

*Millena Ruszkowska<sup>1)</sup>, Agnieszka Dąbrowska<sup>2)</sup>*

## JAKOŚĆ CHLEBA WYPIEKANEGO W WARUNKACH DOMOWYCH

<sup>1)</sup> Katedra Organizacji Usług Turystyczno-Hotelarskich Wydziału Przedsiębiorczości  
i Towaroznawstwa Akademii Morskiej w Gdyni  
Kierownik: prof. dr hab. inż. *P. Palich*

<sup>2)</sup> Katedra Handlu i Usług  
Wydziału Przedsiębiorczości i Towaroznawstwa Akademii Morskiej w Gdyni  
Kierownik: prof. dr hab. inż. *E. Babicz-Zielińska*

*Jakości chleba mieszanego wypiekanego w warunkach domowych określono na podstawie właściwości sorpcyjnych miękiszu. W pracy wyznaczono zawartość i aktywność wody miękiszu, wyznaczono izotermy sorpcji oraz parametry równania BET (Brunauera, Emmetta i Tellera). Uzyskane wyniki pozwoliły stwierdzić, że korzystniejszymi właściwościami sorpcyjnymi z punktu widzenia, jakości a tym samym trwałości przechowalniczej produktu charakteryzował się chleb PII uzyskując wyższą pojemność warstwy monomolekularnej.*

Hasła kluczowe: izoterma sorpcji, BET, pojemność warstwy monomolekularnej, powierzchnia właściwa sorpcji.

Key words: sorption isotherms, BET, monomolecular layer capacity, specific surface sorption.

Chleb to przykład produktu zbożowego, charakteryzującego się krótką trwałością i przydatnością do spożycia (1). W ciągu wielu lat, aby zaspokoić preferencje wymagających konsumentów prowadzonych było szereg badań mających na celu wydłużenie trwałości tak popularnego produktu, jakim jest chleb. W rezultacie współczesny chleb w niczym nie przypomina tradycyjnego pieczywa, jest biały, lekki, puszysty a w kilka godzin po wypieku niestety wielokrotnie niezdatny do spożycia. W związku z tym, iż oferowany na rynku chleb znacząco odbiega, od jakości tradycyjnego produktu, powraca moda a może konieczność domowego wypieku chleba. Produkt samodzielnie przygotowany (chleb na zakwasie) gwarantuje konsumentowi bezpieczeństwo zdrowotne, odpowiednią trwałość, oraz możliwość dowolnego wzbogacania produktu.

Celem przeprowadzonych badań była ocena jakości chleba tradycyjnego na zakwasie, przygotowanego w warunkach domowych. Ocenę jakości dokonano na podstawie charakterystyki właściwości sorpcyjnych miękiszu, poprzez wykreślenie izoterm sorpcji pary wodnej.

## MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym był chleb mieszany otrzymany metodą wypieku bezpośredniego (jednofazowego) (2). Materiał badawczy oznaczono w badaniach, jako PI i PII. Chleb PI to pieczywo orkiszowo-żytnie (75:25) a chleb PII to produkt żytnio-orkiszowy (75:25). Wypiek pieczywa w warunkach domowych przeprowadzono w temperaturze 180°C, w czasie 80 minut. Ocenie poddano zawartość i aktywność wody (3) miękiszu chleba PI i PII, wyznaczono izotermę sorpcji pary wodnej, oraz parametry równania ( $V_m$ ) BET (*Brunauera*, *Emmetta* i *Teller*) (I) (4, 5, 6) i wyznaczono powierzchnię właściwą sorpcji (II).

$$a = \frac{v_m c a_w}{(1 - a_w)[1 + (c - 1)a_w]} \quad (\text{I})$$

gdzie:

$a$ -adsorpcja, [g/g];  $v_m$ -zawartość wody w monowarstwie [g/g];  $c$ -stała energetyczna [ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ];  $a_w$ - aktywność wody [-].

Izotermę sorpcji wyznaczono metodą statyczną. Próbki przechowywano w higrostatkach w temp.  $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ , zawierających nasycone roztwory soli o aktywności wody  $0,07 < a_w < 0,93$  (7-9). Higrostaty o aktywności wody wyższej niż  $a_w = 0,63$ , zawierały tymol krystaliczny w celu zabezpieczenia badanego produktu przed zepsuciem mikrobiologicznym. Czas ustalania równowagi układu badawczego wynosił 45 dni. Na podstawie początkowej masy produktu oraz zmian zawartości wody obliczono równowagowe zawartości wody i wykreślono izotermę sorpcji pary wodnej (7-10). Na podstawie wilgotności równowagowych badanych produktów PI i PII wyznaczono pojemność warstwy monomolekularnej w adsorpcji BET oraz powierzchnię właściwą sorpcji. Powierzchnię właściwą sorpcji (PS) wyznaczono ze wzoru (II):

$$PS = \frac{V_m \cdot L \cdot N}{M} \quad (\text{II})$$

gdzie:

PS-powierzchnia właściwa sorpcji, [ $\text{m}^2/\text{pojemność}$ ];  $V_m$ -pojemność monowarstwy, [g/100g s.s.]; M-masa cząsteczkowa wody, [18g/mol]; N- liczba Avogadro, [ $6,023 \cdot 10^{23}$  cząsteczki/mol]; L-powierzchnia pokrywana przez cząsteczkę wody, [ $1,05 \cdot 10^{-19}$   $\text{m}^2/\text{cząsteczkę}$ ].

Do opracowania uzyskanych wyników badań właściwości sorpcyjnych użyto programów komputerowych z pakietu Microsoft Excel 7.0, Jandel-Table Curve 2D v 5.01.

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Jakość pieczywa to zagadnienie złożone i trudne do prostego, jednoznacznego zdefiniowania. Pieczywo należy do produktów nietrwałych a niekorzystne zmiany zaczynają się w nim pojawiać bezpośrednio po wypieku. Trwałość pieczywa oraz jego przydatność do spożycia w trakcie przechowywania determinowana jest częściowym ubytkiem wody (wysychanie), rozwojem pleśni oraz procesem czerstwienia (1). Przeprowadzone badania obejmowały oznaczenie zawartości i aktywności wody w chlebie PI i PII. Na podstawie przeprowadzonych oznaczeń stwierdzono, że wyższą początkową zawartością wody charakteryzował się chleb PII (żytnio-orkiszowy) (tab. I). Otrzymane wyniki wskazywały, że pomimo niższej początkowej zawartości wody w badanym produkcie PI, charakteryzował się on nieznacznie wyższą aktywnością wody w porównaniu z chlebem PII (tab. I). Przypuszczać można, że nieznacznie wyższa aktywność wody, determinowana była wypadkową ilością wody i stopniem jej związania z matrycą produktu.

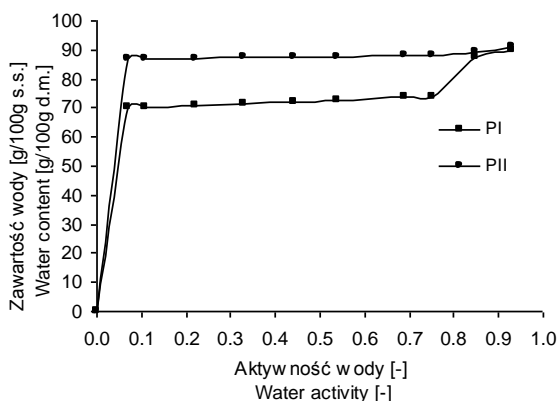
Tabela 1. Wilgotność i aktywność wody produktów PI i PII

Table 1. Moisture and water activity of PI and PII

Produkt	Wilgotność [g/100 g s.s.]	Aktywność wody [-]
PI	85,04	0,975
PII	93,34	0,971

Źródło: Zestawienie własne / Source: Own correlation.

Izotermy sorpcji graficznie wyrażają zależność między wilgotnością produktu a aktywnością wody w danej temperaturze. Analizując uzyskany kształt izoterm sorpcji pary wodnej można określić wrażliwość produktu na wilgoć oraz zdolność do chłonięcia wody, co pozwala na prognozowanie trwałości oraz optymalnych warunków przechowywania produktu (4). Izotermy sorpcji pary wodnej umożliwiają charakterystykę mikrostruktury oraz teoretyczną interpretację zjawisk fizycznych zachodzących na powierzchni kontaktu żywność-substancja lotna (12). Izotermy sorpcji pary wodnej badanych produktów PI i PII przedstawiono ryc.1. Wyznaczone krzywe cechował charakterystyczny kształt II typ izoterm, których sigmoidalny przebieg wskazywał na zjawisko tworzenia się wielkocząsteczkowych warstw wody na powierzchni cząstek badanego miększu chleba PI i PII (ryc. 1).



Ryc. 1. Izotermy sorpcji pary wodnej PI i PII.

Fig. 1. Water vapor sorption isotherms PI and PII.

Kształt uzyskanych krzywych izoterm opisywał zjawisko desorpcji pary wodnej, podczas, którego mięksisz badanych produktów PI i PII dążył do osiągnięcia równowagi termodynamicznej z otoczeniem. W badanym produkcie PI, charakteryzującym się niższą początkową zawartością wody proces desorpcji przebiegał w zakresie  $a_w$  równym  $0,07 < a_w < 0,75$ , a w badanym mięksiszu PII w całym zakresie aktywności wody  $0,07 < a_w < 0,93$ . Przypuszczać można, że zjawisko desorpcji było prawdopodobnie wynikiem dwóch niezależnie zachodzących procesów: czerstwienia oraz wysychania. Proces czerstwienia mógł być spowodowany migracją wilgoci z mięksiszu do skórki w wyniku zmian zachodzących w układach koloidalnych (1). Prawdopodobnie proces czerstwienia przyczynił się do zmiany właściwości hydrofilowych mięksiszu, w zakresie obniżenia zdolności wiązania wody przez mięksisz przechowywanego chleba PI ( $0,07 < a_w < 0,75$ ) i PII ( $0,07 < a_w < 0,93$ ). Mięksisz badanych produktów (PI i PII) przechowywany przez okres 45 dni, podlegał również procesowi wysychania, którego siłą napędową była różnica potencjałów wilgotności badanej próby i jej otoczenia.

Ocena właściwości sorpcyjnych poprzez porównanie wzajemnego położenia izoterm wykazała, że w całym zakresie aktywności wody, niższą pojemnością sorpcyjną, wynikającą z niższego położenia izotermy charakteryzował się mięksisz chleba PI (orkiszowo-żytni). W badanym układzie zakładać można, że kształt i położenie uzyskanych izoterm sorpcji było prawdopodobnie wynikiem różnic w składzie chemicznym badanych produktów PI i PII, determinowanych odmiennym składem surowcowym. Mięksisz chleba PI ze względu na duży udział w składzie mąki orkiszowej zawierał prawdopodobnie więcej glutenu, natomiast mięksisz chleba PII, z racji większego udziału mąki żytniej, cechował się prawdopodobnie większym udziałem skrobi.

Na podstawie przebiegu izoterm sorpcji pary wodnej w zakresie  $a_w=0,07-0,33$ , wyznaczono parametr ( $V_m$ ) równania BET stanowiącego opis danych empirycznych (I), (tab. II).

Tabela II. Parametry równania BET

Table II. The BET equation parameters

Równanie	PI				PII			
	$V_m$	$r^2$	FitStdErr	Fstat	$V_m$	$r^2$	FitStdErr	Fstat
BET(0,07-0,33)	56,09	0,93	10,078	36,571	68,81	0,92	12,751	34,239

Źródło: Zestawienie własne / Source: Own correlation

Objaśnienia: / Explanatory notes:

$V_m$  - pojemność warstwy monomolekularnej [g /100 g s.s.] /Capacity of monolayer [g /100 g d.m.],  $r^2$  – współczynnik determinacji, FitStdErr – błąd standardowy, Fstat – statystyka F.

Pojemność monowarstwy dotyczy pojemności sorpcyjnej adsorbentów i stanowi wskaźnik dostępności miejsc polarnych dla pary wodnej (13). W przeprowadzonych badaniach wyższą wartością warstwy monomolekularnej charakteryzował się miękisz chleba PII (tab. II). Pojemność  $V_m$  stanowi wypadkową ilości składników obfitych w miejsca polarne, takich jak skrobia lub białko i ich stanu fizycznego, który prawdopodobnie w wyniku starzenia się molekuł może ulegać zmianom. Na podstawie uzyskanych wyników, przypuszczać można, że produkt PII uzyskujący wyższą pojemność warstwy monomolekularnej, charakteryzować się może wyższą trwałością przechowalniczą niż badany produkt PI.

Tabela III. Charakterystyka strukturalna badanych produktów

Table III. Structural characterization of product test

Równanie	Powierzchnia właściwa sorpcji (PS)	
	PI	PII
BET	1,98E+05	2,42E+05

Źródło: Zestawienie własne / Source: Own correlation

Na podstawie  $V_m$  obliczono powierzchnię właściwą sorpcji (PS), (II). Powierzchnia właściwa sorpcji, będąc pochodną pojemności warstwy monomolekularnej wykazywała wyższe wartości w badanym produkcie PII (tab. III). Przypuszczać można, iż różnice w wielkości powierzchni właściwej sorpcji badanych produktów PI i PII, wynikały z obecności składnika hydrofobowego. Otrzymane wyniki pozwalają przypuszczać o wpływie składu surowcowego na wielkość powierzchni właściwej sorpcji (tab. III).

## WNIOSKI

Badania przeprowadzone w niniejszej pracy były próbą oceny jakości chleba wypiekanego w warunkach domowych. Wyznaczone izotermy sorpcji miały kształt sigmoidalny, typowy dla produktów charakteryzujących się złożonym składem. Na podstawie przebiegu izoterm sorpcji stwierdzono, że w całym zakresie aktywności wody produkt PI cechował się niższą pojemnością sorpcyjną, co prawdopodobnie determinowane było różnicami w składzie surowcowym badanych produktów PI i PII. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że korzystniejszymi właściwościami sorpcyjnymi z punktu widzenia jakości a tym samym trwałości przechowalniczej produktu charakteryzował się chleb PII (żytnio-orkiszowy) uzyskując wyższą pojemność warstwy monomolekularnej.

M. Ruszkowska, A. Dąbrowska

## QUALITY OF BREAD BAKED IN THE HOME

## Summary

The quality of bread baked at home was based on the evaluation of the sorption properties of the crumb. The paper defines the water content and activity the crumb, sorption isotherms and the parameters of the BET equation (Brunauer, Emmett and Teller). The results revealed that favorable sorption properties from the standpoint of quality and thus the storage stability of the product were characterized by a higher bread volume yield of the PII layer monomolecular.

## PIŚMIENNICTWO

1. *Fik M.*: Czerstwienie pieczywa i sposoby przedłużania jego świeżości. Żywn. Nauk. Techn. Jakość., 2004, 2(39), 5-22. -2. *Ambroziak Z.*: Technologia piekarstwa, WSIP, Warszawa, 1992. -3. *Krelowska-Kulas M.*: Badanie jakości produktów spożywczych. PWE, Warszawa, 1993. - 4. *Świtka J.*: Wpływ wybranych czynników technologicznych na właściwości sorpcyjne suszonych produktów mleczarskich, Prace Naukowe WSM w Gdyni, Gdynia, 1992. - 5. *Ościk J.*: Adsorpcja, PWN, Warszawa, 1993 - 6. *Paderewski M.*: Procesy adsorpcyjne w inżynierii chemicznej, WNT, Warszawa, 1999. -7. *Tyszkiewicz S.*: Aktywność wody produktów spożywczych. Definicja. Metoda bezwzględnego pomiaru. Wzorce. Przemysł Spożywczy 1987, 2. -8. *Ruszkowska M., Palich P.*: Metody inżynierskie w zarządzaniu. WTN, Gdynia 2010, 409-426. -9. *Palich P., Ociecek A., Ruszkowska M.*: Kinetyka Procesu sorpcji w koncentratach spożywczych. Zeszyty naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, 2004, 52.-10. *Palich P., Ociecek A., Ruszkowska M.*: Ocena metody statycznie-eksykatorowej w badaniach kinetyki sorpcji. Zeszyty naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, 2004, 52.
11. *Black R.G., Quail K. J., Reyes V., Kuzyk M., Ruddick L.*: Shelf-life extension of pita bread by modified atmosphere packaging. Food Australia, 1999, 45 (8), 387-391. -12. *Świtka J. Krasowski Z.*: Zastosowanie izoterm sorpcji wody w technologii żywności. Przemysł Spożywczy, 1990, 4, 105-107. - 13. *Ociecek A., Kostek R.*: Sorptive properties of type 2000 wheat and rye flours. Acta Agr. PAN, 2009, 14(2), 393-402.

Adres: 81-225 Gdynia, ul. Morska 83.