. Próbki pieczywa po osiągnięciu stanu równowagi z otoczeniem były poddane procesowi trójpunktowego zginania za pomocą maszyny wytrzymałościowej Zwick 1445. Obciążanie przebiegało z prędkością 20 mm/min. Płatki kukurydziane ułożone w warstwę łamano za pomocą kulki o średnicy 6 mm w teksturometrze TA XT2i/25 Stable Micro Systems. Prędkość łamania wynosiła 60 mm/min. Wyznaczono siłę i pracę niszczenia produktów (Marzec, 2002).

## Wyniki

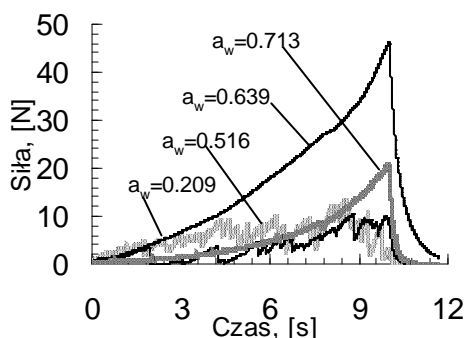
Rysunki 1 i 2 przedstawiają przykładowe krzywe łamania badanych produktów zbożowych. Charakteryzują się one różnym przebiegiem w zależności od aktywności wody. Przy niskiej aktywności wody w pieczywie chrupkim, poniżej  $a_w = 0,6$  materiał ulega złamaniu. Krzywe są postrzępione. Pierwsze pęknięcia materiału obserwowano po czasie około 0,5 s. Wzrost  $a_w$  do 0,63 w pieczywie kukurydziano-gryczanym i kukurydziano-ryżowym spowodował zmianę kształtu krzywych, nie występowało pęknięcie i złamanie materiału, a jedynie jego płynięcie (rys.1.). Podobną tendencję obserwowano w płatkach kukurydzianych przy  $a_w > 0,64$  (rys. 2.). Poliszko i wsp. (1995) wykazali, że plastyfikujący wpływ wody, na ekstrudaty kukurydziane może prowadzić do przejścia ze stanu szklistego w gumowaty. Zmianom tym towarzyszy rozproszenie energii elastycznej i relaksacja naprężeń, co zmniejsza prawdopodobieństwo występowania pęknięcia kruchego.

Twardość badanych materiałów określono na podstawie pracy niszczenia.



Rys. 1. Wpływ aktywności wody na łamaniana krzywe łamania pieczywa kukurydziano-gryczanego

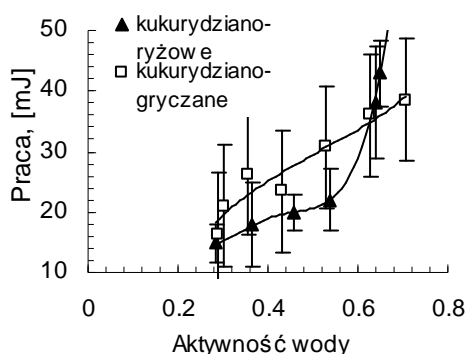
Fig. 1. Effect of water activity on curves of extruded buckwheat bread



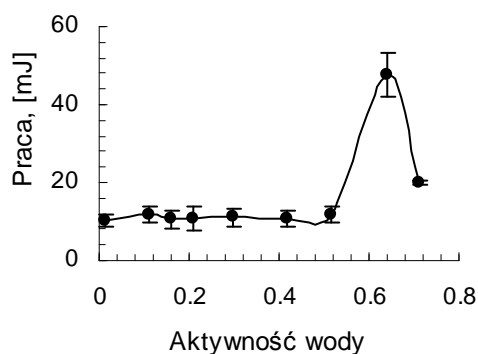
Rys. 2. Wpływ aktywności wody krzywe płatków kukurydzianych

Fig.2. Effect of water activity on compression curves of corn flakes flat corn-

Uzyskane wyniki potwierdzają istotny wpływ aktywności wody na tę cechę produktów. W badanych materiałach zwiększenie aktywności wody powodowało wzrost ich twardości. W płatkach kukurydzianych twardość ich nie zmieniała się do  $a_w = 0,52$ , ale już przy  $a_w = 0,64$  obserwowano jej istotny wzrost. Woda stała się antyplastyfikatorem (rys. 3 i 4).



Rys. 3. Wpływ aktywności wody na pracę łamania pieczywa chrupkiego  
Fig. 3. Relationship between water activity and breaking work for flat extruded bread

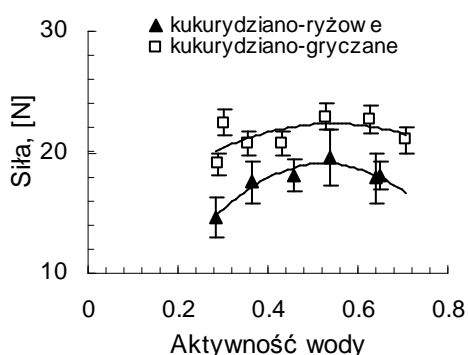


Rys 4. Wpływ aktywności wody na pracę łamania płatków kukurydzianych  
Fig. 4. Relationship between water activity and breaking work for corn flakes

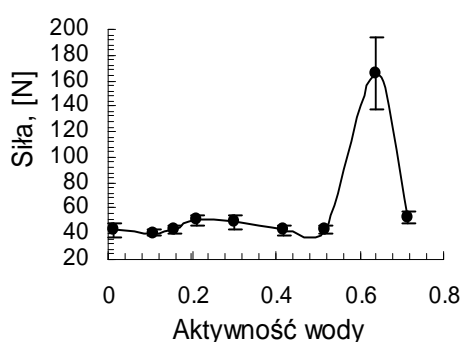
Zwiększenie aktywności wody w pieczywie kukurydziano-ryżowym i kukurydziano-gryczanym powyżej 0,52 oraz w płatkach powyżej 0,64 powodowało zmniejszenie twardości materiałów. Woda stała się czynnikiem plastyfikującym.

Podobne właściwości wody w pieczywie chrupkim pszennym i żytnim obserwowali Marzec i wsp. (2003). Lewicki i wsp. (2004) wykazali, że wzrost twardości krakersów występuje do  $a_w = 0,30$ , a dopiero po przekroczeniu tej wartości woda staje się plastyfikatorem. Przeprowadzone badania wskazują, że zmiany twardości materiału występują w wąskim zakresie aktywności wody, właściwym dla danego materiału.

Przeprowadzone testy łamania pieczywa i płatków wykazują, że adsorpcja pary wodnej prowadzi do zmian struktury, które obrazują się ich utwardzaniem. Analiza wartości siły łamania badanych produktów w funkcji aktywności wody wykazała, że do  $a_w = 0,50$  w obu rodzajach pieczywa i do  $a_w = 0,64$  w płatkach kukurydzianych występuje utwardzanie, zaś powyżej tych wartości obserwuje się plastyfikację (rys. 5,6).



Rys. 5. Wpływ aktywności wody na siłę łamania pieczywa chrupkiego  
Relationship between water activity and breaking force for flat extruded bread



Rys 6. Wpływ aktywności wody na siłę łamania płatków kukurydzianych  
Fig. 6. Relationship between water activity and breaking force for corn flakes

Utwardzający wpływ wody na parametry teksturalne badanych materiałów może wynikać z ruchliwości łańcuchów biopolimerów (Roudaut (2003). Badania DSC przeprowadzone na pieczywie pszennym ekstrudowanym przez Fontanet i wsp. (1997) nie wykazały obecności kryształów, tak więc wzrost sztywności nie może być przypisany skrobi retrogradowalnej. W

---

tej samej pracy autorzy tłumaczą antyplastfikujący wpływ wody reorganizacją biomolekuł w krótkim zakresie oddziaływań (niewykrywalnym w skali DSC). Reorganizacja byłaby możliwa przez większą molekularną mobilność spowodowaną rozcieńczeniem. Przy większej zawartości woda spełnia rolę plastyfikatora, smaru i materiał płynie. Traci właściwości ciała chrupkiego.

## **Wnioski**

1. Zmiana aktywności wody wpływa na właściwości mechaniczne pieczywa chrupkiego i płatków kukurydzianych.
2. Aktywność wody istotnie wpływała na mechanizm niszczenia produktów zbożowych. Przy niskiej aktywności wody wystąpiło pękanie kruche materiału, a jej wzrost powodował zwiększenie rozciągliwości produktu i jego płynięcie.
3. Wytrzymałość mechaniczna produktów istotnie zmieniała się ze zmianą aktywności wody. Wzrost aktywności wody do około 0,52 w pieczywie i do  $a_w=0,64$  w płatkach kukurydzianych powodował utwardzenie materiału. Woda była czynnikiem antyplastfikującym. Wyższa aktywność wody w pieczywie chrupkim wywołała jego mięknięcie. Woda stała się plastyfikatorom.

## **Literatura**

Fontanet I., Davidou S., Decremont C., Le Meste M., 1997. Effect of water on the mechanical behavior of extruded flat bread. *J. Cereal Sci.*, 25, 303-311,

Hsieh, F., Hu L., Huff H.E., Peng, I.C. (1990): Effects of water activity on textural characteristics of puffed rice cake. *Lebensm. Wiss. u. Technol.*, 23, 471-473,

Lewicki, P.P., Danak, A., Lenart A., 1998. Effect of water activity on mechanical properties of sponge-cake. *Properties of Water in Foods*. (ed. P.P. Lewicki), Warsaw Agricultural University Press, Warsaw, 112-121,

Lewicki P.P., Jakubczyk E., Marzec A., Do Carmo Cabral M., Pedro Miguel Pereira P.M. 2004. Effect of water activity on mechanical properties of dry cereal products. *Acta Agrophysica* (przyjęte do druku),

Marzec A. 2000. Wpływ aktywności wody na właściwości mechaniczne i akustyczne pieczywa chrupkiego. Praca doktorska. SGGW, Warszawa,

Marzec A., Lewicki P.P, Ranachowski Z. 2003. Wpływ aktywności wody na właściwości fizyczne wybranych produktów zbożowych. *Inżynieria Rolnicza*. Rok VII 8(50), 279-285,

Poliszko S., Klimek D., Moliński W., (1995): Acoustic emission activity of rehydrated corn extrudates. *Properties of Water in Foods*. (ed. Lewicki P.P.), Warsaw Agricultural University Press, Warsaw, 25-30,

Roudaut G. 2003: Low moisture cereal products: texture changes versus hydration. *Workshop on Nondestructive Testing of Materials and Structures NTM'03, Including ultrasonic, radiography, electromagnetic, optical and acoustic emission methods*. (ed. J. Deputat, Z. Ranachowski) Warsaw, 160-169,

Surmacka-Szcześniak A. 2002. Texture is a sensory property. Food Quality and Preference. 13, 215-225.

## **ANTIPLASTICIZING EFFECT OF WATER IN CEREAL PRODUCTS**

### **Summary**

Mechanical properties of extruded flat corn-rice and corn-buckwheat bread and corn flakes equilibrated to different water activity were investigated. Breads were subjected to three-point banding test until failure while corn flakes were compressed in a pile. It was found that at low water activities analyzed materials are brittle and crunchy. Increasing water activity increases mechanical resistance of bread and water is an antiplasticizer. The critical water content is around 0.52. Above that value material is plasticized and it flows under the load. No disintegration of the material is observed. Critical water content for corn flakes is 0.64. At that value breaking force is 5 times larger than that at low water activity.

**Key words:** water activity, crisp bread, mechanical properties

Praca naukowa finansowana ze środków KBN w latach 2003-2006 (3 P06T 040 25)  
*Recenzent – Wiktor Obuchowski*