

HALINA GAMBUŚ, DOROTA GUMUL, ANDRZEJ CYGANKIEWICZ

## WPLYW ŚREDNICH DAWEK PROMIENIOWANIA GAMMA NA WARTOŚĆ WYPIEKOWĄ MĄKI PSZENNEJ, ŻYTNIEJ I PSZENŻYTNIEJ

### Streszczenie

W pracy porównano wartość wypiekową mąk pszennych typu 550 i 850, żytniej typu 720 oraz pszenżytniej typu 680, naturalnych i napromienionych promieniami gamma w dawce: 2; 3 i 5 kGy.

Napromienienie mąk pszennych w dawce 5 kGy umożliwiło wyizolowanie z nich większej ilości glutenu mokrego oraz znaczne zmniejszenie jego rozplywalności. W miarę zwiększania dawki promieniowania od 2 do 5 kGy następowało zmniejszenie indeksu glutenowego w mąkach pszennych, nie obniżając jednak ich wartości wypiekowej. Zdecydowaną poprawę wartości wypiekowej pod wpływem wszystkich zastosowanych dawek promieni gamma zaobserwowano w badaniach mąki pszenżytniej.

Niewielkie zmiany liczby opadania na skutek procesu napromienienia świadczą o zachowaniu aktywności enzymu  $\alpha$ -amylazy w badanych mąkach.

### Wstęp

W ostatnim dwudziestoleciu wiele badań poświęcono nowej technice konserwacji żywności, jaką jest napromienienie produktów promieniami jonizującymi, najczęściej promieniami gamma powstającymi przy fizycznym rozpadzie kobaltu – 60 [4, 12].

W 1981 r. połączone komitety ekspertów FAO/IAEA/WHO uznały żywność traktowaną promieniami w dawce do 10 kGy za całkowicie bezpieczną dla zdrowia konsumentów i od tej pory jonizacja jako metoda konserwacji żywności stosowana jest już w 37 krajach [2, 12, 13, 16].

W krajach Unii Europejskiej techniki konserwowania przez napromienienie stosuje Francja, Belgia i Holandia. W lutym 1999 r. Parlament Europejski zaakceptował promieniowanie jako środek konserwujący, co doprowadzi w najbliższym czasie do powstania dyrektywy ujednocniającej ogólnoeuropejskie warunki napromienienia żywności do celów konserwacji i sprzedaży, oraz rozszerzenia listy produktów żywno-

ściowych i ich składników, które mogą być napromieniane [1].

Zarówno ziarno zbóż jak i mąka traktowane były dotychczas promieniami gamma najczęściej w celu sterylizacji, aby wydłużyć czas przechowywania i zabezpieczyć przed stratami. Technologiczny wpływ promieniowania gamma na ziarno zbóż i na zmiany zachodzące w czasie przechowywania były mało badane.

Mac Arthur i D'Appolonia [14] ocenili reologiczne właściwości i wartość wypiekową mąk uzyskanych z trzech odmian pszenicy twardej czerwonej jarej, napromienionej promieniami gamma w dawce do 3 kGy. Stwierdzili oni, że wraz ze wzrostem poziomu napromieniania wszystkich trzech odmian, istotnie zmniejszała się liczba opadania oraz lepkość maksymalna kleików mącznych mierzona amylograficznie, nie następowały jednak zmiany w aktywności enzymu  $\alpha$ -amylazy. Na podstawie analizy farinograficznej autorzy ci wykazali ponadto, że przy wzroście dawki promieniowania zwiększała się wodochłonność badanych mąk, natomiast nieco zmniejszał się czas rozwoju i czas stałości ciasta. Nie stwierdzili oni różnic w zawartości mokrego glutenu oraz zawartości rozpuszczalnego białka pomiędzy mąkami kontrolnymi a napromienionymi dawką do 3 kGy.

Celem pracy było porównanie właściwości wypiekowych mąk naturalnych: pszennej typu 550 i 850, żytniej typu 720 i pszenżytniej typu 680, oraz tych samych mąk poddanych procesowi napromienienia średnimi dawkami promieni gamma: 2; 3 i 5 kGy.

## Material i metody

Handlowe mąki: pszenne typu 550 i 850 oraz żytnią typu 720, jak również mąkę pszenżytnią typu 680 otrzymaną z przemiału laboratoryjnego pszenżyta odmiany Vero, napromieniono w Międzyresortowym Instytucie Techniki Radiacyjnej Politechniki Łódzkiej, promieniami gamma emitowanymi przez  $^{60}\text{Co}$ , w dawce: 2; 3 i 5 kGy.

Jakość mąk napromienionych porównano z jakością mąk naturalnych, oceniając:

- liczbę opadania (LO) – metodą Hagberga – Pertena w aparacie Falling Number – 1800 (Norma ICC Standard No 107) [10],
- analizę farinograficzną w Farinografie – Resistografie firmy Brabender, zgodnie z Normą ICC Standard No 115/5 [10],
- ilość glutenu po jego wymyciu w aparacie Glutomatic 2200 (Norma ICC Standard No 137) [10] oraz indeks glutenowy w specjalnej wirówce (typ 2015), zgodnie z instrukcją firmy Perten,
- elastyczność i rozplywalność glutenu zgodnie z normami dla przetworów zbożowych [11],

- lepkość maksymalną 8,5% wodnych kleików skrobiowych w viskozymetrze Rheotest 2 wg programu podstawowego [17] z modyfikacją Gambuś i Nowotnej [5].

## Wyniki i dyskusja

Największą ilość glutenu mokrego uzyskano z mąk pszennych, przy czym oba typy mąk (550 i 850) były bardzo do siebie zbliżone pod tym względem (tabela 1). Gluten ten odznaczał się bardzo dobrą elastycznością (w I stopniu) oraz niską rozplywalnością. Oznaczony indeks glutenowy w obu mąkach pszennych przekraczał wartość 90%, co świadczy o bardzo związłym i mocnym glutenie i co kwalifikuje takie mąki do stosowania jako poprawiacze mąk o niskich wartościach indeksu glutenowego [3].

Znacznie mniejszą ilość glutenu mokrego udało się wymyć z mąki pszenżytniej odmiany Vero, za małą, aby można było oznaczyć jego rozplywalność. Gluten ten odznaczał się złą elastycznością, był to bowiem gluten krótki (w IV stopniu).

Złej jakości glutenu pszenżytniego nie potwierdził jednak indeks glutenowy, którego wartość była trochę niższa od 90%, co kwalifikuje mąkę pszenżytnią do bardzo dobrych pod względem wartości wypiekowej. Jak twierdzi bowiem Cygankiewicz [3] do wypieku chleba i ciasta drożdżowego najbardziej odpowiednia jest mąka o indeksie glutenowym 60–90%.

Napromienienie wszystkich badanych mąk promieniami gamma wywarło wpływ na oznaczenie ilości i jakości glutenu mokrego (tabela 1).

W przypadku mąk pszennych, dawka 5 kGy spowodowała widoczny wzrost ilości glutenu mokrego oraz znaczne obniżenie jego rozplywalności. Rozplywalność glutenu mąki pszennej typu 850 uległa znacznemu obniżeniu już po napromienieniu tej mąki dawką 3 kGy. Natomiast dawka promieniowania gamma 2 kGy nie spowodowała praktycznie żadnych zmian w ilości i jakości glutenu pszennego. Potwierdza to wyniki badań Mac Arthura i D'Appolonii [14], którzy stosując dawkę do 3 kGy nie stwierdzili różnic w zawartości mokrego glutenu pomiędzy mąkami pszennymi kontrolnymi a napromienionymi. Wydaje się, że nawet dawka 3 kGy jest za niska, aby dyskutować o różnicach w zawartości glutenu pomiędzy tymi mąkami. Większe różnice w zawartości glutenu występowały dopiero przy zastosowaniu dawki 5 kGy, niezależnie od rodzaju mąki pszennej. Pod wpływem napromienienia nie nastąpiło pogorszenie elastyczności glutenu pszennego, która nadal pozostawała w I stopniu.

Oznaczenia indeksu glutenowego wykazały jego spadek w miarę wzrostu dawki promieniowania, w porównaniu z mąkami pszennymi naturalnymi, ale według przyjętych kryteriów spadek ten nie spowodował pogorszenia wartości wypiekowej obu typów badanych mąk pszennych.

Tabela 1

Wpływ średnich dawek promieniowania gamma: 2, 3, 5 kGy na ilość i jakość glutenu w badanych mąkach.

Influence of the medium gamma radiation doses: 2, 3, 5 kGy on content and quality of gluten from investigated flours.

Rodzaj mąki Kind of flour	Dawka promieniowania Radiation dose [kGy]	Charakterystyka glutenu mokrego Characteristic of wet gluten			
		Zawartość Content [%]	Elastyczność Elasticity [°E]	Rozpływalność Spreadability [mm]	Indeks glutenowy Gluten Index [%]
Pszena typu 550 Wheat flour of type 550	0	28,5	I	7,0	95,6
	2	28,5	I	6,5	91,2
	3	29,0	I	6,5	86,7
	5	29,2	I	4,5	83,1
Pszena typu 850 Wheat flour of type 850	0	28,4	I	7,5	91,2
	2	28,4	I	7,0	85,0
	3	28,5	I	5,5	81,6
	5	29,3	I	5,0	78,2
Pszczytnia typu 680 Triticale flour of type 680	0	9,8	IV	-	86,2
	2	12,7	II	4,0	79,9
	3	16,3	II	4,5	85,8
	5	18,4	II	5,0	85,5

Zdecydowaną poprawę wartości wypiekowej pod wpływem jonizacji promieniami gamma, zaobserwowano w badaniach mąki pszenżytniej z odmiany Vero. Każda z zastosowanych dawek promieniowania zwiększyła ilość otrzymanego glutenu mokrego, przy dawce 5 kGy nawet dwukrotnie. Istotnej poprawie uległa również elastyczność tego glutenu (z IV na II stopień), a jego rozpływalność była nawet niższa niż napromienionych mąk pszennych; niestety nie można jej porównać do glutenu z mąki wyjściowej, ponieważ wymyto go za mało, aby wykonać to oznaczenie. Interesującym wydaje się również fakt minimalnego obniżenia indeksu glutenowego mąki pszenżytniej pod wpływem napromienienia. Korzystny wpływ na ilość i jakość glutenu pszenżytniego należy prawdopodobnie tłumaczyć wzmocnieniem jego struktury poprzez częściową denaturację białka glutenowego.

Jak wynika z tabeli 2, wszystkie badane mąki charakteryzowały się niewysoką aktywnością  $\alpha$ -amylazy, o czym świadczy oznaczona liczba opadania tych mąk. Na jej podstawie mąki pszenne i żytnie zakwalifikowano do mąk o średniej aktywności  $\alpha$ -amylazy – najlepszej dla przemysłu piekarskiego [11], natomiast mąkę pszenżytnią do mąk o niskiej aktywności  $\alpha$ -amylazy.

Tabela 2

Aktywność enzymatyczna i lepkość kleiku skrobiowego mąk naturalnych i napromienionych.  
Enzymatic activity and viscosity of starch paste of nonirradiated and irradiated flours.

Rodzaj mąki Kind of flour	Dawka promieniowania Radiation dose [kGy]	Liczba opadania Falling number [s]	Lepkość maks. kleiku skrobiowego Max. viscosity of starch pastes [J.U.α]
Pszenka typu 550 Wheat flour of type 550	0	237	62,0
	2	240	27,0
	3	238	19,5
	5	226	19,0
Pszenka typu 850 Wheat flour of type 850	0	234	57,0
	2	217	26,0
	3	224	15,5
	5	203	15,0
Pszenżytnia typu 680 Triticale flour of type 680	0	296	74,5
	2	251	24,5
	3	238	18,5
	5	232	15,5
Żytnia typu 720 Rye flour of type 720	0	226	57,0
	2	220	24,5
	3	217	20,5
	5	221	14,0

Niska aktywność amylolityczna mąki pszenżytniej z odmiany Vero jest godna podkreślenia gdyż dotychczas wszystkie badane mąki pszenżytnie charakteryzowały się bardzo wysoką aktywnością enzymatyczną [7, 9]. Prawdopodobnie jest to wynikiem korzystnych warunków atmosferycznych podczas dojrzwania i zbioru zbóż w roku 1994, z którego pochodziło ziarno pszenżyta: dużego nasłonecznienia, wysokiej temperatury powietrza a przede wszystkim bardzo niskich opadów. Ziarno pszenżyta nie miało więc warunków do porośnięcia (nie wykazało nawet porostu ukrytego).

Proces napromieniania dawkami do 5 kGy spowodował niewielkie zmiany liczby opadania, co świadczy o tym, że  $\alpha$ -amylaza nie uległa inaktywacji pod wpływem promieniowania jonizującego [14]. Najbardziej zauważalne zmniejszenie się tej cechy pod wpływem dawki 5 kGy, potwierdza – znana z badań wcześniejszych [12] – większą podatność skrobi zdegradowanej radiacją, na działanie enzymów amylolitycznych.

Znacznemu obniżeniu uległa natomiast lepkość kleików skrobiowych, ze skrobi wyodrębnionych ze wszystkich napromienionych mąk, w porównaniu z kleikami skrobiowymi ze skrobi naturalnych. Już dawka 2 kGy spowodowała ponad dwukrotny spadek lepkości maksymalnej, który w miarę wzrostu dawki z 2 do 5 kGy stawał się

Tabela 3

Analiza farinograficzna badanych mąk naturalnych i napromienionych dawką promieniowania gamma: 2, 3, 5 kGy.  
Results of farinographic evaluation of nonirradiated and irradiated flours with doses of gamma rays: 2, 3, 5 kGy.

Rodzaj mąki Kind of flour	Dawka napromienienia Radiation dose [kGy]	Wodochłonność mąki Water absorbtion [%]	Czas rozwoju ciasta Time of dough development [min]	Czas stałości ciasta Time of dough stability [min]	Rezystencja ciasta Resistance of dough [min]	Rozmięczenie ciasta Softening [JB]
Pszena typu 550 Wheat flour of type 550	0	60,5	1,2	10,0	11,2	10
	2	58,5	1,2	9,5	10,7	10
	3	58,5	1,2	9,2	10,4	10
	5	59,0	0,9	6,9	7,8	30
Pszena typu 850 Wheat flour of type 850	0	59,8	1,2	8,7	9,9	20
	2	59,8	1,2	6,8	8,0	20
	3	60,2	1,2	7,1	8,3	30
	5	60,5	0,9	5,6	6,5	50
Pszenżytnia typu 680 Triticale flour of type 680	0	56,5	0,9	5,7	6,6	20
	2	57,0	0,8	5,1	5,9	20
	3	56,8	0,9	5,0	5,9	20
	5	57,7	0,9	5,0	5,9	20

coraz bardziej widoczny. Obniżenie maksymalnej lepkości kleików pod wpływem napromienienia może być przypisane częściowej depolimeryzacji cząsteczek skrobi, która polega głównie na rozrywaniu 1,4 jak i 1,6 – glikozydowych wiązań, a także na rozwinięciu łańcuchów skrobiowych. Powstają wówczas polisacharydy o krótszych łańcuchach, co prowadzi do wzrostu rozpuszczalności i zdolności redukcyjnej, a także obniża lepkość takiej skrobi [6, 8, 14, 15, 18].

W tabeli 3 zamieszczono ocenę farinograficzną badanych mąk. Najlepsza pod tym względem okazała się mąka pszenna typu 550, która charakteryzowała się największą wodochłonnością, największą stałością ciasta i opornością na mieszenie (rezystencją), a także najmniejszym rozmiękczeniem ciasta. Im dłuższy czas rozwoju i stałości ciasta tym mąka jest „mocniejsza”, co związane jest oczywiście z ilością i jakością glutenu[11]. Mimo braku różnic w ilości i jakości glutenu pomiędzy obiema badanymi mąkami pszennymi, mąka pszenna typu 850 odznaczała się dużo gorszą oceną farinograficzną; zbliżoną do mąki typu 550 wodochłonnością, ale krótszym czasem rozwoju, dużo krótszym czasem stałości ciasta, a także dwukrotnie większym rozmiękczeniem, porównywalnym z mąką pszenżytnią.

Mąka pszenżytnia pod względem wodochłonności nie odbiegała w znacznym stopniu od mąk pszennych. Charakteryzowała się takim samym rozmiękczeniem jak mąka pszenna typu 850, natomiast czas rozwoju i stałości ciasta były niższe w porównaniu z tą mąką.

Napromienienie badanych mąk dawkami od 2 do 5 kGy minimalnie obniżyło wodochłonność mąki pszennej typu 550. Dawka 2 i 3 kGy nie wpłynęła na czas rozwoju wszystkich mąk, natomiast dawka 5 kGy skróciła ten czas w przypadku mąk pszennych, nie wpływając na rozwój ciasta pszenżytniego. Czas stałości ciasta ulegał zmniejszeniu w miarę wzrostu dawki napromienienia, przyjmując najniższe wartości przy 5 kGy.

Ta sama dawka spowodowała też największe rozmiękczenie ciast pszennych.

W przypadku mąki pszenżytniej napromienienie w ogóle nie wpłynęło na wodochłonność, czas rozwoju, a także rozmiękczenie ciasta. W niewielkim stopniu zmniejszył się tylko czas stałości ciasta, niezależnie od zastosowanej dawki promieniowania gamma.

## Wnioski

Napromienienie badanych mąk pszennych – typu 550 i 850 – promieniami gamma w dawce 5 kGy, umożliwiło wyizolowanie z nich większej ilości glutenu mokrego oraz znaczne zmniejszenie jego rozptywalności, natomiast napromienienie w dawce 2 kGy nie spowodowało żadnych zmian w ilości i jakości glutenu pszennego.

Oznaczenia indeksu glutenowego w mąkach pszennych wykazały jego mniejszą wartość w miarę zwiększania dawki promieniowania, w porównaniu z mąkami wyj-

ściowymi, ale w każdym przypadku można je było nadal zakwalifikować do mąk o bardzo dobrej wartości wypiekowej.

Zdecydowaną poprawę wartości wypiekowej pod wpływem wszystkich zastosowanych dawek promieni gamma, zaobserwowano w badaniach mąki pszenżytniej, gdyż spowodowały one zwiększenie ilości uzyskanego glutenu mokrego (przy dawce 5 kGy nawet dwukrotnie) oraz polepszenie jego elastyczności z IV na II stopień, przy rozpląwalności mniejszej niż napromienionych mąk pszennych i przy praktycznie niezmiennym indeksie glutenowym oraz niezmiennych: wodochłonności mąki, czasie rozwoju i rozmiękczenia ciasta.

Niewielkie zmiany liczby opadania na skutek procesu napromieniania świadczą o zachowaniu aktywności enzymu  $\alpha$ -amylazy w badanych mąkach.

## LITERATURA

- [1] Anonim: Parlament Europejski akceptuje promieniowanie jako środek konserwujący . Przemysł Spożywczy, **53**, 1999, 49.
- [2] Bruhn C. M.: Strategies for communicating facts on food irradiation to consumers. Journal of Food Protection, **58**, 1995, 213-216.
- [3] Cygankiewicz A.: Wartość technologiczna ziarna materiałów hodowlanych pszenicy ozimej i jarej na tle badań własnych i światowych. Biuletyn IHAR, **204**, 1997, 237-243.
- [4] Fiszer W.: Promieniowanie jonizujące szansą trwałej i zdrowej żywności. PTTŻ – Oddział Wielkopolski, AR Poznań, 1992.
- [5] Gambuś H., Nowotna A.: Physico-chemical properties of detatted triticale starch. Pol. J. Food Nutr. Sci., **1/42**, 1992, 101-107.
- [6] Gambuś H., Juszczak L., Achremowicz B.: Wpływ niskich dawek promieniowania gamma na fizyko-chemiczne właściwości skrobi zbożowych., Zeszyty Naukowe AR Kraków, Technologia Żywności, **7**, 1995, 34-41.
- [7] Gambuś H., Nowotna A., Korus J., Czaja G.: Wpływ polepszaczy na jakość pieczywa z mąki pszenżytniej Cz .1. Ocena wartości wypiekowej mąki oraz wybór optymalnej metody wypieku. Zeszyty Naukowe AR Kraków, Technologia Żywności, **6**, 1994, 77-86.
- [8] Gambuś H., Zamroźniak-Ryś I., Achremowicz B.: Porównanie wybranych, fizyczno-chemicznych właściwości skrobi zbożowych poddanych działaniu promieniowania jonizującego w stanie wyizolowanym lub zawartych w mące. Zeszyty Naukowe AR Kraków, Technologia Żywności, **9**, 1997, 55-66.
- [9] Haber T., Lewczuk J., Pachelska A.: Charakterystyka technologiczna nowych krajowych odmian pszenżyta, Przegląd Zbożowo-Młynarski, **37**, 1993, 13-17.
- [10] ICC-Standards: Standard Methods of the International Association for Cereal Science and Technology [ICC]. Printed by ICC – Vienna ed. 1995.
- [11] Jakubczyk T., Haber T. (red.): Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Skrypty SGGW-AR, Warszawa, 1993.
- [12] Kaferstein F.K. (red.): Napromienienie żywności. Technika utrwalania i poprawy jakości zdrowotnej żywności. FAO/WHO, Genewa, 1998.



- [13] Lewicki P.: Zastosowanie promieniowania jonizującego w technologii żywności. *Przemysł Spożywczy*, **56**, 1992, 56-57.
- [14] Mac Arthur L.A., D'Appolonia B.L.: Gamma radiation of wheat. I. Effect on dough and baking properties. *Cereaal Chemistry*, **60**, 1983, 456-460.
- [15] Mac Arthur L.A., D'Appolonia B.L.: Gamma radiation of wheat. II. Effect of low-dosage radiations on starch properties. *Cereal Chemistry*, **61**, 1984, 321-326.
- [16] Ressurreccion A.V., Galvez F., Fletcher S.M.: Consumer attitudes toward irradiated food: results of a new study. *J. Food Protect.*, **58**, 1995, 193-196.
- [17] Richter M., Augustas S., Schierbaum F.: *Ausgewählte Methoden der Starkechemie*. VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1969.
- [18] Sabularse V.A., Liuzzo J.A., Rao R.M., Grodner R.M.: Physicochemical characteristics of brown rice as influenced by gamma irradiation. *J. Food Sci.*, **57**, 1992, 143-145.

### **INFLUENCE OF THE MEDIUM GAMMA RADIATION DOSES ON THE BAKING VALUE OF WHEAT, RYE AND TRICITALE FLOURS**

#### **S u m m a r y**

In the research the baking values of the following flours were compared: wheat type 550 and 850, rye type 720 and triticale type 680, native flours and exposed to radiation at the doses of 2; 3 and 5 kGy. Irradiation of wheat flours enabled to isolate from them the higher amounts of wet gluten and a considerable reduction of its spreadibility. As the radiation dose 2-5 kGy increased, the decrease of gluten index in wheat flours was observed, it did not, however, lowered their baking value.

Under the influence of the doses of gamma radiation in flour the baking value improved. Slight changes in the falling number informed us that  $\alpha$ -amylase activity has been maintained. ☒