

POMIAR WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH BŁON GLUTENOWYCH PODCZAS OBRÓBKI TERMICZNEJ

Antoni Miś, Robert Rusinek

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: mis@demeter.ipan.lublin.pl

Streszczenie. Opracowano metodę pomiaru wytrzymałości i rozciągliwości błon glutenowych formujących się w czasie suszenia próbki glutenu mokrego między dwoma płytami grzejnymi. Błony glutenowe, na skutek wrzenia wody zawartej w glutenie, rozszerzają się i wywierają nacisk na płyty grzejne. Na podstawie wielkości tego nacisku określa się wytrzymałość błon glutenowych, wyrażoną maksymalnym ciśnieniem, jakie mogą one utrzymać wewnątrz placka glutenowego, a objętość tego placka przyjmuje się za miarę ich rozciągliwości.

Słowa kluczowe: pszenica, gluten mokry, obróbka termiczna, błony glutenowe, właściwości mechaniczne

WSTĘP

Zdolność formowania lepkosprężystych błon jest jedną z użyteczniejszych dla piekarnictwa właściwości glutenu. Podczas wyrobu chleba zasadnicza rola tych błon sprowadza się do zatrzymywania, uwalnianych podczas fermentacji i wypieku ciasta, gazów w pęcherzykach, które nadają miękiszowi chleba charakterystyczną gąbczastą strukturę. Od rozciągliwości i wytrzymałości błon glutenowych zależy bezpośrednio wielkość i równomierność rozmieszczenia porów w miękiszu chleba [3].

Istnieje duża różnorodność metod wykorzystywanych do testowania właściwości reologicznych glutenu [2,6,8,9,10]. Jednakże metody te są zupełnie nieprzydatne przy badaniu oddziaływania na błony glutenowe temperatur, w których prowadzi się wypiek chleba. Poznanie całej złożoności tego rodzaju oddziaływań wymaga opracowania nowego typu metod pozwalających na testowanie błon glutenowych w trakcie modelowej obróbki termicznej, zbliżonej pod względem oddziałującej temperatury do procesu wypieku chleba. Wydaje się, że powyższe przesłanki spełnia metoda opracowana w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie [12]. Polega ona na charakteryzowaniu właściwości mechanicznych błon glute-

nowych otaczających pęcherzyki pary wodnej uwolnionej w wyniku suszenia próbki glutenu mokrego w określonej temperaturze powyżej punktu wrzenia wody. W tym celu wykonuje się pomiar ciśnienia wewnątrz placka glutenowego w trakcie jego wyrastania oraz określa się objętość tego placka po zakończeniu wyrastania.

W artykule przedstawiono opis opracowanej metody i niektóre aspekty metodyczne pomiaru właściwości mechanicznych błon glutenowych.

MATERIAŁ I METODY

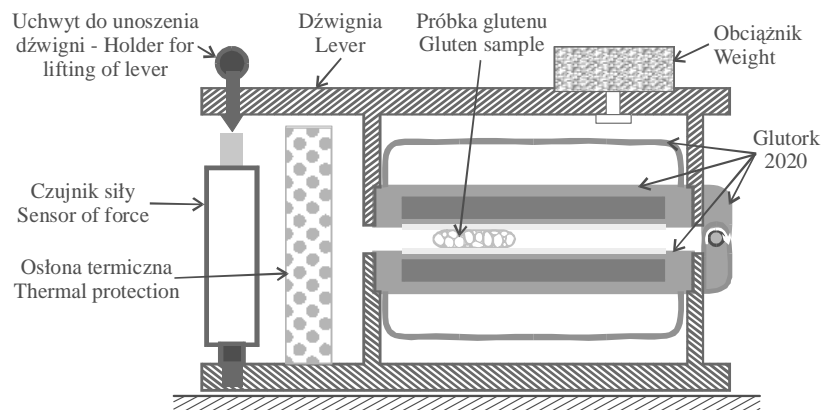
Badaniom poddano gluten wmywany z ziarna pszenicy ozimej i jarej pochodzącego z doświadczenia polowego Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Tarnowie Śląskim, w sezonie wegetacyjnym 1999/2000. Warunki wzrostu roślin różnicowano poprzez stosowanie dwóch poziomów mineralnego nawożenia azotowego. Wyższy poziom nawożenia (N2) uzyskiwano zwiększając dawkę azotu o $40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w stosunku do poziomu niższego (N1). Pszenica ozima była reprezentowana przez odmiany Kobra i Korweta, zaś pszenica jara – przez odmiany Helia i Jasna. Na podstawie badań COBORU [13] oceniane odmiany zostały zaklasyfikowane do dwóch grup jakościowych: A – jakościowej (Korweta i Jasna) i B – chlebowej (Kobra i Helia).

Wymywanie glutenu z pełnoziarnowego mlewa prowadzono zgodnie ze standardową procedurą [7], stosując Glutomatic 2200 System, Perten Instruments AB. Przy wirowaniu stosowano stałą odważkę glutenu świeżo wymytego ($2,1\pm 0,05 \text{ g}$) i wyznaczano indeks glutenu [11]. Następnie, z glutenu mokrego, odwirowanego, odważano z dokładnością do $0,01 \text{ g}$ próbkę do badań i ręcznie formowano z niej kulkę, którą przechowywano w 2% wodnym roztworze NaCl do momentu rozpoczęcia testu suszenia.

Testowanie właściwości mechanicznych błon glutenowych formujących się w trakcie suszenia glutenu mokrego przeprowadzono przy pomocy zaprojektowanego zestawu pomiarowego (rys. 1). Zasadniczym elementem tego zestawu jest suszarka Glutork 2020 (Perten Instruments AB), która zbudowana jest z dwóch, pokrytych okładziną teflonową, płyt grzejnych połączonych ze sobą ruchomym zawiasem. Próbka glutenu umieszczona między tymi płytami wytwarza na ich powierzchni nacisk, który jest przenoszony na czujnik siły (50 N , 2 mV/V) poprzez przytwierdzoną do górnej płyty dźwignię.

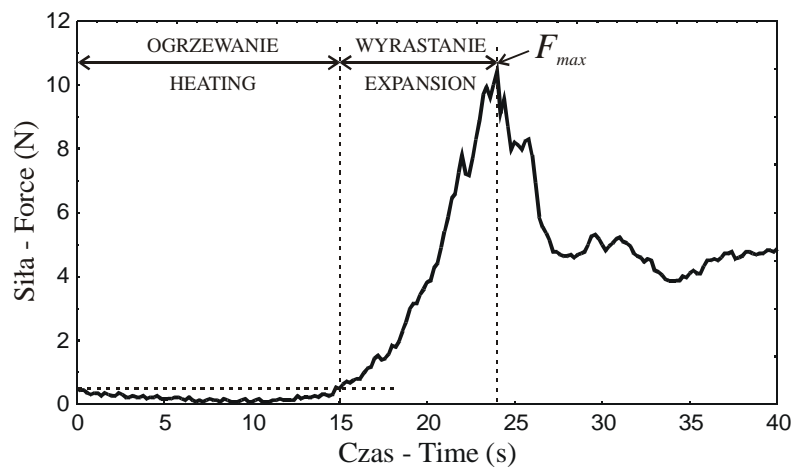
Zmiany wartości siły rejestrowano od momentu rozpoczęcia ogrzewania próbki glutenu, poprzez fazę tworzenia się gąbczastej struktury (placek glutenowy) – wyrastanie, aż do zahamowania wzrostu jego objętości i utraty szczelności przez błony glutenowe (rys. 2). Faza wyrastania rozpoczyna się w momencie, kiedy temperatura próbki glutenu osiąga punkt wrzenia wody w nim zawartej. W wyniku jej wrzenia tworzą się pęcherzyki pary wodnej, które otaczane są nieprzepuszczalnymi i rozciągliwymi błonami glutenowymi. W miarę wzrostu ciśnienia pary wodnej uwięzionej

w tych pęcherzykach, a także zwiększania się ich rozmiarów i objętości całkowitej placka glutenowego, wartość siły wywieranej przez ten placek na płyty grzejne stopniowo wzrasta. Maksymalna wartość tej siły (F_{max}) jest osiągana w momencie, kiedy zwiększanie objętości placka jest zahamowane, a ciśnienie wewnątrz pęcherzyków zrównoważy się z wytrzymałością otaczających je błon glutenowych.



Rys. 1. Schemat zestawu do pomiaru zmian siły wywieranej przez próbkę glutenu na płyty grzejne w trakcie jej suszenia

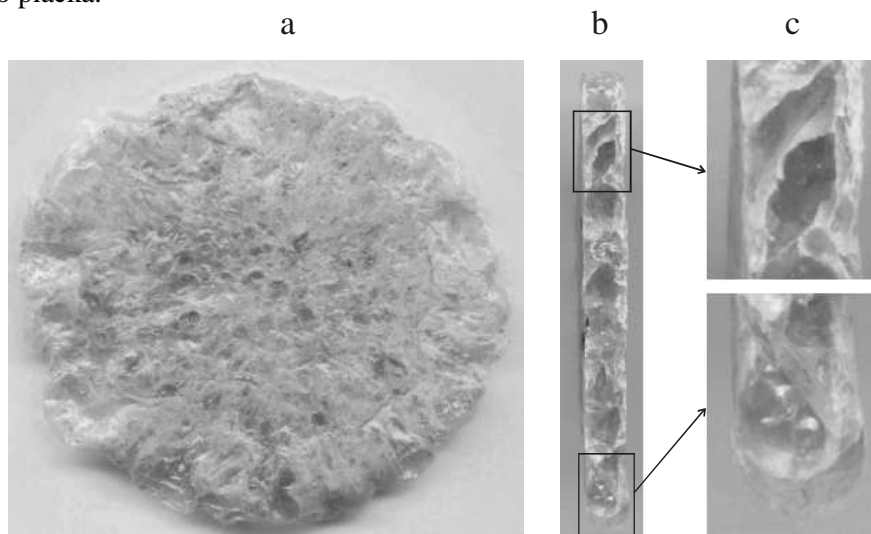
Fig.1. Schematic of the set for measuring changes in force exerted by a gluten sample on heating plates during its drying



Rys. 2. Typowy przebieg siły wywieranej przez próbkę glutenu na płyty grzejne oraz sposób wyznaczania siły maksymalnej – F_{max}

Fig. 2. Typical curve of changes in force exerted by a gluten sample and the way of determining the F_{max} value

W chwili perforacji tych błon następuje raptowny spadek ciśnienia wewnątrz placka. Na fotografii 1 pokazano typowy wygląd placka glutenowego i jego wewnętrzną, gąbczastą strukturę, złożoną z przezroczystych błon glutenowych, rozpiętych na pęcherzykach, których średnica nierzadko zrównuje się z grubością tego placka.



Fot. 1. Placek glutenowy: (a) uformowany w wyniku suszenia glutenu mokrego oraz jego przekroje poprzeczne (b i c)

Photo 1. The gluten cake (a) formed as a result of drying of wet gluten and its cross-sections (b and c)

Podczas testu suszenia zachowywano zawsze identyczne położenie kulki glutenu względem płyt grzewczych poprzez stosowanie nakładki. Szerokość szczeliny między tymi płytami, warunkującej grubość placka glutenowego (H), ustalano w punkcie odpowiadającym środkowi tego placka. Temperatura suszenia glutenu wynosiła 150°C . Włączanie i wyłączanie pracy elementów grzewczych odbywało się za pomocą fabrycznie skalibrowanego termostatu. Suszarkę Glutork 2020 wyposażono dodatkowo w regulator mocy w celu zmniejszenia szybkość nagrzewania się płyt do $0,03^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$. W czasie pomiarów suszarka pracowała w trybie ciągłym. Po ustabilizowaniu się warunków pracy przystępowano do suszenia glutenu. Procedura pomiaru przebiegała następująco. Po upływie 30 s od momentu włączenia termostatu (grzania), umieszczano kulkę glutenu między płytami i rozpoczynano rejestrowanie (z częstotliwością 5 próbkowań na sekundę) zmian wartości siły działającej przez placek glutenowy na płyty grzewcze, aż do zakończenia fazy wyrastania. Suszenie przedłużano do 4 minut dla całkowitego utrwalenia kształtu placka glutenowego (fot. 1) i wykonywano pomiar jego powierzchni stykowej z płytą grzewczą (A_G).

W tym celu powierzchnię tę skanowano, a pole jej obrazu, wyciętego z papieru, mierzono przy pomocy ΔT Area Meter MK2 (Delta-T Devices Ltd, England). Sposób wyznaczania wartości siły maksymalnej (F_{max}) pokazano na rysunku 2.

Wytrzymałość wyrażano ciśnieniem wewnątrz pęcherzyków, zaś rozciągliwość – jako zdolność tych błon do zwiększania objętości pęcherzyków w miarę wzrostu ciśnienia w ich wnętrzu. Dlatego też, zaproponowane miary wytrzymałości i rozciągliwości przyjęto wyrażać odpowiednio wartością ciśnienia maksymalnego panującego wewnątrz placka w chwili zakończenia jego wyrastania (p_{max}) i objętością tego placka w przeliczeniu na jednostkę masy glutenu mokrego (V_G). Wskaźniki p_{max} i V_G wyznaczano stosując poniższe równania:

$$p_{max} = F_{max} / A_G, \quad (\text{Pa}), \quad (1)$$

$$V_G = (A_G \cdot H) / M, \quad (\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}), \quad (2)$$

gdzie: F_{max} – siła maksymalna wywierana przez placek glutenowy na płytę grzejną, A_G – pole powierzchni placka stycznej z płytą grzejną, H – grubość placka glutenowego, M – masa glutenu mokrego poddanego suszeniu.

Wszystkie pomiary przewidziane w ramach opisanej metody były wykonane w 8 powtórzeniach, a rozrzut tych pomiarów oszacowano poprzez określenie 95% przedziałów ufności (NIR) dla średnich p_{max} i V_G .

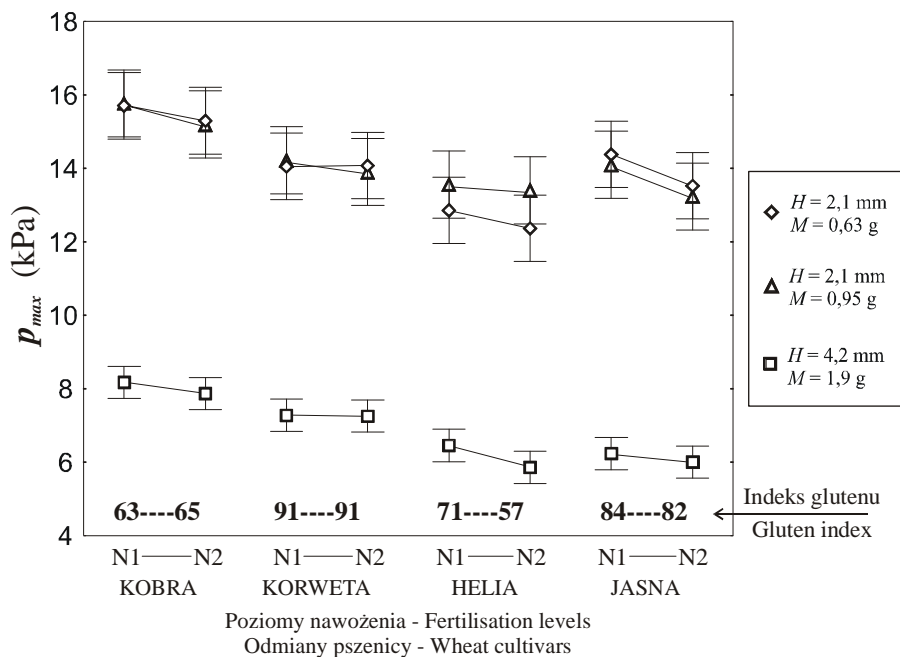
WYNIKI

Charakterystykę zmian wytrzymałości błon glutenowych, wyrażoną ciśnieniem maksymalnym (p_{max}), w zależności od wielkości szczeliny między płytami grzejnymi i masy próbki glutenu mokrego użytej do suszenia przedstawiono na rysunku 3. Spośród badanych parametrów suszenia, na zmiany wskaźnika p_{max} decydujący wpływ miała szerokość szczeliny między płytami grzejnymi. W przypadku szczeliny 4,2 mm, wartości p_{max} mieściły w przedziale od 5,9 do 8,2 kPa. Zmniejszając szczelinę do 2,1 mm uzyskiwano prawie dwukrotnie wyższe wartości tego wskaźnika (od 12,3 do 15,7 kPa), bez względu na masę próbki glutenu.

Analizując otrzymane wyniki należy zauważyć, że szersza szczelina sprzyjała formowaniu się pęcherzyków glutenowych o większych średnicach. Dlatego też do ich rozerwania potrzebne były znacznie mniejsze ciśnienia maksymalne. Istotną rolę w kształtowaniu się ciśnienia maksymalnego w pęcherzykach glutenowych (p_{max}) może również odgrywać grubość otaczających je błon, ponieważ cecha ta, jak należy przypuszczać, jest ujemnie skorelowana ze średnicą tych pęcherzyków.

Badane odmiany pszenicy istotnie różniły się wytrzymałością błon glutenowych (rys. 3). Odmiany jakościowe, Korweta i Jasna, charakteryzowały się pośrednimi wartościami p_{max} , natomiast odmiany chlebowe, Kobra i Helia, różniły się istotnie

między sobą, przyjmując skrajne wartości tego wskaźnika. Wpływ nawożenia azotowego na p_{max} okazał się ze statystycznego punktu widzenia nieistotny. Niemniej jednak zarysowała się jednoznaczna tendencja do obniżania wytrzymałości błon glutenowych w wyniku zwiększania dawki nawożenia.



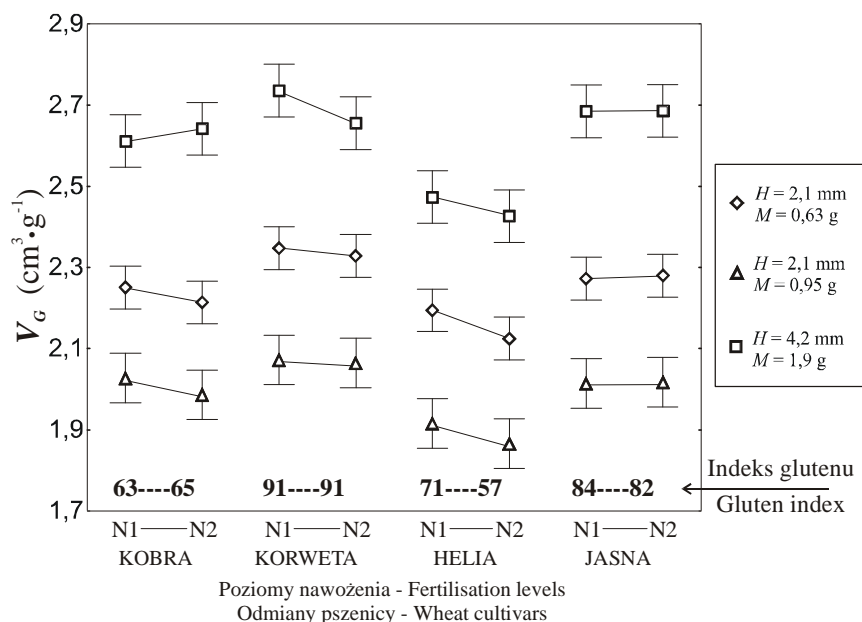
Rys. 3. Średnie ciśnienia maksymalne wewnątrz placka glutenowego (p_{max}) i 95% przedziały ufności dla badanych odmian pszenicy i poziomów nawożenia azotowego przy stosowaniu różnych szerokości szczelin (H) i mas próbki glutenu mokrego (M)

Fig. 3. Mean maximum pressures inside gluten cake (p_{max}) and 95% confidence intervals for studied wheat cultivars and nitrogen fertilization levels at using different slot width (H) and mass of wet gluten sample (M)

Dla uwypuklenia pewnych elementów podkreślających istotną odrębność opracowanej metody od innych bazujących na ocenie właściwości glutenu surowego, na wykresie również naniesiono wartości indeksu glutenu (IG) zmierzone dla badanych kombinacji (odmiana x nawożenie). Dlatego też możemy zauważyć, że odmiana Kobra, pomimo charakteryzowania się niskim indeksem glutenu (rys. 3), wyróżniła się, spośród badanych odmian, glutenem, który podczas zastosowanej obróbki termicznej formował błony najbardziej wytrzymałe. Wskazuje to na istotne różnice między wynikami testowania glutenu surowego (IG) i glutenu zmodyfikowanego termicznie (p_{max}), a zarazem potwierdza to tezę, że nie zawsze z wystarczającą dokładnością można przewidywać zachowanie glutenu podczas obróbki termicznej, warunkami zbliżonej do wypieku chleba, jedynie na podstawie właściwości

mechanicznych glutenu surowego. Wiarygodność takiego przewidywania można byłoby znacznie zwiększyć poprzez wykorzystywanie nowo opracowanej metody w ocenie przydatności wypiekowej glutenu.

Na rysunku 4 przedstawiono charakterystykę rozciągliwości błon glutenowych na podstawie pomiarów objętości placków glutenowych (V_G). Otrzymane wartości V_G mieściły się w szerokim przedziale, od 1,87 do 2,74 $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ glutenu mokrego. Istotny wpływ na różnicowanie wartości tego wskaźnika miały oba rozpatrywane parametry suszenia. Zwiększanie szczeliny między płytami grzejnymi, a także zmniejszanie masy próbki glutenu poddawanego suszeniu, sprzyjało lepszemu wyrastaniu placków glutenowych i formowaniu się obszerniejszych błon glutenowych. W rezultacie znacznie łatwiej ujawniały się różnice w jakości glutenu między ocenianymi odmianami.



Rys. 4. Średnie objętości placka glutenowego (V_G) i 95% przedziały ufności dla badanych odmian pszenicy i poziomów nawożenia azotowego przy stosowaniu różnych szerokości szczelin (H) i mas próbki glutenu mokrego (M)

Fig. 4. Mean volumes of gluten cake (V_G) for studied wheat cultivars and nitrogen fertilization levels at using different slot width (H) and mass of wet gluten sample (M)

Odmiana Korweta, o najwyższym indeksie glutenu wśród badanych odmian, wyróżniła się również najbardziej rozciągliwymi błonami glutenowymi (V_G), pomimo ich umiarkowanej wytrzymałości (p_{max}). Z kolei odmiana Helia charakteryzowała się najgorszym jakościowo glutenem, zwłaszcza z punktu widzenia

technologii wypieku chleba. Formował on bowiem błony glutenowe najłabsze mechanicznie i zarazem najmniej rozciągliwe. Nawożenie azotowe nie wpływało istotnie na różnicowanie się rozciągliwości błon glutenowych, a obserwowane tendencje zmian objętości placka nie były tak jednoznaczne, jak w wypadku wskaźnika p_{max} . Ponadto nie potwierdzono istotnej korelacji między rozciągliwością błon a ich wytrzymałością. Fakty te mogą wskazywać na odrębne uwarunkowania zmienności obu analizowanych cech błon glutenowych.

DYSKUSJA

Jak wspomniano we wstępie, dotychczas nie istniały metody umożliwiające pomiar właściwości mechanicznych glutenu w warunkach zbliżonych do tych występujących podczas wypieku chleba. Niemniej jednak, próby opracowywania metod pomiarowych przydatnych do tych zastosowań były już czynione. Dobraszczyk [4] skonstruował urządzenie służące do nadmuchiwania pęcherza z ciasta chlebowego lub glutenu mokrego, a także zaproponował sposób opisu zależności ciśnienia w tym pęcherzu od wielkości jego odkształcenia przy pomocy wskaźnika („strain hardening index”) dobrze skorelowanego z wartością wypiekową ciasta lub glutenu [5]. Jednakże pomiary tego wskaźnika mogą być prowadzone na próbkach ogrzewanych do niewielkich temperatur, maksymalnie do 60°C. Nie pomniejszając zalet tego typu pomiarów, zwłaszcza przy badaniu ekspansji ciasta podczas fermentacji, należy stwierdzić, że warunki w jakich są one wykonywane zupełnie nie odwzorowują rzeczywistej specyfiki wypieku chleba, w trakcie którego oddziałują na gluten, czy ciasto, kilkakrotnie wyższe temperatury, osiągające nawet ponad 200°C. Dlatego też wyniki z tych pomiarów nie mogą być przydatne przy opisie zarówno samego procesu wypieku, jak i również modyfikacji termicznych będących jego następstwem. Potwierdzeniem słuszności tej tezy są wyniki obecnych badań (rys. 3), wskazujących, że ocena przeprowadzona na glutenie mokrym (indeks glutenu), nie zawsze pokrywa się z charakterystyką jego zachowania w trakcie obróbki termicznej (wytrzymałość błon glutenowych). Podobnych argumentów dostarczają również badania Abdelrahman’a i Spies’a [1], którzy porównywali dwie mąki o różnej jakości wypiekowej i stwierdzili niższe wartości modułu elastyczności ciasta (G') dla mąki o wyższej jakości wypiekowej. Źródłem omawianych rozbieżności mogą być modyfikacje termiczne jakim podlegają błony glutenowe. Wiadomo bowiem, że oddziaływanie wysokiej temperatury nasila reaktywność zawartych w tych błonach komponentów białkowych i innych oraz wchodzenie ich w nowe interakcje ze sobą, w efekcie czego właściwości mechaniczne błon termicznie zmodyfikowanych mogą radykalnie się zmienić, na co wskazują przytoczone badania.

Zatem nie ulega wątpliwości, że dla poznania całokształtu zmian jakim podlegają błony glutenowe w procesie wypieku chleba są potrzebne metody, podobne w swojej istocie do zaproponowanej przez autorów niniejszego artykułu. Opracowana metoda umożliwia w sposób prosty i obiektywny testowanie próbek zarówno glutenu i ciasta w trakcie oddziaływania takich temperatur jakie występują podczas rzeczywistego procesu wypieku chleba. Wyznaczone w oparciu o tę metodę wskaźniki p_{max} i V_G pozwalają charakteryzować dwie, tak istotne dla właściwego przebiegu wypieku chleba, cechy błon glutenowych, ich wytrzymałość i rozciągliwość. Powszechnie wiadomo, że jedynie odpowiednia równowaga między tymi cechami warunkuje wypiek chleba o maksymalnej objętości i jakości. Dlatego też konieczne są dalsze badania dla ustalenia optymalnej proporcji wytrzymałości do rozciągliwości błon glutenowych, a także wykrycia związków między zaproponowanymi wskaźnikami a wyróżnikami oznaczanymi na podstawie próbnego wypieku chleba. Wskazane jest zbudowanie w zautomatyzowanego stanowiska badawczego umożliwiającego, obok pomiaru ciśnienia wewnątrz pęcherzyków glutenowych, również ciągłą rejestrację szybkości przyrostu ich objętości w trakcie fazy wyrastania. Automatyzacja procesu pomiarowego uczyni pomiar wytrzymałości i rozciągliwości błon glutenowych jeszcze bardziej wiarygodnym i przyspieszy zarówno poznanie rzeczywistej roli tych cech w kształtowaniu pożądanej tekstury miękiszu chleba, jak również ocenę użyteczności opracowanej metody.

WNIOSKI

1. Opracowana metoda pozwala na modelowanie warunków obróbki termicznej glutenu mokrego, które możliwie najwierniej odwzorowują proces wypieku chleba. Pomiar właściwości mechanicznych błon glutenowych odbywa się w sposób ciągły w czasie procesu formowania się pęcherzyków pary wodnej i ich ekspansji, zachodzącego pod wpływem ogrzewania próbki do ustalonej temperatury, wyższej od temperatury wrzenia wody zawartej w glutenie.

2. Wyznaczone w oparciu o tę metodę wskaźniki, takie jak: ciśnienie maksymalne wewnątrz placka glutenowego (p_{max}) oraz jego objętość (V_G), umożliwiają w sposób obiektywny charakteryzowanie właściwości mechanicznych błon glutenowych modyfikowanych termicznie.

3. Badania metodyczne wykazały, że zmniejszanie szczeliny między płytami grzejnymi przyczynia się do wytworzenia wyższych ciśnień wewnątrz placka glutenowego i do zmniejszenia jego objętości. Podczas gdy zmniejszanie masy próbki glutenu sprzyja ujawnianiu się większej rozciągliwości błon glutenowych, przy nie zmienionej ich wytrzymałości.

4. Oceniane odmiany pszenicy istotnie różniły się właściwościami mechanicznymi błon glutenowych. Spośród nich, odmiana Helia charakteryzowała się glutenem, który formował błony najmniej wytrzymałe i rozciągliwe. Z kolei gluten izolowany z ziarna pszenicy odmiany Korweta odznaczał się najbardziej rozciągliwymi błonami, ale o umiarkowanej wytrzymałości.

5. Upowszechnienie proponowanych pomiarów właściwości mechanicznych błon glutenowych może znacznie ułatwić interpretowanie zachowania się ciasta chlebowego podczas wypieku oraz usprawnić rutynową ocenę wartości wypiekowej ziarna pszenicy.

PIŚMIENNICTWO

1. **Abdelrahman A., Spies R.:** Dynamic rheological studies of dough systems. In: Fundamentals of Dough rheology, Eds. Faridi H., Faubion J.M., AACC, St. Paul, MN, 87-103, 1986.
2. **Balla A., Blecker C., Razafindralambo H., Paquot H.:** Interfacial properties of wheat gluten films from flours with different breadmaking qualities (in French). *Sciences des Aliments*, 17, 271-278, 1997.
3. **Bloksma A. H., Bushuk W.:** Rheology and chemistry of dough. In: Wheat: Chemistry and technology. Ed. Y. Pomeranz, AACC Inc., St. Paul, MN, 131-217, 1988.
4. **Dobraszczyk B. J.:** Development of a new dough inflation system to evaluate doughs. *Cereal Food World*, 42, 516-519, 1997.
5. **Dobraszczyk B. J., Smewing J., Albertini M., Measmans G., Schofield J. D.:** Extensional rheology and stability of gas cell walls in bread doughs at elevated temperatures in relation to breadmaking performance. *Cereal Chemistry*, 80, 218-224, 2003.
6. **Gunasekaran S., Ak M. M.:** Dynamic oscillatory shear testing of foods – selected applications. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 155-127, 2000.
7. International Association for Cereal Science and Technology: ICC Standard No. 155. Determination of wet gluten quantity and quality (Gluten index ac. to Perten) of whole wheat meal and wheat flour (*Triticum aestivum*). 1994.
8. **Janssen A. M., Vliet T., Vereijken J. M.:** Rheological behaviour of wheat glutes at small and large deformations. Comparisons of two glutes differing in breadmaking potential. *Journal of Cereal Science*, 23, 19-31, 1996a.
9. **Khatkar B. S., Bell A. E., Schofield J. D.:** The dynamic rheological properties of glutes and gluten sub-fractions from wheats of good and poor breadmaking quality. *Journal of Cereal Science*, 22, 29-44, 1995.
10. **Kim J.J., Kieffer R., Belitz H.D.:** Rheological properties of reconstituted wheat glutes containing differing properties of prolamin fractions from non-wheat cereals (in German). *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 186, 16-21, 1988.
11. **Miś A.:** Some methodological aspects of determining wet gluten quality by the glutomatic method. *Int. Agrophysics*, 14, 263-267, 2000.
12. **Miś A., Rusinek R.:** Sposób określania wytrzymałości i rozciągliwości błon glutenowych formujących się – wskutek działania na próbkę strumienia ciepła – w uwodnionych mieszaninach zawierających białka glutenowe, zwłaszcza w glutenie mokrym oraz urządzenie do wykonywania tego sposobu. Zgłoszenie patentowe nr P-370941, 2004.
13. **Klockiewicz-Kamińska E.:** Odmiany gwarancją jakości. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 6, 10-11 i 28, 2001.

MEASUREMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF GLUTEN
MEMBRANES DURING THERMAL TREATMENT

Antoni Miś, Robert Rusinek

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: mis@demeter.ipan.lublin.pl

Abstract. A method for measuring the strength and extensibility of gluten membranes being formed during the drying of wet gluten sample between two heating plates has been worked out. Due to boiling of water contained in gluten, the gluten membranes expand and exert stress on the heating plates. On the basis of the value of this stress, the strength of the gluten membranes is determined, as the maximum pressure which they can maintain inside the gluten cake, and the volume of the cake is assumed as a measure of their extensibility.

Key words: wheat, wet gluten, thermal treatment, gluten membranes, mechanical properties