

IZABELLA KWAŚNIEWSKA-KAROLAK, RADOSŁAW MOSTOWSKI

## WPLYW PREPARATÓW ENZYMATYCZNYCH NA TRWAŁOŚĆ PIECZYWA MIESZANEGO WYTWORZONEGO NA ZAKWASIE I PRZECHOWYWANEGO W WARUNKACH ZAMRAŻALNICZYCH

### Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu dodatku preparatów enzymatycznych oraz czasu i warunków przechowywania na fizykochemiczne właściwości pieczywa mieszanego wytworzonego na zakwasie. Badaniom poddano chleb pszenno-żytni bez udziału preparatów (kontrolny) oraz chleb z dodatkiem preparatów Finizyme i G-Zyme w ilościach 10 i 30 mg/900 g (bochenek). Chleby sporządzono zgodnie z recepturą na zakwasie, wypieczono w piecu przeznaczonym do wypieku chleba i przechowywano w warunkach zamrażalniczych przez 14 dni.

W chlebach świeżych po siedmiu i czternastu dniach przechowywania wykonano analizy zawartości wody, objętości (chleb świeży), kwasowości, zawartości skrobi opornej i twardości miękkiszu chleba. Wykonano także ocenę sensoryczną pieczywa. W czasie zamrażalniczego przechowywania zaobserwowano zmniejszenie zawartości wody (o 1 ÷ 12 %) i wzrost kwasowości, który w przypadku pieczywa z dodatkiem preparatów enzymatycznych przyczynił się do większego przyrostu ilości skrobi opornej (RS) w porównaniu z chlebem kontrolnym. Dodatek enzymów wpłynął znacząco na objętość chleba i na poprawę jego wyglądu zewnętrznego, co spowodowało, że został wyżej oceniony pod względem cech sensorycznych. Twardość chleba uległa zwiększeniu w trakcie dwóch tygodni jego przechowywania w stanie głębokiego zamrożenia. Większe zmiany wartości tego parametru stwierdzono w chlebie kontrolnym, natomiast dodatek preparatów enzymatycznych ograniczył w pewnym stopniu szybkość twardnienia miękkiszu. Wprowadzenie do receptury chleba na zakwasie preparatów enzymatycznych należy więc uznać za korzystne z uwagi na wzrost objętości bochenków, ograniczenie ich twardnienia podczas zamrażalniczego przechowywania oraz zwiększenie zawartości skrobi RS – czynnika o charakterze prozdrowotnym.

**Słowa kluczowe:** chleb na zakwasie, preparaty enzymatyczne, skrobia oporna (RS), zamrażalnicze przechowywanie

## Wprowadzenie

Chleb znany jest ludzkości co najmniej od 12 tysięcy lat. Już wtedy stanowił jeden z najważniejszych składników diety człowieka. W wielu kulturach zboża i produkty zbożowe stanowiły podstawę wyżywienia ludności.

Produkty zbożowe charakteryzują się dużą wartością odżywczą, gdyż zawierają znaczne ilości białka, dostarczają makro- i mikroelementów takich, jak fosfor, cynk, fluor oraz witamin z grupy B. Dzięki obecności błonnika produkty otrzymane z całego ziarna zbóż przyczyniają się do oczyszczania organizmu ze zbędnych produktów przemiany materii. Niestety zauważalne jest zmniejszenie spożycia pieczywa i produktów zbożowych [23].

Bardzo ważnym aspektem dotyczącym akceptowalności pieczywa jest jego świeżość. Niekorzystne zmiany fizykochemiczne i związane z tym obniżenie jakości pieczywa pojawia się już bezpośrednio po wypieku. W wielu badaniach wskazuje się na to, że czerstwienie chleba powodowane jest przemianami skrobi, interakcjami skrobi i glutenu oraz redystrybucją wilgoci [10, 11, 19]. Zmiany te powodują obniżenie jakości sensorycznej oraz struktury przestrzennej miękiszu.

Trwałość pieczywa w czasie przechowywania jest ograniczona, co wynika ze zmian związanych z migracją wilgoci, utratą charakterystycznego zapachu, rozwojem drobnoustrojów, a także przyrostem ilości skrobi odpornej na trawienie przez enzymy. Utrata świeżości związana jest z wysychaniem i utlenianiem się związków aromatycznych. Woda zawarta w miększu przemieszcza się do skórki i odparowuje. Struktura miększu staje się twarda i zaczyna się kruszyć, natomiast skórka mięknie. Zanika charakterystyczny aromat i smak świeżego pieczywa. Dobór odpowiednich warunków procesu fermentacji, sposobu formowania ciasta, jego rozrost oraz wypiek mogą przyczynić się do wydłużenia świeżości pieczywa [2, 3].

Pieczywo uważa się za świeże przez ok. jeden lub dwa dni. Szybkość procesu czerstwienia można spowolnić między innymi przez dodatek preparatów enzymatycznych do ciasta [6, 16]. Enzymy są stosowane w przemyśle spożywczym od wielu lat. Ułatwiają otrzymanie pożądanego surowca, a w efekcie poprawę jakości gotowego produktu. Enzymy lipolityczne, szczególnie lipazy, fosfolipazy oraz glikolipazy powodują rozkład lub przetworzenie substancji tłuszczowych, dzięki czemu powstają cząsteczki spolaryzowane, które poprawiają przebieg wypieku. Do wyrobu pieczywa dodawane są w małych ilościach, stają się aktywne w momencie wyrabiania ciasta, czyli podczas dodania wody. Dodatek preparatów enzymatycznych o właściwościach lipolitycznych powoduje wzrost objętości pieczywa, korzystnie wpływa także na porowatość miększu. Utworzone przez lipazy mono- i diglicerydy zwiększają stabilność ciasta. Jedną z zalet ich stosowania jest spowolnienie procesu starzenia się chleba, a także przedłużenie trwałości pieczywa w trakcie przechowywania [15].

Rozwiązaniem, które umożliwia zaopatrzenie rynku w świeże pieczywo jest zastosowanie niskich temperatur. Skuteczną metodą przedłużania trwałości jest szybkie zamrażanie pieczywa i przetrzymywanie go w temp.  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . W takich warunkach zostaje zahamowana migracja wody z miększu do skórki, tempo przemian chemicznych skrobi spowalnia się, a proces czerstwienia zostaje częściowo ograniczony. Pieczywo mrożone zachowuje dobrą jakość nawet przez kilka tygodni. Zamrażalnicze przechowywanie nie powstrzymuje jednak całkowicie zachodzących w nim zmian fizykochemicznych i sensorycznych [7].

Celem pracy było określenie wpływu dodatku preparatów enzymatycznych oraz czasu i warunków przechowywania na fizykochemiczne właściwości pieczywa mieszanego wytworzonego na zakwasie.

### Material i metody badań

Materiałem do badań były chleby pszenno-żytnie świeże i przechowywane zamrażalniczo w temp.  $-21 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  przez 14 dni. Wypieczono chleby kontrolne oraz z dodatkiem preparatów enzymatycznych Finizyme i G-Zyme w dwóch dawkach – 10 i 30 mg/900 g (bochenek). Charakterystykę preparatów enzymatycznych przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Charakterystyka preparatów enzymatycznych użytych podczas badań  
Table 1. Characteristics of enzyme preparations used during analyses

Rodzaj enzymu Type of enzyme	Nazwa systematyczna Systematic name	Nazwa preparatu Name of preparation	Pochodzenie Origin		Aktywność Activity
			Firma Company	Kraj Country	
Lizofosfolipaza Lysophospholipase – <i>Aspergillus niger</i>	EC 3.1.1.5 acylohydrolaza 2-lizofosfatydylocholine acylhydrolase 2-lysophosphatidylcholine	G-Zyme G 999	Enzyme Bio-Systems Ltd.	USA	1000 U/g
		Finizyme W	Novozymes	USA	200 FGU

Do wypieku trzech bochenków chleba użyto 1,6 kg mąki żytniej typu 720 (Polskie Młyny, Teresin, Polska), 0,33 kg mąki pszennej typu 550 (Polskie Młyny, Teresin, Polska), 0,08 l zakwasu, 16 g drożdży (Delecta, Polska) rozrobionych w letniej wodzie, 10 g soli (IKS, Solino, Polska). Zakwas przygotowywano z mąki żytniej. W tym celu do 100 g mąki dodawano 100 g wody, mieszano i pozostawiano w ciepłym miejscu w szklanym naczyniu przykrytym gazą. Po 24 h dodawano kolejne 100 g mąki oraz 100 g wody i pozostawiano na kolejną dobę. Czynność dodawania wody i mąki powtarzano 5-krotnie. Przy sporządzaniu ciasta najpierw przygotowywano rozczyn. W tym

celu do miski wsypywano mąkę żytnią (600 g), przez sito wlewano zawiesinę drożdży w wodzie i dodawano zakwas. Dolewano wody o temp. 22 °C do uzyskania gęstej jednolitej masy. Całość mieszano drewnianą łyżką i odstawiano na 6 h. Następnie do rozczynu wsypywano sól, mąkę pszenną i żytnią w takiej ilości, aby ciasto dobrze się wyrabiało (1 kg). Uzyskane ciasto dzielono na 3 kęsy i wypiekano. W ten sposób uzyskano 3 kontrolne bochenki chleba. W celu uzyskania chlebów z dodatkiem enzymów do ciast w trakcie wyrabiania dodawano preparaty enzymatyczne w takiej ilości, aby bochenki zawierały 10 lub 30 mg preparatu, co stanowiło 0,0015 i 0,004 % w stosunku do masy użytej mąki. Ciasto mieszano ręcznie przez ok. 30 min. Po wyrobieniu odstawiano je na 60 min w miejsce o temp. 25 - 30 °C do wyrośnięcia. Wypiek prowadzono w piecu technologicznym Wachtel Picollo (Winkler Wachtel Sp. z o.o. Polska) przez 1,5 h. Po upieczeniu każdy z bochenków smarowano zimną wodą w celu uzyskania błyszczącej skórki. Badania chlebów wykonywano po ich wystudzeniu.

Badano zmiany jakości chleba kontrolnego i z dodatkiem preparatów enzymatycznych podczas zamrażalniczego przechowywania. Chleb kontrolny od momentu wystudzenia do rozpoczęcia analiz przechowywano w torebce papierowej (w temp. 22 °C i wilgotności względnej 65 %). Chleb przeznaczony do zamrażalniczego przechowywania pakowano w woreczki polietylenowe i zamrażano do temp. -21 °C w zamrażarce (Samsung, Korea Południowa). Partie pieczywa zamrożonego rozmrażano w temperaturze pokojowej bez wymuszonego ruchu powietrza. Czas rozmrażania chleba i uzyskania w środku termicznym 0 °C wynosił ok. 100 min. Pieczywo podczas rozmrażania pozostawało w opakowaniu.

W celu oznaczenia objętości pieczywa zastosowano metodę nasypową z użyciem ryżu. Pobraną próbkę pieczywa ważono i umieszczano w naczyniu o znanej objętości, a następnie zasypywano ją odmierzoną ilością ryżu. Pozostała część ryżu, która nie zmieściła się w naczyniu, była równa objętości mierzonej próbki pieczywa. Analizę wykonano w 2 powtórzeniach dla każdego rodzaju świeżego pieczywa [24].

W produkcie świeżym (po 24 h od wypieku) i przechowywanym zamrażalniczo przez 7 i 14 dni oznaczano kwasowość [24], zawartość wody – metodą grawimetryczną [24], zawartość skrobi opornej (RS) – metodą enzymatyczną [20], twardość miększu – testem TPA (Shimadzu EZ Test EZ-LX, Japonia) [8].

W ocenie sensorycznej wzięło udział dziesięciu wyszkolonych oceniających, o odpowiedniej wrażliwości sensorycznej. Każdą cechę miększu (smak, zapach i elastyczność) oraz skórki (smak, zapach i kruchość) oceniano za pomocą skali 5-punktowej, a ogólna ocena jakości sensorycznej stanowiła sumę wszystkich ocen [9].

Statystyczne opracowanie wyników wykonano w programie StatSoft – Statistica v 10. W celu sprawdzenia wpływu czasu przechowywania na badane parametry przeprowadzono analizę wariancji (ANOVA). Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Duncana ( $p \leq 0,05$ ).

## Wyniki i dyskusja

Jednym z parametrów mających wpływ na jakość pieczywa podczas przechowywania jest zawartość wody w miększu. Zmiany wartości tego parametru podczas przechowywania są związane m.in. z procesem czerstwienia. W efekcie obserwowane jest obniżenie walorów sensorycznych chleba. Pieczywo pszenne powinno charakteryzować się zawartością wody w zakresie 40 ÷ 52 %, natomiast pieczywo żytnie – 48 ÷ 52 % [10]. Spośród badanych chlebów świeżych największą zawartością wody, na poziomie 48,86 %, charakteryzował się chleb z dodatkiem 30 mg preparatu Finizyme, natomiast najmniejszą – chleb kontrolny (tab. 2). W chlebie kontrolnym i z dodatkiem G-Zyme (10 mg) istotne zmniejszenie zawartości wody wystąpiło dopiero po 14 dniach, w chlebie z dodatkiem 30 mg preparatu G-Zyme w ogóle nie stwierdzono zmian tej cechy, natomiast w chlebach z dodatkiem Finizyme (w przypadku obu dodatków preparatu) zawartość wody zmniejszała się istotnie po każdym okresie przechowywania.

Zmniejszenie zawartości wody wiąże się z ubytkiem masy pieczywa podczas jego przechowywania. Ilość utraconej wody zależy zarówno od temperatury, czasu przechowywania, jak i zastosowanego opakowania. Szajewska i Ceglińska [25] stwierdziły ubytek masy pieczywa żytniego przechowywanego przez 5 dni w opakowaniu papierowym na poziomie 25 % w porównaniu z masą początkową. Tak znaczne ubytki masy chleba przechowywanego w opakowaniu papierowym były spowodowane brakiem bariery dla parującej wody, co powodowało szybkie wysychanie pieczywa [25]. Pająk i wsp. [22] w badaniach pieczywa bezglutenowego stwierdzili, że rodzaj opakowania ma istotny wpływ na wilgotność przechowywanego pieczywa. W badaniach własnych ubytki wody były istotne, ale ze względów technologicznych i sensorycznych mało znaczące.

Kwasowość pieczywa jest zależna przede wszystkim od ilości użytego do jego produkcji zakwasu, w mniejszym zaś stopniu od rodzaju mąki [26]. Kwasowość analizowanych chlebów była niższa niż podawana przez Świdarskiego [26]. Podczas zamrażalniczego przechowywania obserwowano statystycznie istotne wahania wartości tego parametru (tab. 2). W chlebach: kontrolnym, G10 i G30 istotny wzrost kwasowości wykazano po 7 dniach przechowywania, a w chlebach z dodatkiem enzymu Finizyme kwasowość wzrosła po 14 dniach. Zmiany te nie miały jednak istotnego wpływu na smak pieczywa pod koniec okresu badań.

Tekstura jest jednym z najważniejszych wyróżników charakteryzujących jakość pieczywa. Ma także istotny wpływ na akceptację wyrobów przez konsumenta. Ważną cechą tekstury chleba jest twardość jako atrybut najczęściej oceniany i rozpoznawany przez konsumenta. Tekstura może być oceniana sensorycznie, instrumentalnie a także obiema metodami równocześnie [4, 13]. Wzrost twardości pieczywa podczas przechowywania jest związany z postępującym procesem czerstwienia, w tym retrogradacją

Tabela 2. Cechy fizykochemiczne, ogólna jakość sensoryczna oraz zawartość skrobi odpornej w chlebach kontrolnych i z dodatkiem preparatów enzymatycznych, w zależności od czasu zamrażalniczego przechowywania

Table 2. Physical-chemical parameters, overall sensory quality and content of resistant starch in control bread and in bread with enzyme preparations added depending on freezing storage time

Rodzaj pieczywa / Czas przechowywania [dni] Type of bread / Storage time [days]	Parametr / Parameter				
	Zawartość wody Water content [%]	Kwasowość Acidity [°]	Twardość Hardness [N]	Ocena ogólna jakości sensorycznej Overall quality in sensory evaluation	Zawartość RS [mg/100 g s.m.] RS content [mg/100 g d.m.]
K / 0	46,09 <sup>a</sup> ± 0,90	2,6 <sup>a</sup> ± 0,1	30,4 <sup>a</sup> ± 2,8	29 <sup>a</sup> ± 1	-
K / 7	45,30 <sup>a</sup> ± 0,49	3,4 <sup>b</sup> ± 0,1	39,9 <sup>b</sup> ± 0,6	25 <sup>b</sup> ± 2	4,68 <sup>a</sup> ± 0,21
K / 14	41,49 <sup>b</sup> ± 0,21	3,2 <sup>b</sup> ± 0,2	40,9 <sup>b</sup> ± 3,0	24 <sup>b</sup> ± 3	7,68 <sup>b</sup> ± 0,80
F 10 / 0	48,54 <sup>a</sup> ± 0,20	2,7 <sup>a</sup> ± 0,1	28,6 <sup>a</sup> ± 0,7	31 <sup>a</sup> ± 1	-
F 10 / 7	46,91 <sup>b</sup> ± 0,11	2,6 <sup>a</sup> ± 0,1	34,2 <sup>b</sup> ± 1,2	28 <sup>a</sup> ± 2	7,06 <sup>a</sup> ± 1,02
F 10 / 14	43,61 <sup>c</sup> ± 0,08	2,9 <sup>b</sup> ± 0,1	36,7 <sup>c</sup> ± 1,1	24 <sup>a</sup> ± 2	9,01 <sup>b</sup> ± 0,86
F 30 / 0	48,86 <sup>a</sup> ± 0,14	2,5 <sup>a</sup> ± 0,1	29,5 <sup>a</sup> ± 0,7	31 <sup>a</sup> ± 1	-
F 30 / 7	46,47 <sup>b</sup> ± 0,12	2,4 <sup>a</sup> ± 0,1	31,1 <sup>b</sup> ± 2,2	28 <sup>b</sup> ± 1	6,83 <sup>a</sup> ± 1,01
F 30 / 14	43,35 <sup>c</sup> ± 0,35	2,7 <sup>b</sup> ± 0,1	35,6 <sup>c</sup> ± 2,0	25 <sup>b</sup> ± 2	6,96 <sup>a</sup> ± 0,78
G 10 / 0	46,32 <sup>a</sup> ± 0,16	1,5 <sup>a</sup> ± 0,1	20,7 <sup>a</sup> ± 0,7	32 <sup>a</sup> ± 1	-
G 10 / 7	46,79 <sup>a</sup> ± 0,10	1,8 <sup>b</sup> ± 0,1	22,3 <sup>a</sup> ± 2,3	28 <sup>b</sup> ± 1	10,11 <sup>a</sup> ± 1,03
G 10 / 14	45,90 <sup>b</sup> ± 0,20	1,7 <sup>b</sup> ± 0,1	23,9 <sup>a</sup> ± 0,5	23 <sup>c</sup> ± 2	11,41 <sup>a</sup> ± 1,00
G 30 / 0	45,47 <sup>a</sup> ± 0,11	1,5 <sup>a</sup> ± 0,1	28,5 <sup>a</sup> ± 2,0	32 <sup>a</sup> ± 1	-
G 30 / 7	43,41 <sup>a</sup> ± 0,11	2,1 <sup>b</sup> ± 0,1	35,8 <sup>b</sup> ± 0,8	26 <sup>b</sup> ± 2	8,72 <sup>a</sup> ± 0,56
G 30 / 14	42,79 <sup>a</sup> ± 0,30	2,1 <sup>b</sup> ± 0,1	35,6 <sup>b</sup> ± 1,4	25 <sup>b</sup> ± 2	9,30 <sup>a</sup> ± 0,61

Objaśnienia / Explanatory notes:

K – chleb kontrolny / control bread; F – chleb z dodatkiem preparatu enzymatycznego Finizyme w ilości 10 mg (F 10) i 30 mg (F 30) / bread with Finizyme enzyme preparation added in the amount of 10 mg (F 10) and 30 mg (F 30); G – chleb z dodatkiem preparatu enzymatycznego G-Zyme w ilości 10 mg (G 10) i 30 mg (G 30) / bread with G-Zyme enzyme preparation added in the amount of 10 mg (G 10) and 30 mg (G 30). W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 3; a, b, c – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$  / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

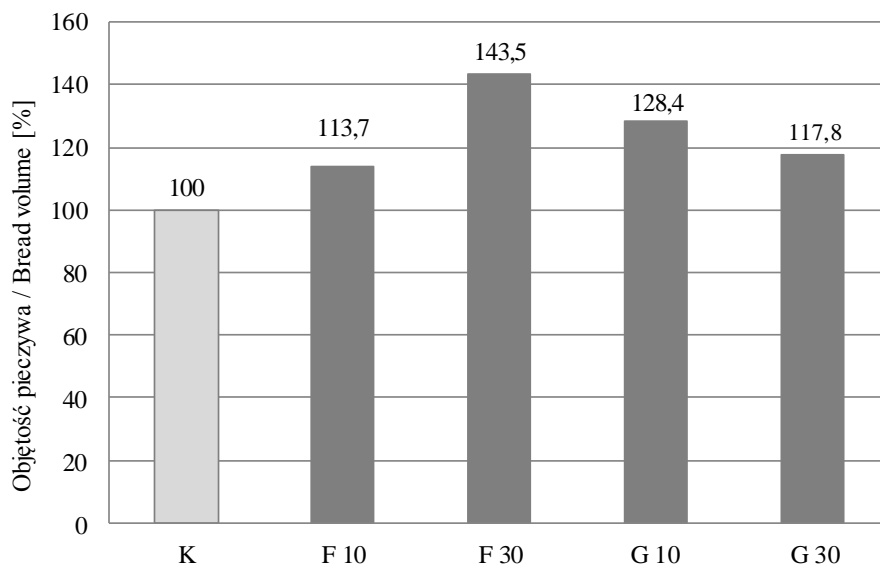
skrobi [12, 21]. Najtwardszy był chleb kontrolny i w jego przypadku podczas zamrażalniczego przechowywania odnotowano wzrost twardości o 35 %, przy czym największe zmiany stwierdzono po 7 dniach zamrażalniczego przechowywania. Chleby z dodatkiem enzymów charakteryzowały się mniejszą twardością początkową niż chleb kontrolny, przy czym najmniej twardy był chleb z dodatkiem 10 mg preparatu G-Zyme. Wzrost twardości pod koniec trwania eksperymentu w przypadku tych chle-

bów kształtował się na poziomie od 14 % (G 10) do 28,5 % (F 10). Otrzymane wyniki jednoznacznie wskazują na pozytywny wpływ dodatku preparatów enzymatycznych na zmiany twardości pieczywa podczas zamrażalniczego przechowywania.

Tekstura wyrobów piekarskich zależy od składu chemicznego (lub/i recepturowego) charakteryzującego dany produkt. Rolę teksturotwórczą odgrywają białka, tłuszcze, węglowodany, woda oraz substancje dodatkowe. W wyrobach piekarskich tekstura jest wynikiem typu użytej mąki oraz procesów zachodzących podczas przetwarzania, jak również zastosowania substancji teksturotwórczych. Proces zamrażania wpływa negatywnie na strukturę przestrzenną miękiszu, która zostaje naruszona. Wynika to głównie z przemiany fazowej wody w lód oraz stopniowego uwalniania wody przez retrogradującą skrobię [14]. Zastosowane w prowadzonych badaniach preparaty enzymatyczne pozwoliły na uzyskanie pożądaných cech tekstury pieczywa i wpłynęły na ograniczenie twardnienia miękiszu w czasie trwania doświadczenia. Podobne do enzymów działanie mają stosowane w praktyce przemysłowej stabilizatory tekstury, w których skład wchodzi związki białkowe pochodzenia roślinnego, zwierzęcego, wyciągi z alg morskich, skrobie natywne i modyfikowane oraz błonnik roślinny [4, 5].

Świeże chleby oceniono sensorycznie (tab. 2). Charakteryzowały się one intensywnym zapachem. Chleb bez dodatku preparatów enzymatycznych odznaczał się równomierną porowatością miękiszu oraz zarumienioną i chrupiącą skórką. Mięksiz podczas krojenia nie kruszył się. Sensoryczną jakość ogólną pieczywa z dodatkiem preparatów oceniono wysoko od 29 do 32 pkt (tab. 2). Jakość pieczywa przechowywanego zamrażalniczo po 7 dniach oceniono na poziomie  $25 \div 28$  pkt, przy czym najniższe oceny przyporządkowano pieczywu kontrolnemu (tab. 2). Zarówno w chlebie kontrolnym, jak i z dodatkiem enzymów, aromat był zdecydowanie mniej wyczuwalny w porównaniu z chlebami świeżymi, skórka nie była chrupiąca, a mięksiz delikatnie się kruszył. W drugim tygodniu zamrażalniczego przechowywania jakość pieczywa uległa istotnemu obniżeniu. Podczas krojenia mięksiz oddzielał się od skórki, która po rozmrożeniu była miękka. Zmiany jakości pieczywa dotyczyły głównie zmniejszenia elastyczności i pogorszenia struktury miękiszu. Produkty zachowały jednak akceptowaną jakość, przy czym najniżej oceniono pieczywo zwykłe, a najwyżej – chleby z dodatkiem preparatów enzymatycznych w ilości 30 mg (tab. 2). Utrata pożądanego aromatu i smaku pieczywa podczas przechowywania wpływa negatywnie na jego cechy sensoryczne. Tuż po wypieku substancje smakowo-zapachowe są nierównomiernie rozmieszczone w objętości pieczywa. W skórce pochodzą one głównie z reakcji kompleksowych między cukrami i związkami azotowymi. W mięksizu kształtują się podczas fermentacji ciasta. Gdy pieczywo gorące poddawane jest schładzaniu, lotne składniki ulegają kondensacji i są absorbowane przez skrobię, jak również przez substancje białkowe. Część zostaje utracona przez skórkę w wyniku parowania. W efekcie podczas składowania następuje utrata zapachu i smaku pieczywa [10].

Analizując grupy jednorodne, można stwierdzić, że jakość chlebów kontrolnego, F30 i G10 ulegała obniżeniu już po 7 dniach. Jakość chleba F10 nie zmieniała się istotnie przez cały okres przechowywania, a chleb G30 po 7 i 14 dniach był wyżej oceniany niż 24 h po wypieku.



Objaśnienia symboli jak pod tab. 2. / Meanings of symbols as in Tab. 2.

Rys. 1. Objętość pieczywa świeżego w zależności od zastosowanych preparatów enzymatycznych w porównaniu z objętością chleba kontrolnego (100 %)

Fig. 1. Volume of fresh bread depending on enzyme preparations applied compared to volume of control bread (100 %)

Dodatek obydwu preparatów enzymatycznych spowodował, że pieczywo charakteryzowało się większą objętością w porównaniu z chlebem kontrolnym, którego objętość przyjęto jako 100 % (rys. 1). O zróżnicowaniu wielkości przyrostu objętości decydowała nie tylko ilość, ale także rodzaj dodanego preparatu. Największe przyrosty objętości obserwowano w chlebie z dodatkiem 30 mg preparatu Finizyme (o 43,5 %) i 10 mg G-Zyme (o 28,4 %). W przypadku stosowania 30 mg preparatu Finizyme odnotowano większą objętość pieczywa, a gdy do ciasta dodawano G-Zyme w takiej ilości, objętość bochenków była mniejsza w porównaniu z chlebami zawierającymi 10 mg preparatu.

Czerstwienie pieczywa jest zwykle definiowane jako ogół kompleksowych zmian (bez udziału mikroorganizmów), które pojawiają się po wypieku i w miarę przechowywania prowadzą do utraty świeżości i obniżenia jakości wypieczonego produktu [10]. W wyniku tego procesu następuje szereg niekorzystnych zmian mięksiszu, takich



jak: wzrost jego twardości, suchości i kruchości oraz utrata elastyczności, zmniejszenie chrupkości skórki, a także zanik aromatu i charakterystycznych cech świeżości produktów piekarskich [2, 3, 10]. Podstawową przyczyną czerstwienia pieczywa jest zmiana formy skrobi z amorficznej na pseudokrystaliczną (tzw. retrogradacja skrobi), która wiąże mniejsze ilości wody [10].

W pieczywie świeżym zawartość skrobi opornej (typ RS 3) jest niewielka lub nie ma jej wcale. Przemiany skrobi zachodzące podczas przechowywania pieczywa są jednym z elementów procesu czerstwienia. Część skrobi ulega wówczas przekształceniu w skrobię oporną na działanie enzymów trawiennych, która nie jest wchłaniana w jelicie cienkim człowieka, tylko częściowo w jelicie grubym lub całkowicie fermentowana. Skrobia oporna wykazuje działanie prozdrowotne, w związku z tym może być traktowana jako jeden z niezbędnych składników diety [18]. W badaniach własnych nie wykazano zawartości skrobi opornej w świeżym pieczywie żytnio-pszenным (tab. 2). Jej obecność stwierdzono po 7 dniach przechowywania chleba, niezależnie od wariantu doświadczalnego. W ciągu drugiego tygodnia przechowywania zawartość RS zwiększyła się istotnie tylko w chlebie kontrolnym i F10. W pozostałych chlebach zmiany ilości tego składnika po 14 dniach przechowywania (w stosunku do 7 dni składowania) były statystycznie nieistotne. Najwięcej skrobi opornej, zarówno po 7, jak i po 14 dniach, zawierał jednak chleb z dodatkiem 10 mg preparatu G-Zyme – 11,41 mg/100 g s.m. po 14 dniach przechowywania.

Na podstawie uzyskanych wyników zawartości RS (tab. 2) stwierdzono istotny wpływ dodatku preparatów enzymatycznych na zawartość skrobi opornej w trakcie przechowywania. Jej zawartość w pieczywie z dodatkiem enzymów była większa pod koniec okresu przechowywania w porównaniu z chlebem kontrolnym. Wyjątek stanowił chleb z dodatkiem 10 mg Finizyme, który zawierał mniej tego składnika niż chleb kontrolny. Zawartość RS w chlebach z dodatkiem 10 mg preparatu Finizyme była większa o 17 % w porównaniu z jej ilością w pieczywie kontrolnym, a w przypadku chleba z dodatkiem preparatu G-Zyme w ilości 10 i 30 mg odpowiednio: o 48 i 21 %. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że dodatek enzymów może zwiększyć wartość prozdrowotną pieczywa. Pieczywo takie nabiera cech zbliżonych do pieczywa wytworzonego z mąki razowej, polecanego przez dietetyków [18]. Zawartość skrobi opornej w pieczywie zależy od technologii wypieku oraz receptury. Dodatek do pieczywa zakwasu, jak w niniejszych badaniach, szczególnie obecność kwasów organicznych (kwasu mlekowego) i wilgotność w granicach 35 ÷ 50 % sprzyja zwiększaniu ilości skrobi opornej [1].

## **Wnioski**

1. Dodatek preparatów enzymatycznych do ciasta wpłynął na wzrost objętości świeżych chlebów żytnio-pszennych na zakwasie.

2. Zamrażalnicze przechowywanie chleba w temperaturze  $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$  spowodowało zmniejszenie wilgotności od 1 % w chlebie z dodatkiem 10 mg preparatu G-zyrne do 12 % – w przypadku chlebów z dodatkiem preparatu Finizyme.
3. Największe zmiany kwasowości podczas całego okresu przechowywania zaobserwowano w chlebach z dodatkiem 30 mg preparatu G-Zyme. Nie miało to jednak wpływu na ich smak i zapach.
4. Preparat G-Zyme przyczynił się do większego przyrostu ilości skrobi opornej aniżeli preparat Finizyme w czasie zamrażalniczego przechowywania pieczywa w porównaniu z chlebem kontrolnym.
5. Dodatek preparatów enzymatycznych ograniczał twardnienie pieczywa podczas zamrażalniczego przechowywania.
6. Pod względem jakości sensorycznej chleb z dodatkiem G-zyrne był najbardziej akceptowany.

### Literatura

- [1] Borczak B., Sikora M., Sikora E., Kapusta-Duch J.: Występowanie skrobi opornej w pieczywie pszenным. *Piekarstwo*, 2012, 1, 54-55.
- [2] Borowy T., Kubiak M.S.: Czerstwienie pieczywa. Część I. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 2013, 4, 15-16.
- [3] Borowy T., Kubiak M.S.: Czerstwienie pieczywa. Część II. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 2013, 5, 11-13.
- [4] Borowy T., Kubiak M.S.: Tekstura pieczywa. Część I. *Piekarstwo*, 2012, 1, 52-55.
- [5] Borowy T., Kubiak M.S.: Tekstura pieczywa. Część II. *Piekarstwo*, 2012, 2, 32-34.
- [6] Czerwińska D.: Charakterystyka dodatków technologicznych spowalniających tempo czerstwienia pieczywa. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 2013, 1, 9-10.
- [7] Czerwińska D.: Sposoby zapobiegania czerstwieniu pieczywa. *Piekarstwo*, 2012, 1, 48-49.
- [8] Fik M., Surówka K., Maciejaszek I., Macura M., Michalczyk M.: Quality and shelf life of calcium-enriched wholemeal bread stored in a modified atmosphere. *J. Cereal Sci.*, 2012, 56, 418-424.
- [9] Fik M., Michalczyk M., Surówka K., Maciejaszek I.: Characterization of the staling process of wholemeal bread. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2000, 9 (50), 23-28.
- [10] Fik M.: Czerstwienie pieczywa i sposoby przedłużania jego świeżości. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 2 (39), 5-22.
- [11] Gambuś H.: Funkcja skrobi w produktach piekarskich. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2000, 3 (24), 20-32.
- [12] Ghiasi K., Hosene R.C., Zeleznak K., Rogers D.E.: Effect of waxy barley starch and reheating on firmness of bread crumb. *Cereal Chem.*, 1984, 61 (4), 281-285.
- [13] Gray J.A., Bemiller J.N.: Bread staling: Molecular basis and control. *Compreh. Rev. Food Sci. Food Safety*, 2003, 2 (1), 1-21.
- [14] Hilhors R., Dunnewind B., Orsel R., Stegeman P., van Vliet T., Gruppen H., Schols H.A.: Baking performance, rheology, and chemical composition of wheat dough and gluten affected by xylanase and oxidative enzymes. *J. Food Sci.*, 1999, 5, 808-813.
- [15] Jurga R.: Prawie wszystko o enzymatycznym poprawieniu jakości mąki pszennej. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 2015, 7, 10-14.
- [16] Kot M.: Zmiany jakości pieczywa w trakcie jego przechowywania – sposoby przedłużenia trwałości. *Piekarstwo*, 2014, 1, 68-70.

- [17] Leszczyński W.: Resistant starch – classification, structure, production. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2004, 54 (1), 37-50.
- [18] Litwinek D., Gambuś H., Buksa K., Makarewicz M., Zięć G., Gambuś F., Kowalczyk M., Boreczek J.: Jakość i proces starzenia się chlebów z razowych mąk pszennych: z pszenicy zwyczajnej i orkisz oraz z żyta. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2018, 25, 1 (114), 50-72.
- [19] Marzec A., Mieszowska A., Stańczyk U.: Wpływ czasu przechowywania w warunkach zamrażalniczych na teksturę chleba słonecznikowego z odroczonego wypieku. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2016, 1 (104), 117-127.
- [20] Megazyme. Resistant starch. Assay Procedure. AOAC Method 2002.02. AACC Method 32-40.
- [21] Moore M., Schobert T., Dockery P., Arendt K.: Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads. *Cereal Chem.*, 2004, 81(5), 567-575.
- [22] Pająk P., Kuczera D., Fortuna T.: Wpływ opakowania na jakość przechowywanego pieczywa bezglutenowego. *Acta Agroph.*, 2013, 20 (4), 633-649.
- [23] Piekut M.: Spożycie produktów zbożowych w Polsce – poziom, struktura, determinanty. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 2015, 9, 7-9.
- [24] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [25] Szajewska A., Ceglińska A.: Czerstwienie pieczywa. *Przegl. Piek. i Cuk.*, 2004, 3, 2-3.
- [26] Świdorski F.: *Towaroznawstwo żywności przetworzonej z elementami technologii*. Wyd. SGGW, Warszawa 2010, ss. 46-50.

#### EFFECT OF ENZYME PREPARATIONS ON DURABILITY OF MIXED BREAD MADE WITH SOURDOUGH AND STORED UNDER FREEZING CONDITIONS

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

The objective of the research study was to determine the effect of enzyme preparations added and storage time and conditions on the physical-chemical parameters of mixed bread made with sourdough. There were analysed the wheat and rye bread without additives (control) and the bread with Finizyme and G-Zyme preparations added in the amount of 10 and 30 mg/900 g (one loaf). The loaves of bread were made according to a traditional recipe with sourdough and baked in an oven designed for baking bread; next the loaves were stored under the freezing conditions for 14 days.

There were performed analyses of the fresh bread after 7 and 14 days of storage and the following was determined: water content, volume (fresh bread), acidity, content of resistant starch and crumb hardness. Also a sensory evaluation of bread was carried out. During the freezing storage a decrease in water content (1 ÷ 12 %) was reported as was the increase in the acidity; as regards the bread with enzyme preparations added, the latter contributed to a higher increase in the content of resistant starch (RS) compared to the control bread. The enzyme preparations added caused the bread volume to significantly increase and its external appearance to improve. Therefore its sensory characteristics were higher evaluated. The texture of bread increased significantly during two weeks of the deep freezing storage. Higher changes in this parameter were found in the control bread, however the enzyme preparations added limited, to some extent, the rate of crumb hardening. Therefore the conclusion is that it is beneficial to add enzyme preparations to the recipe of bread made from sourdough because its volume is increased, its hardening is limited during the freezing storage and the content of RS starch, the factor of a pro-health character, is increased.

**Key words:** bread made with sourdough, enzyme preparations, resistant starch (RS), freezing storage ☒