

Robert IWĄŃSKI, Marek WIANECKI, Grzegorz TOKARCZYK,
Sławomir STANKOWSKI¹

WPŁYW METOD KONWENCJONALNYCH I EKOLOGICZNYCH UPRAWY PSZENŻYTA NA WARTOŚĆ WYPIEKOWĄ MAKI I JAKOŚĆ PIECZYWA

THE INFLUENCE OF CONVENTIONAL AND ECOLOGICAL TILLAGE SYSTEM METHOD OF TRITICALE ON BAKERY VALUE OF FLOUR AND QUALITY OF BREAD

Katedra Technologii Żywności, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-459 Szczecin, e-mail: robert.iwanski@zut.edu.pl

¹Katedra Agronomii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. J. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

Abstract. The bakery properties of five Germany origin species of triticale from conventional and ecological tillage system were tested in bakery control process. The qualitative features of triticale bread depended on species of triticale and method of tillage system. Both, the bakery properties and sensory evaluation a conventional tillage system bread were higher. The addition of 1-moll lactic acid to bakery processing enlarged porosity and total baking weight losses, but not influencing on sensory evaluation of bread. The TPA hardness of ecological tillage system bread were about 15% higher (average value – 676.9[G]) than conventional tillage system bread (average value – 576.4 [G]). Similar results were received in gumminess and chewiness of TPA tests. The addition of 1-moll lactic acid significant influenced on results in the TPA tests.

Słowa kluczowe: metoda uprawy, pieczywo, pszenżyto.

Key words: bread, tillage system, triticale.

WSTĘP

Pszenżyto jest gatunkiem zboża powstałym w wyniku skrzyżowania żyta z pszenicą (Sullivan i in. 2007). W Polsce w 1985 r. pszenżyto uprawiano na powierzchni 310 tys. ha. Obecnie jest ono gatunkiem bardzo popularnym. W 2006 r. areal jego uprawy wynosił 1076 tys. ha. W zależności od poziomu agrotechniki plon pszenżyta ozimego w latach 2006–2007 wynosił 6,7 i 7,8 t · ha⁻¹. Taką popularność pszenżyto zawdzięcza dużej plenności, możliwości uprawy na gorszych glebach i postępowi hodowlanemu, który przyczynił się do poprawienia wielu cech odmian (Wolski 1986; Podolska 2008). Pszenżyto głównie przeznaczane jest na paszę (Sullivan i in. 2006), cenne jest też jako surowiec energetyczny (Jørgensen i in. 2007). Zmiany w sposobie żywienia i różnorodność diet przyczyniają się do poszukiwania nowych surowców w przemyśle spożywczym. Jednym z nich jest pszenżyto ze względu na wysokie walory żywieniowe. Podobnie jak wszystkie ziarna zbóż jest ono źródłem związków fenolowych, takich jak kwasy fenolowe, tanniny, katechiny i (Amarowicz i in. 2002; Zhou i in. 2005). Badania Fukumoto i in. (2000); Hosseinian i in. (2006); Michalskiej i in. (2007) dowodzą, że związki fenolowe zawarte w diecie wykazują wysoką aktywność antyoksydacyjną. Wartość odżywcza pszenżyta zbliżona jest do pszenicy i żyta (Hosseinian i in. 2009). Mąka otrzymywana z pszenicy i żyta ma dobre właściwości wypiekowe, jednakże jest uboga w lizynę i inne aminokwasy, takie jak

metionina i treonina. W mące pszenżytniej ich zawartość jest wyższa, szczególnie zawartość lizyny (Fernandez-Figares i in. 2000). Mąka z pszenżyta może być używana do wypieku chleba (Tohver i in. 2004). Ilość mąki uzyskana w warunkach laboratoryjnych waha się od 33% do 62%. Wartości te determinują: odmiana, pochodzenie ziarna i warunki zbioru. Z ziarna pszenżyta uzyskuje się mniejszą o kilka procent wydajność mąki, niż z ziarna pszenicy, ale jest ona większa od uzyskanej z przemiału żyta. Różnice wynikają z innej budowy anatomicznej ziarna pszenżyta, które ma grubszą okrywą owocowo-nasienną niż pszenica. Z tego powodu podczas przemiału część bielma przechodzi do otrąb. Dlatego jest ono stosowane w produkcji ciemniejszych typów mąk, czyli razowych, co ma znaczenie nie tylko ekonomiczne, ale i żywieniowe. Ziarno pszenżyta może być też wykorzystywane do innych celów technologicznych. Oprócz młynarstwa i piekarstwa stosuje się je w cukiernictwie – do produkcji biszkoptów, herbatników, ciast piaskowych i kruchych oraz pierników bakaliowych. Specyficzność ciasta pszenżytniego nie wyklucza możliwości wykorzystania tego gatunku do produkcji innych produktów spożywczych, np.: pieczywa, wyrobów ciastkarskich, zbóż preparowanych. Z tego względu pszenżyto, mające odmienne cechy technologiczne w porównaniu z pszenicą i żytem, umożliwia produkcję nowych wyrobów prozdrowotnych o korzystnych cechach sensorycznych. Ziarno pszenżyta jest bogate w węglowodany, błonnik, składniki mineralne i tłuszc. Zawartość skrobi wynosi średnio 65% (Podolska 2008). W białku zapasowym przeważają frakcje prolamin i glutelin, wchodzące w skład białek tworzących gluten. Największą koncentracją związków białkowych charakteryzują się zewnętrzne warstwy bielma i warstwa aleuronowa, natomiast u pszenicy białka zapasowe są rozmieszczone w bielmie dość równomiernie. Mąka pszenżytnia zawiera mniej białka niż pszenna, ponieważ w procesie przemiału duża jego ilość, wraz z okrywą owocowo-nasienną, przechodzi do otrąb (Podolska 2008). Jak donoszą Hosseinian i in. (2009), światowy rynek spożywczy pszenżyta jest niewielki. Tę sytuację mógłby zmienić sposób uprawy pszenżyta uzupełniony zastosowaniem ekologicznego systemu uprawy.

MATERIAŁ

Materiał badawczy stanowiły próby mąk pszenżytnich otrzymanych z ziarna w 2006 roku w Krajowym Instytucie Badawczym ds. Rybactwa i Rybołówstwa w Gülzow (Niemcy) – tab. 1. W systemie konwencjonalnym zastosowano nawożenie azotem w ilości 130 kg N·ha⁻¹, zaś w systemie ekologicznym źródłem azotu była mieszanka koniczyny z trawami jako przedplon. Próby ziarna przemielono na mąkę, na aparacie wymiarowym Quadrumat Senior, w Zakładzie Technologii Zboża SGGW w Warszawie. Uzyskano wydajność mąki wynoszącą średnio 51%.

Tabela 1. Odmiany pszenżyta oraz oznaczenia prób mąk
Table 1. The probe identification system

Odmiana Triticale species	Numer próby mąki z uprawy Probe identifications numbers	
	konwencjonalnej conventional	ekologicznej ecological
Benetto	321	322
SW Talentro	323	324
Trimester	325	326
Versus	327	328
Vitalis	329	330

METODY

Wypiek kontrolny

Próbny wypiek laboratoryjny, metodą bezpośrednią, przeprowadzono zgodnie z metodą podaną przez Horubałową i in. (1989) oraz ICC Standard No.131.

Ciasta przygotowywano w mieszarce Hobart Kitchen Aid (USA). Odważano 250 g mąki o wilgotności 15%. W przypadku oznaczonej wilgotności (różnej od 15%) zastosowano wzór:

$$X = (S \times 100) / (100 - w)$$

gdzie:

- X – szukana naważka badanej mąki o oznaczonej wilgotności,
- S – zawartość suchej substancji w 250 g mąki o wilgotności 15% w 1 g (212,5 g),
- W – wilgotność badanej mąki [%].

Odmierzono ilość wody potrzebnej do uzyskania ciasta o wydajności 165% (162,5 cm³). W przypadku wypieków z zakwaszaniem zastosowano dodatek wody pomniejszony o ilość 1-molowego roztworu kwasu mlekowego (8 cm³). Wyliczoną ilość wody odpowiednio zmniejszono lub zwiększono w zależności od tego, o ile gramów mąki zużyto więcej lub mniej w stosunku do 250 g mąki o 15-procentowej wilgotności. Odmierzono dodatek drożdży (3% w stosunku do ilości mąki) w postaci zawiesiny wodnej (wodę pobrano z ogólnej ilości wody). Odmierzono dodatek soli (1,5% w stosunku do ilości mąki) w postaci zawiesiny wodnej (wodę pobrano z ogólnej ilości wody). Wodę dozowano tak, aby temperatura ciasta wyniosła 32°C. Rozrost ciasta prowadzono w temperaturze 32°C przez godzinę, w komorze Unox S.P.A., typ XL model XL 091(Włochy), przy wilgotności względnej powietrza wynoszącej 75–80%. Następnie ciasto dzielono na kęsy o masie 350 g. Uformowane kęsy poddano fermentacji końcowej w temperaturze 35°C. Czas fermentacji końcowej ciasta do uzyskania jego pełnej dojrzałości wynosił 20–40 minut. Proces wypieku pieczywa prowadzono w piecu elektrycznym Unox S.P.A., typ XF (Włochy), w temperaturze 230–240°C, przez 35–40 min. Parowanie pieca odbywało się przez 3 s co 5 min w ciągu pierwszych 15 min procesu wypieku.

Ocena organoleptyczna

Ocenę pieczywa wykonano po 6–8 godz. od wypieku, według PN-A-74108 oraz ICC Standard No.131. Ponieważ nie wykonywano badań fizykochemicznych, ogólną punktację cech organoleptycznych zwiększono o 8 punktów w celu uzyskania porównywalnej oceny generalnej, przyjmując jako zasadę, że wyróżniki fizykochemiczne pieczywa i jego masa są zgodne z normą. Wyniki zaokrąglono do liczb całkowitych, zgodnie z PN-A-74108.

Objętość pieczywa

Objętość pieczywa oznaczono za pomocą aparatu Sa-Wy (Polska).

Wydajność ciasta

Wydajność ciasta oceniano według wzoru:

$$X = (a \cdot 100) / m [\%]$$

gdzie:

- a – masa ciasta [g],
- m – masa użytej mąki o wilgotności 15% [g].

Strata piecowa

Stratę piecową obliczano według wzoru:

$$X = ((a-b) \cdot 100) / a [\%]$$

gdzie:

a – masa ciasta uformowanego do wypieku [g],

b – masa pieczywa gorącego po wyjęciu z pieca [g].

Wydajność pieczywa

Wydajność pieczywa obliczono według wzoru:

$$X = (c \cdot w) / a [\%]$$

gdzie:

c – masa pieczywa ochłodzonego [g],

w – wydajność ciasta [%],

a – masa ciasta uformowanego do wypieku [g].

Strata wypiekowa całkowita

Stratę wypiekową całkowitą obliczono według wzoru:

$$X = ((a-c) \cdot 100) / a [\%]$$

gdzie:

a – masa ciasta uformowanego do wypieku [g],

c – masa pieczywa ochłodzonego [g].

Analiza profilu tekstury

Analizę profilu tekstury (TPA), dotyczącą miękiszu pieczywa, wykonano przy użyciu aparatu Texture Analyser TA-XT2/25[®] (Stable Micro Systems, Wielka Brytania), sprzężonego z komputerem, za pomocą własnej karty rozszerzeń. Sterowanie przeprowadzono, używając programu Texture Expert for Windows[®] v. 1.22. Prędkość trzpienia przed rozpoczęciem testu wynosiła 2 mm·s⁻¹, natomiast w czasie testu i po jego wykonaniu – 5 mm·s⁻¹. Zastosowano trzpień cylindryczny o średnicy 0,5 cala (SMS P/0,5") i dwukrotne odkształcenie próbki do 50% jej wysokości. Przebieg testu rejestrowany był w postaci krzywych przedstawiających zmiany sił w czasie. Za pomocą programu liczącego (tpfrac.mac) wyznaczano następujące parametry profilu tekstury: twardość, spoistość, sprężystość, elastyczność, gumistość i zżuwalność.

Opracowanie wyników

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem programów Excel i Statistica 8.0 PL. Różnice istotne oznaczono testem Scheffe, przy poziomie istotności $p \leq 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Cechy jakościowe pieczywa pszenno-żytniego zależały zarówno od odmiany zboża, jak i od zastosowanej metody uprawy (tab. 2). Średnia objętość bochenków po wypieku wynosiła $828,0 \pm 63,0 \text{ cm}^3$ – w przypadku pszenżyta uprawianego metodami konwencjonalnymi i $806,0 \pm 114,0 \text{ cm}^3$ – w przypadku pszenżyta z upraw ekologicznych. Mimo że średnia objętość bochenków z pszenżyta uprawianego konwencjonalnie była nieznacznie większa, największą objętość chleba odnotowano w przypadku odmiany 'Trimester' z uprawy ekologicznej.

Tabela 2. Średnie wyniki wypieku kontrolnego
Table 2. Average results of control baking process

Próba Probe number	System uprawy Conventional tillage system					Ekologiczny system uprawy Ecological tillage system				
	321	323	325	327	329	322	324	326	328	330
Średnia wilgotność mąki The average moisture of flour [%]	10,19	9,85	9,64	9,83	9,76	9,95	9,76	10,22	9,75	10,74
Naważka mąki The addition of flour [g]	236,6	235,7	235,2	235,7	235,5	236	235,5	236,7	235,5	238,1
Dodatek wody The addition of water [ml]	175,9	176,8	177,3	176,8	177	176,5	177	175,8	177	174,4
Dodatek wody – dodatek kwasu mlekowego The addition of water – the addition of lactic acid [ml]	167,9	168,8	169,3	168,8	169	168,5	169	167,8	169	166,4
Dodatek kwasu mlekowego The addition of lactic acid [ml]	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Dodatek drożdży The yeasts addition [g]	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Dodatek soli The salt addition [g]	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
Masa ciasta Dough weight [g]	417,6	420,8	408,6	405,6	413,1	417,8	417,2	404	413,3	414
Masa ciasta uformowanego do wypieku The bakery processing ready dough weight [g]	361,2	357,4	359,2	362,4	358	360,4	355,7	363,1	358,9	359,6
Masa pieczywa gorącego The weight of bread directly after bakery processing [g]	313,9	313,7	303,8	311,8	305,8	309,6	307,5	311,3	301,8	312,1
Masa pieczywa ostudzonego The weight of consumption ready bread [g]	299,1	299,5	287,3	298	288	294,9	294,6	292,3	289	294,1
Objętość pieczywa The volume of bread [cm ³]	835	720	875	870	840	750	670	980	830	800
Strata piecowa The stove loss [%]	13,1	12,2	15,4	14	14,6	14,1	13,6	14,3	15,9	13,2
Strata wypiekowa całkowita The total baking weight loss [%]	17,2	16,2	20	17,8	19,3	18,2	17,2	19,5	19,5	18,2
Pieczywo z ciasta z dodatkiem 1-molowego kwasu mlekowego The bread with 1-moll lactic acid addition in dough processing										
Masa ciasta Dough weight [g]	419,2	421,6	398,1	410,8	416,1	416,8	414,8	378	410	407,1
Masa ciasta uformowanego do wypieku The bakery processing ready dough weight [g]	358,3	357,7	359	360,6	358,8	360,6	358,5	361,8	359,4	358,3
Masa pieczywa gorącego The weight of bread directly after bakery processing [g]	313	305,1	303,9	308,6	310,3	312,9	303,8	310,6	306	313,8
Masa pieczywa ostudzonego The weight of consumption ready bread [g]	296,6	293,4	285,8	292,3	296	298,5	288,9	296,1	288,1	296,2
Objętość pieczywa The volume of bread [cm ³]	735	660	980	920	820	705	805	905	895	785
Strata piecowa The stove loss [%]	12,6	14,7	15,3	14,4	13,5	13,2	15,3	14,2	14,9	12,4
Strata wypiekowa całkowita The total baking weight loss [%]	17,2	18	20,4	18,9	17,5	17,2	19,4	18,2	19,8	17,3

Pieczywo z pszenżyta uprawianego metodami konwencjonalnymi charakteryzowało się mniejszą stratą piecową ($13,9 \pm 1,3\%$) i piecową całkowitą ($18,1 \pm 1,5\%$) niż pieczywo z pszenżyta uprawianego metodami ekologicznymi (odpowiednio $14,2 \pm 1,0\%$ i $18,5 \pm 1,0\%$). Zastosowanie dodatku kwasu mlekowego w trakcie prowadzenia ciasta spowodowało, że wartości średnie z pszenżyta z obu upraw wyrównały się i wynosiły w przypadku objętości odpowiednio $823,0 \pm 131,0 \text{ cm}^3$ i $819,0 \pm 83,0 \text{ cm}^3$, w przypadku straty piecowej – $14,1 \pm 1,1\%$ i $14,0 \pm 1,2\%$, w przypadku straty piecowej całkowitej – $18,4 \pm 1,3\%$ i $18,4 \pm 1,2\%$. Należy jednak odnotować, że największą objętość ($980,0 \text{ cm}^3$), stratę piecową ($15,3\%$) oraz stratę piecową całkowitą ($20,4\%$) uzyskano w przypadku pszenżyta odmiany 'Trimester', uprawianego metodą konwencjonalną. Wyniki oceny organoleptycznej pieczywa, wykonanej metodą Baneckiego (bez oznaczeń cech fizykochemicznych), wykazały, że jakość pieczywa z pszenżyta uprawianego konwencjonalnie była wyższa średnio o 2 punkty (tab. 3).

Tabela 3. Średnie wyniki wypieku kontrolnego. Konwencjonalny system uprawy. Ocena sensoryczna
Table 3. Average results of control baking process. Conventional tillage system. Sensory evaluation

Próba Probe	321	321K	323	323K	325	325K	327	327K	329	329K
Wygląd zewnętrzny External appearance	5	4	5	5	4	5	4	4	4	5
Skórka – barwa Crust – colour	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3
Skórka – grubość Crust – thickness	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4
Skórka – pozostałe cechy Crust – others	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Miękisz – elastyczność Crumb – elasticity	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Miękisz – porowatość Crumb – porosity	2	2	2	2	3	3	3	3	2	3
Miękisz – pozostałe cechy Crumb – others	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Smak i zapach Taste and flavour	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6

K – pieczywo z ciasta z dodatkiem 1-molowego kwasu mlekowego – the bread with 1-moll lactic acid addition in dough processing.

Wprowadzenie kwasu mlekowego do ciasta na ogół podnosiło jakość pieczywa (w trzech przypadkach na pięć) z pszenżyta uprawianego konwencjonalnie i w dwóch przypadkach na pięć z pszenżyta z upraw ekologicznych. Jakość większości chlebów mieściła się w I klasie, z wyjątkiem pieczywa z pszenżyta odmiany 'Benetto' uprawianego zarówno metodą konwencjonalną, jak i ekologiczną (ciasto prowadzone z dodatkiem kwasu mlekowego) oraz pieczywa z pszenżyta odmiany 'Trimester' z uprawy ekologicznej (ciasto bez dodatku kwasu mlekowego i z jego dodatkiem), które zakwalifikowano do II klasy jakości. Najwyższe oceny (32 punkty) uzyskało pieczywo wypiekane z dodatkiem kwasu mlekowego z pszenżyta dwóch odmian – 'Trimester' i 'Witalis', uprawianego metodą konwencjonalną. Najniższą ocenę (26 punktów) uzyskało pieczywo prowadzone z ciasta bez dodatku kwasu mlekowego z pszenicy odmiany 'Trimester' uprawianej ekologicznie (tab. 4).

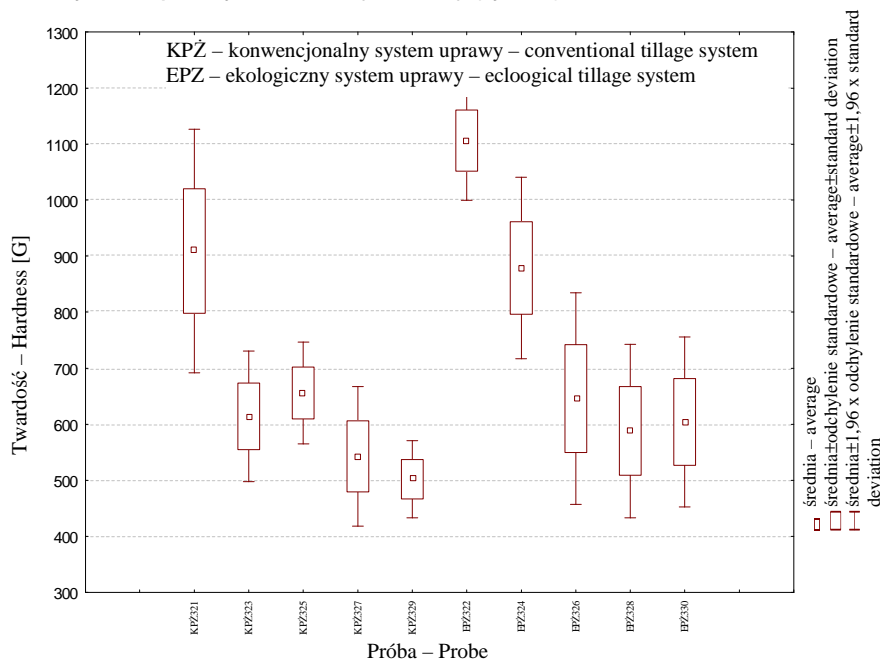
Głównymi czynnikami, wpływającymi na zmiany parametrów tekstury mięksizu pieczywa, były sposób uprawy oraz dodatek kwasu do ciasta. Odmiana ziarna nie wpływała istotnie na parametry tekstury.

Tabela 4. Średnie wyniki wypieku kontrolnego. Ekologiczny system uprawy. Ocena sensoryczna
Table 4. Average results of control baking process. Ecological tillage system. Sensory evaluation

Próba Probe	322	322K	324	324K	326	326K	328	328K	330	330K
Wygląd zewnętrzny External appearance	5	4	5	4	4	4	4	5	4	4
Skórka – barwa Crust – colour	2	2	3	2	2	2	2	3	3	3
Skórka – grubość Crust – thickness	4	3	4	4	3	3	4	4	4	3
Skórka – pozostałe cechy Crust – others	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4
Miękisz – elastyczność Crumb – elasticity	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Miękisz – porowatość Crumb – porosity	2	2	2	3	2	3	3	3	2	3
Miękisz – pozostałe cechy Crumb – others	2	3	2	3	3	3	3	3	2	2
Smak i zapach Taste and flavour	6	6	6	6	5	5	6	5	6	6

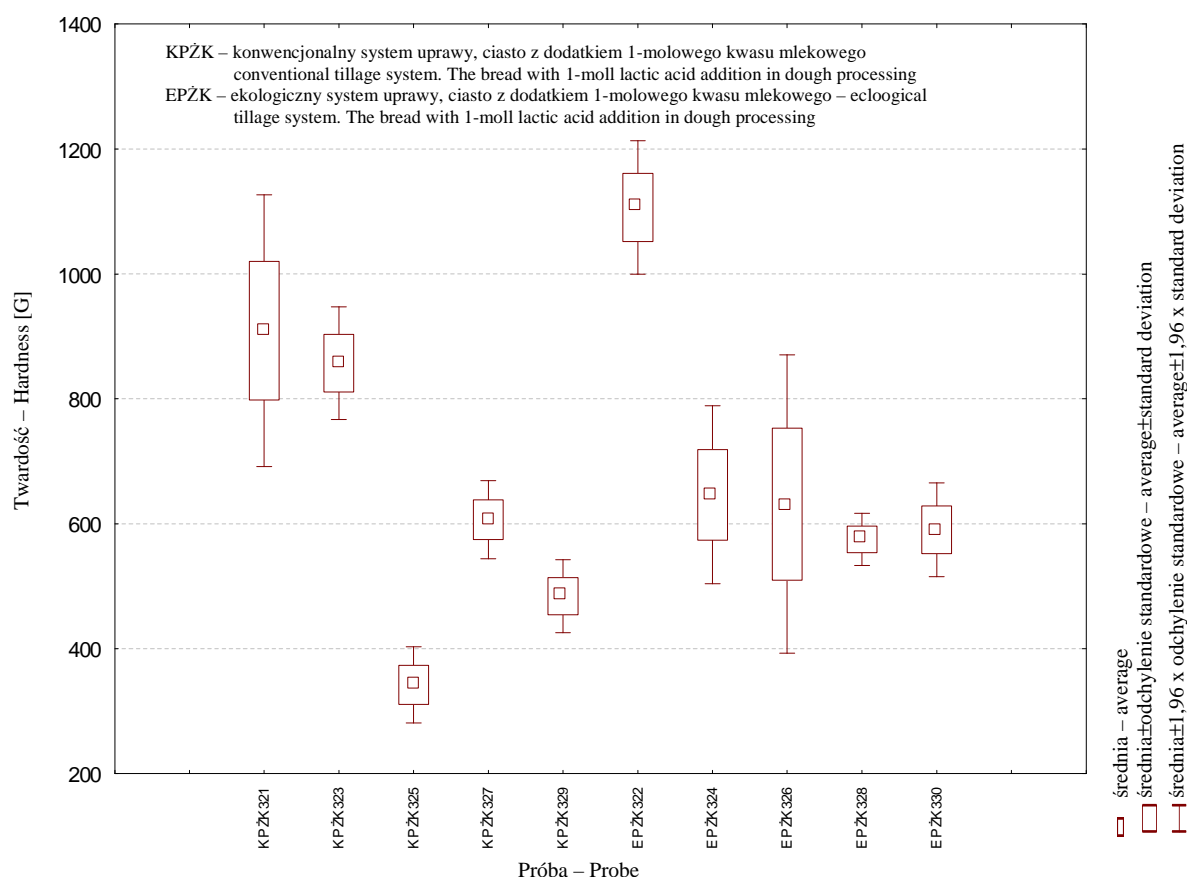
K – pieczywo z ciasta z dodatkiem 1-molowego kwasu mlekowego – the bread with 1-moll lactic acid addition in dough processing.

Twardość pieczywa z mąki, otrzymanej z ziarna z uprawy ekologicznej (średnia wartość 676,9 [G]), była o 15% wyższa niż z uprawy konwencjonalnej (średnia wartość 576,4 [G]) – tab. 4. Dodatek kwasu mlekowego również wpłynął na wzrost twardości, głównie pieczywa z pszenżyta z uprawy konwencjonalnej (rys. 1).



Rys. 1. Twardość badanego pieczywa oceniana metodą TPA
Fig. 1. The hardness of bread in the TPA method

Zwiększenie wartości tego parametru tekstury stwierdzono w przypadku wypieków z odmian pszenżyta 'Benetto' (38%), 'SW Talentro' (29%) i 'Versus' (10%). Tylko w przypadku wypieków z pszenicy odmiany 'Benetto' z upraw ekologicznych stwierdzono wzrost twardości miększu o 40% po zakwaszeniu ciasta. W pozostałych przypadkach kwas przyczynił się średnio do 11-procentowego spadku twardości miększu. Najtwardszym miększem charakteryzował się chleb z odmiany pszenżyta 'Benetto' – zarówno z uprawy ekologicznej (1106,3 G), jak i konwencjonalnej (909,2 G). Najmniejszą twardość miększu odnotowano w przypadku pieczywa z pszenżyta odmiany 'Vitalis', pochodzącej z uprawy ekologicznej, wypiekanego z dodatkiem (484 G) i bez dodatku kwasu mlekowego (502 G) – rys. 2. Różnice w twardości (statystycznie istotne, przy $p \leq 0,05$) stwierdzono pomiędzy pieczywem z pszenżyta odmian 'Benetto' i 'SW Talentro' a pieczywem z pszenżyta odmian uprawianych metodami konwencjonalną oraz ekologiczną. W próbach wypiekanych z dodatkiem kwasu różnice statystycznie istotne stwierdzono również pomiędzy odmianami 'Benetto' i 'SW Talentro' oraz 'Trimester' a pozostałymi odmianami stosowanymi w doświadczeniu, pochodzącymi wyłącznie z uprawy konwencjonalnej. Wśród odmian uprawianych ekologicznie, przeznaczonych do wypieku z zakwaszaczem, istotnie różniła się odmiana 'Benetto'.



Rys. 2. Twardość pieczywa, oceniana metodą TPA, z ciasta z dodatkiem 1-molowego kwasu mlekowego

Fig. 2. The hardness of bread in the TPA method. The bread with 1-moll lactic acid addition in dough processing

Zmiany gumistości wyrobów odzwierciedlały zmiany twardości. Nie stwierdzono znaczącego wpływu sposobu uprawy i wypieku na wartość tej cechy tekstury jedynie w przypadku odmian 'Versus i Vitalis' (tab. 4). Największy wpływ sposobu uprawy na wzrost gumistości zaobserwowano w pieczywie wypiekany z mąki dodatkiem kwasu z pszenżyta odmian 'Trimester' (37%) i 'Benetto' (11,7%), uprawianych ekologicznie oraz w pieczywie z pszenżyta odmiany 'SW Talentro', wypiekany bez dodatku kwasu (29%). Tylko w przypadku pieczywa, wypiekane z dodatkiem kwasu z mąki z pszenżyta odmiany 'SW Talentro', stwierdzono 24-procentowy spadek gumistości, w stosunku do mąki pozyskanej z ziarna z uprawy konwencjonalnej. W pozostałych przypadkach większy wpływ na zmiany gumistości miało zakwaszenie ciasta niż sposób uprawy. Średnia wartość gumistości badanych prób wyniosła ok. 400. Największymi wartościami gumistości charakteryzował się wypiek z dodatkiem kwasu z pszenżyta odmiany 'Benetto', uprawianej ekologicznie (694,4) i konwencjonalnie (613,2). Najmniej gumisty był miękisz chleba, wypiekane z dodatkiem kwasu mlekowego, z pszenżyta odmiany 'Trimester', uprawianej konwencjonalnie (215,1). Znaczny wpływ dodatku kwasu do ciasta na spadek gumistości miększu badanych wypieków stwierdzono w przypadku odmiany 'Trimester'. Chleb wypiekany z mąki z pszenżyta tej odmiany (wraz z dodatkiem kwasu), pochodzącej z uprawy konwencjonalnej, był o 47% mniej gumisty niż chleb wypiekany bez dodatku kwasu. Uprawa ekologiczna tej odmiany przyczyniła się do 15-procentowego spadku gumistości miększu po zastosowaniu dodatku kwasu mlekowego do ciasta (tab. 4).

Najwyższą zżuwalnością charakteryzował się miękisz pieczywa z dodatkiem kwasu mlekowego, wypiekane z mąki z pszenżyta odmiany 'Benetto', uprawianej ekologicznie (664,6) i konwencjonalnie (599,4). Najmniejszą wartość tego parametru (208,4) odnotowano w przypadku pieczywa z pszenżyta odmiany 'Trimester', wypiekane z dodatkiem kwasu mlekowego, a także pieczywa z pszenicy odmian uprawianych konwencjonalnie. Głównym czynnikiem, wpływającym na zmiany zżuwalności, był także dodatek kwasu mlekowego do ciasta. Pieczywo z pszenżyta odmian 'Benetto' i 'SW Talentro' z uprawy konwencjonalnej, wypiekane z dodatkiem kwasu mlekowego, charakteryzowało się większymi (odpowiednio o 35% i 26%) wartościami zżuwalności niż próby bez dodatku kwasu mlekowego. Zakwaszenie ciasta w produkcji pieczywa z pszenżyta odmiany 'Trimester' spowodowało spadek zżuwalności miększu o ok. 47%. Wypiek z zakwaszeniem ciasta z pszenżyta odmian 'Benetto' i 'Vitalis' miał miękisz odpowiednio o ok. 41% i ok. 10% większych wartościach zżuwalności niż wypiek bez dodatku kwasu mlekowego. Ciasto z dodatkiem kwasu, z mąki uzyskanej z pszenżyta odmian 'SW Talentro' i 'Trimester', po wypieku charakteryzowało się mniejszym o 25% i 15% wartościami zżuwalności niż wypiek bez kwasu.

Statystycznie istotne różnice w zżuwalności stwierdzono pomiędzy pieczywem z pszenżyta odmian 'Benetto' oraz 'SW Talentro' a pieczywem z pszenżyta z odmian z upraw konwencjonalnej i ekologicznej. Wypieki z kwasem z pszenżyta odmian 'Benetto', 'SW Talentro', 'Trimester' były statystycznie różne od pozostałych wypieków z pszenżyta z upraw konwencjonalnej. Chleby z ciasta z dodatkiem kwasu mlekowego z pszenżyta odmian 'Benetto' i 'SW Talentro' z uprawy ekologicznej różniły się statystycznie (przy $p \leq 0,05$) od pozostałych prób (tab. 4).

Tabela 4. Wyniki analizy TPA
Table 4. The results of all parameters in the TPA method

Odmiany Species	Próba Probe	Parametry tekstury TPA test parameters											
		twardość hardness		gumiastość gumminess		zżuwalność cheviness		sprężystość springness		spoistość cohesivness		elastyczność resilience	
		Uprawa konwencjonalna Conventional tillage system											
		X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD
Benetto	321	566,9 ^a	90,3	395,2 ^a	64,5	387,3 ^a	62,9	0,980 ^a	0,006	0,696 ^a	0,013	0,370 ^a	0,012
	321K	909,2 ^e	110,9	613,2 ^e	75,9	599,4	72,6	0,978 ^e	0,007	0,674 ^e	0,009	0,339 ^e	0,011
SW Talentro	323	614,2 ^a	59,5	409,2 ^b	34,1	393,6 ^b	32,7	0,962 ^a	0,007	0,667 ^a	0,014	0,312 ^a	0,019
	323K	857,3 ^e	46,1	554,9 ^e	36,9	530,7	35,1	0,956 ^e	0,009	0,647 ^e	0,015	0,297 ^e	0,015
Trimester	325	656,0 ^b	46,4	409,9 ^b	34,6	394,6 ^b	33,5	0,963 ^a	0,007	0,625 ^e	0,039	0,316 ^a	0,034
	325K	342,3	31,0	215,1 ^e	12,5	208,4	12,5	0,968 ^e	0,008	0,630 ^e	0,042	0,319 ^e	0,047
Versus	327	542,9 ^b	63,5	340,5 ^b	40,6	329,4 ^b	40,6	0,966 ^a	0,009	0,627 ^e	0,025	0,312 ^a	0,019
	327K	606,4 ^f	31,8	334,3 ^f	28,3	322,1	27,4	0,963 ^e	0,009	0,551 ^f	0,033	0,258 ^e	0,028
Vitalis	329	502,0 ^b	35,1	340,6 ^b	23,1	326,7 ^b	22,8	0,959 ^a	0,009	0,678 ^a	0,011	0,321 ^a	0,008
	329K	484,1 ^f	29,7	322,1 ^f	18,5	310,8	19,4	0,964	0,018	0,666 ^e	0,030	0,3225	0,029
Uprawa ekologiczna Ecological tillage system													
Benetto	322	667,8 ^c	39,0	405,1 ^c	27,9	390,0 ^a	24,4	0,963 ^a	0,007	0,606 ^a	0,019	0,291 ^a	0,018
	322K	1106,3 ^e	54,3	694,4 ^g	38,0	664,5	34,1	0,957 ^e	0,009	0,627 ^{e,g}	0,011	0,306 ^e	0,009
SW Talentro	324	878,9 ^c	82,6	575,2 ^c	55,7	552,7	53,0	0,961 ^a	0,005	0,654 ^a	0,015	0,307 ^a	0,013
	324K	646,3 ^{f,g}	72,6	424,5 ^g	44,5	411,0	44,1	0,968 ^e	0,006	0,658 ^{e,g}	0,033	0,337 ^e	0,025
Trimester	326	645,9 ^{b,d}	96,2	403,4 ^{b,d}	50,9	392,9 ^{b,c}	46,0	0,975 ^a	0,012	0,628 ^a	0,044	0,314 ^a	0,021
	326K	631,5 ^{f,g}	121,8	342,2 ^h	68,4	331,7	62,1	0,971 ^e	0,018	0,541 ^f	0,018	0,254 ^e	0,024
Versus	328	588,0 ^{b,d}	79,0	357,8 ^{b,d}	54,3	344,7 ^{b,c,d}	50,2	0,964 ^a	0,009	0,608 ^a	0,037	0,291 ^a	0,036
	328K	575,0 ^{f,g}	21,1	353,7 ^{f,h}	22,4	343,1	20,6	0,970 ^e	0,008	0,615 ^{e,g}	0,028	0,295 ^e	0,023
Vitalis	330	604,2 ^{b,d}	77,3	321,4 ^{b,d}	43,8	281,7 ^d	42,1	0,876	0,032	0,532	0,028	0,203	0,018
	330K	590,4 ^{f,g}	38,1	334,7 ^{f,h}	18,7	311,5	17,0	0,931	0,025	0,567 ^f	0,018	0,232	0,019

Średnie wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami (a, b, c, d) nie różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ w grupie wypieku bez kwasu.

The average values in columns marked the same letters (a, b, c, d) are not signified ($p \leq 0,05$) in groups of bread without 1-moll lactic acid addition in dough processing.

Średnie wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami (e, f, g, h) nie różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ w grupie wypieku z kwasem.

The average values in columns marked the same letters (e, f, g, h) are not signified ($p \leq 0,05$) in groups of bread with 1-moll lactic acid addition in dough processing.

K – pieczywo z ciasta z dodatkiem 1-molowego kwasu mlekowego – the bread with 1-moll lactic acid addition in dough processing.

Stwierdzono brak istotnych różnic w elastyczności miększu pieczywa wypiekanego z mąki z pszenżyta odmian uprawianych konwencjonalnie (tab. 4). W przypadku uprawy ekologicznej tylko wypiek z mąki z ziarna pszenżyta odmiany 'Vitalis' był statystycznie istotny. Miększ wypieków z mąki z pszenżyta odmian uprawianych ekologicznie był mniej elastyczny (o ok. 13,5%) niż miększ pieczywa z mąki z pszenżyta odmian uprawianych konwencjonalnie. Nie stwierdzono znacznego wpływu dodatku kwasu mlekowego do ciasta na elastyczność miększu badanych chlebów z pszenżyta odmian uprawianych konwencjonalnie. Dodatek kwasu spowodował ok. 18-procentowy spadek elastyczności pieczywa z pszenżyta, głównie w uprawy konwencjonalnej, natomiast w wypiekach z pszenżyta z uprawy ekologicznej stwierdzono ok. 7-procentowy wzrost elastyczności. Najbardziej elastycznym miększem (ok. 0,370) cechował się wypiek bez dodatku kwasu z pszenżyta odmiany 'Benetto', uprawianej konwencjonalnie, natomiast najmniej elastyczny miększ (0,204) stwierdzono w przypadku wypieku, również bez dodatku kwasu, z pszenżyta odmiany 'Vitalis', pochodzącej z uprawy ekologicznej (tab. 4).

Nie stwierdzono znaczących różnic w sprężystości miększu, z wyjątkiem pieczywa z pszenżyta odmiany 'Vitalis', które różniło się istotnie od pieczywa z pszenżyta pozostałych odmian uprawianych ekologicznie (tab. 4). Miększ chleba wypiekanego z ziarna tej odmiany, uprawianej ekologicznie, był najmniej sprężysty (0,876) wśród analizowanych prób i o ok. 9% mniej sprężysty od miększu chleba z pszenżyta odmiany uprawianej konwencjonalnie. W przypadku tej samej próby odnotowano również największy wpływ dodatku kwasu do ciasta przed wypiekiem na wzrost sprężystości miększu po wypieku, który wyniósł ok. 6%. Najbardziej sprężystym miększem charakteryzował się wypiek bez kwasu z pszenżyta odmiany 'Benetto' z uprawy konwencjonalnej (0,980), przy czym średnia wartość sprężystości wyniosła ok. 0,960 (tab. 4).

Dodatek kwasu mlekowego do ciasta zasadniczo nie wpływał na zmiany spoistości, z wyjątkiem wypieku z pszenżyta odmiany 'Versus' (spadek spoistości o ok. 12% w cieście zakwaszonym). Największy wpływ na zmiany spoistości pieczywa miał rodzaj uprawy (tab. 4). Wypieki z pszenżyta odmian uprawianych konwencjonalnie charakteryzowały się bardziej spoistym miększem niż pieczywo z pszenżyta z odmian pochodzących z upraw ekologicznych. Najbardziej spoisty miększ (0,697) dotyczył wypieku bez dodatku kwasu mlekowego z pszenżyta odmiany 'Benetto' z uprawy konwencjonalnej, natomiast najmniej spoisty – wypieku z pszenżyta z odmiany 'Vitalis' z uprawy ekologicznej. Największe różnice stwierdzono w przypadku chlebów wypiekanych z dodatkiem kwasu i bez niego z pszenżyta odmiany 'Vitalis' oraz chlebów, wypiekanych z dodatkiem kwasu z pszenżyta odmiany 'Versus'. Miększ chleba z pszenżyta odmiany 'Vitalis', pochodzącej z uprawy konwencjonalnej, charakteryzował się o 18% większą spoistością od miększu chleba z pszenżyta tej samej odmiany, ale uprawianej ekologicznie. Chleb z ciasta z dodatkiem kwasu z pszenżyta odmiany 'Versus', z uprawy konwencjonalnej, był o 10% mniej spoisty od miększu chleba z pszenżyta odmiany ekologicznej (tab. 4).

Podsumowując, decydujący wpływ na jakość pieczywa z mąki z pszenżyta mają: poziom nawożenia azotem, stosowanie mikroelementów i dobre zaopatrzenie roślin w składniki mineralne, czemu sprzyja także uprawa pszenżyta po przedplonach niezbożowych. Powyższą tezę potwierdza Podolska (2008). Jednakże ustalenia Fernandez-Figares i in. (2000) wska-

zują, że warunki środowiskowe mają mniejszy wpływ na jakość ziarna, niż genotyp pszenżyta, chociaż wyższe nawodnienie gleby sprzyja wyższej zawartości białka o korzystniejszym składzie aminokwasowym, co wyraża się wyższą zawartością treoniny.

Także jakość glutenu w pszenżycie jest niska i często niemożliwa do oszacowania. Wskazuje to na większe podobieństwo właściwości białek pszenżyta do żyta niż do pszenicy (Tohver i in. 2005). Właściwości mąki z pszenżyta, a zwłaszcza niska zawartość słabego glutenu wskazują raczej na możliwość zastosowania tego surowca w cukiernictwie w produkcji biszkoptów, herbatników, ciast kruchych i pierników (Podolska 2008).

WNIOSKI

1. Możliwe jest zastosowanie w piekarstwie mąki z pszenżyta z upraw ekologicznych.
2. Uprawa konwencjonalna pszenżyta korzystniej wpływa na właściwości wypiekowe otrzymanych mąk.
3. Dodatek kwasu mlekowego podczas sporządzania ciasta poprawia jakość otrzymanego pieczywa zarówno w ogólnej ocenie sensorycznej, jak i w teście TPA.
4. Właściwości reologiczne otrzymanego pieczywa zależą głównie od sposobu uprawy pszenżyta oraz dodatku kwasu mlekowego do ciasta.
5. Sposób uprawy, odmiana pszenżyta, a także dodatek kwasu mlekowego do ciasta są głównymi czynnikami wpływającymi na twardość, gumistość i zżuwalność otrzymanego pieczywa.
6. Między twardością otrzymanego pieczywa a pozostałymi próbami w teście TPA zachodzi korelacja.

PIŚMIENNICTWO

- Amarowicz R., Karramac M., Weidner S., Abe S., Shahidi F.** 2002. Antioxidant activity of wheat caryopses and embryos extracts. *J. Food Lipids*. 9, 201–210.
- Fernandez-Figares I., Marinetto J., Royo C., Ramos J.M., Garcia del Moral L.F.** 2000. Amino-acid composition and protein and carbohydrate accumulation in the grain of triticale grown under terminal water stress simulated by a senescing agent. *J. Cereal Sci.* 32, 249–258.
- Fukumoto L.R., Mazza G.** 2000. Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.* 48, 3597–3604.
- Hosseinian F.S., Mazza G.** 2009. Triticale bran and straw: Potential new sources of phenolic acids, proanthocyanidins, and lignans. *J. Functional Foods* 1, 57–64.
- Hosseinian F.S., Muir A.D., Westcott N.D., Krol E.S.** 2006. Antioxidant capacity of flaxseed lignans in two model systems. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 83, 835–840.
- ICC Standard No. 131.** 2007. Procedura wypieku kontrolnego.
- Jørgensen J.R., Deleuran L.C., Wollenweber B.** 2007. Prospects of whole grain crops of wheat, rye and triticale under different fertilizer regimes for energy production. *Biomass Bioenergy* 31, 308–317.
- PN-A-74108.** Ocena organoleptyczna pieczywa.

- Podolska G.** 2008. Pszenżyto na chleb. Farmer 15, www.farmer.pl/pszenzyto_na_chleb,39ee651ffha6654d'43081.htm, dostęp z 23.02.2009 r.
- Sullivan Z.M., Honeyman M.S., Gibson L.R., Prusa K.J.** 2007. Effects of triticale-based diets on finishing pig performance and pork quality in deep-bedded hoop barns. *Meat Sci.* 76, 428–437.
- Tohver M., Kann A., Täht R., Mihhalevski A., Hakman J.** 2005. Quality of triticale cultivars suitable for growing and bread-making in northern conditions. *Food Chem.* 89, 125–132.
- Wolski T.** 1986. Winter triticale in Polish agriculture [in: 1st International Triticale Symposium]. Ed. N.A. Darvey. [b.w.], 24.
- Zhou K., Yin J.J., Yu, L.L.** 2005. Phenolic acid, tocopherol and carotenoid compositions, and antioxidant functions of hard red winter wheat bran. *J. Agric. Food Chem.* 53, 3916–3922.