

ZUZANNA POSADZKA, AGATA M. PAWŁOWSKA, JOANNA KASZUBA,
KAROLINA PYCIA

**WYKORZYSTANIE PRZECIERU Z KISZONEGO KORZENIA BURAKA
ĆWIKŁOWEGO (*BETA VULGARIS* L.) DO PRODUKCJI CHLEBÓW
GRYCZANYCH O PODWYŻSZONYM POTENCJALE
PRZECIWIUTLENIAJĄCYM**

Streszczenie

Wprowadzenie. Pieczywo bezglutenowe jest obecnie bardzo ważnym rodzajem asortymentu produktów zbożowych. Coraz lepsze poznanie surowców do jego wytwarzania pozwala także udoskonalać jakość technologiczną i nadawać również temu pieczywu cech żywności prozdrowotnej. Celem pracy było opracowanie technologii produkcji oraz ocena jakości chleba bezglutenowego (gryczanego) na zakwasie, w wariantach, w których w połowie bądź w całości dodawaną wodę zastępowano przecierem z kiszonego korzenia buraka ćwikłowego (*Beta vulgaris* L.). Przeprowadzone badania obejmowały oznaczenia kwasowości ogólnej żurków, pomiary przebiegu fermentacji ciasta z wykorzystaniem fermentografu oraz ocenę fizykochemiczną otrzymanych chlebów. Przeprowadzono także oznaczenia właściwości przeciwutleniających gotowych produktów z podziałem na mięksisz i skórkę pieczywa.

Wyniki i wnioski. Przeprowadzone analizy jednoznacznie wskazały, że zastąpienie wody przecierem z kiszonego korzenia buraka ćwikłowego korzystnie wpływa na przebieg fermentacji ciasta gryczanego i na jego ogólną jakość oraz charakteryzuje się większą, w porównaniu z próbą kontrolną, aktywnością przeciwutleniającą. Udowodniono także, że przedłużenie fermentacji fazy – żurku – do 4 dni wpływa korzystnie na jakość produktu końcowego.

Słowa kluczowe: mąka gryczana, przecier z kiszonego korzenia buraka ćwikłowego, chleb gryczany na zakwasie, żywność funkcjonalna, potencjał przeciwutleniający

Wprowadzenie

Obecnie pieczywo bezglutenowe cieszy się większą popularnością, gdyż coraz więcej konsumentów deklaruje się jako osoby chorujące na celiakię bądź cierpiące na

Mgr inż. Z. Posadzka ORCID: 0000-0003-4232-6175, dr A.M. Pawłowska ORCID: 0000-0002-5871-4669, dr inż. J. Kaszuba ORCID: 0000-0002-3327-8370, dr inż. K. Pycia ORCID: 0000-0001-7337-0860, Zakład Ogólnej Technologii Żywności i Żywności Człowieka, Instytut Technologii Żywności i Żywności Człowieka, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski, ul. A. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów; Kontakt: z.posadzka@ur.edu.pl

alergię pokarmową na białka glutenowe ziarna pszenicy [17]. Jednakże wiele osób stosuje dietę bezglutenową bez potwierdzonych wskazań medycznych. Jest to wynikiem popularyzacji produktów bezglutenowych przez celebrytów. Badania rynkowe przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych i Australii w 2015 r. wskazały, że aż 47 % badanej grupy respondentów było na diecie bezglutenowej bez konsultacji konieczności jej stosowania z lekarzem. Jest to bardzo niebezpieczne, gdyż samodzielne wykluczenie glutenu może uniemożliwić późniejszą diagnostykę celiakii oraz powodować niedobory składników mineralnych (m.in.: cynku, magnezu, żelaza, wapnia), witamin (m.in. witaminy D, kwasu foliowego) i błonnika pokarmowego [8].

Pieczywo bezglutenowe ma często gorszą jakość i wartość odżywczą niż chleby z konwencjonalnych surowców [17]. Dane literaturowe dowodzą, że pieczywo żytnie wytwarzane metodą pośrednią cechuje się nie tylko lepszą jakością, ale też wyższą wartością prozdrowotną. Udowodniono, że zastosowanie już trójfazowej fermentacji ciasta chlebowego wpływa ochronnie na związki biologicznie aktywne pochodzące z surowców. Taka metoda produkcji poprawia także cechy jakościowe chleba, takie jak m.in. objętość bochenka czy wilgotność miękiszu, gdyż ten staje się bardziej pulchny i dłużej zachowuje świeżość [2, 4].

Przy poszukiwaniu nowych sposobów wzbogacenia pieczywa, a zwłaszcza pieczywa bezglutenowego, szczególną uwagę należy zwrócić na możliwość wprowadzenia do jego receptury kiszonej produktów owocowo-warzywnych, bowiem części jadalne owoców i warzyw zawierają szereg związków o charakterze przeciwutleniającym (np. kwasy fenolowe, antocyjany, flawonoidy). Ich dodatkowe utrwalenie przez fermentację mlekową zachodzącą w kiszonce sprawia, że produkt ten jest jeszcze cenniejszym źródłem tych substancji. Popularnym przykładem surowca warzywnego wykorzystywanego do kiszenia jest korzeń buraka ćwikłowego. Dlatego też chleb bezglutenowy na zakwasie, do którego dodatkowo wprowadzono kiszone owoce lub warzywa mógłby stać się bardzo dobrą alternatywą dla osób wrażliwych na gluten i poszukujących pieczywa o podwyższonym potencjale przeciwutleniającym.

Celem pracy było opracowanie technologii produkcji oraz ocena jakości chleba bezglutenowego (gryczanego) na zakwasie, z udziałem przecieru z kiszonego korzenia buraka ćwikłowego (*Beta vulgaris* L.).

Material i metody badań

Material badany

Materiałem badanym był chleb bezglutenowy – gryczany, wyprodukowany metodą trójfazową „na żurku” w trzech wariantach (0 – bez udziału przecieru z kiszonego korzenia buraka ćwikłowego, 1 – z 50-procentowym udziałem przecieru z kiszonego korzenia buraka ćwikłowego, 2 – ze 100-procentowym udziałem przecieru z kiszonego

buraka ćwikłowego) oraz dwoma sposobami prowadzenia pierwszej fazy fermentacji ciasta tj. żurku, 2 dni (A) i 4 dni (B).

Do wypieku użyto mieszanki skomponowanej w proporcji 1:1 z mąki gryczanej pełnoziarnistej (BioPlanet, Polska) o składzie (g/100 g mąki): węglowodany – 71; białko – 13; błonnik – 5,9; tłuszcz – 3,1 oraz zmielonej kaszy gryczanej niepalonej (BioPlanet, Polska) o składzie (g/100 g kaszy): węglowodany – 75; białko – 12; błonnik – 10,42; tłuszcz – 2,7.

Przecier z kiszonych korzeni buraka ćwikłowego otrzymano przez poddanie 2,5 kg korzeni buraków ćwikłowych (*Beta vulgaris* L.) pokrojonych na mniejsze części i połączonych z 5 litrami wody destylowanej, fermentacji (temperatura: 28 °C, czas fermentacji: 7 dni) przy użyciu startera bakterii fermentacji mlekowej (Zakwaska do kwasu, VIVO, Ukraina) w ilości 0,5 g (szczepy: *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaris*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium lactis*). Otrzymaną kiszonkę zmiksowano łącznie z zalewą przy pomocy blendera kielichowego Zelmer ZSB4799 (B&B Trends, Hiszpania) i przeznaczono do produkcji chleba.

Metody badań

Próbnny wypiek laboratoryjny

Badane chleby gryczane wykonano metodą pośrednią – trójfazową „na żurku” w modyfikacji własnej wypieku przemysłowego, foremkowego, która dotyczyła zmian jedynie w obrębie składu recepturowego prób badanych i czasu fermentacji żurku (pierwszej fazy prowadzenia ciasta). Recepturę i sposób prowadzenia ciasta zamieszczono w tabeli 1. Żurek (faza I) o wydajności 300% powstał w wyniku samoczynnej fermentacji (temperatura: 28 °C), mieszanki mąki i kaszy gryczanej w stosunku 1:1, wody i/lub kiszzonego przecieru buraczanego zmieszanych w proporcjach podanych w tabeli 1. Czas fermentacji tej fazy wynosił 2 (próba A) lub 4 dni (próba B). Kwas (faza II) o wydajności 200 % uzyskano poprzez połączenie żurku (fazy I) z kolejną porcją mieszanki wypiekowej, wody i/lub kiszzonego przecieru buraczanego oraz drożdży w ilości określonej recepturą (Tabela 1). Fermentacja tej fazy trwała 3 h i prowadzona była w temperaturze 32 °C. Ciasto właściwe (faza III) o wydajności 165 % powstało poprzez połączenie poprzedniej fazy prowadzenia ciasta tj. kwasu z kolejną, określoną recepturą (Tabela 1) ilością mieszanki mąki i kaszy gryczanej, wody i/lub kiszzonego przecieru buraczanego oraz soli. Do przygotowania ciasta właściwego użyto miasiarki typu R4 (Mesko-AGD, Polska), wyposażonej w mieszadło hakowe. Fermentacja końcowa ciasta odbywała się w komorze fermentacyjnej (Sveba Dahlen, Fristad, Szwecja) w temperaturze 32 °C i wilgotności względnej 85 % przez 40 minut. Do wypieku przeznaczono kęsy ciasta o masie ok. 300 g. Następnie kęsy ciasta w foremkach przeznaczono do końcowego rozrostu w komorze fermentacyjnej (temperatura: 32 °C,

wilgotność względna: 85 %, czas rozrostu: 30 minut), po czym wstawiono je do zaparowanej komory pieca. Wypiek prowadzono w piecu elektrycznym Classic (Sveba Dahlen, Fristad, Szwecja) w temperaturze 230 °C przez 40 minut. Wypiek każdego wariantu badanego pieczywa powtórzono trzykrotnie, co stanowiło 3 partie produkcyjne.

Sporządzone żurki przed wypiekiem poddano badaniom kwasowości ogólnej żurków metodą miareczkową według Jakubczyka i Habera [9].

Analiza fermentogaficzna

Oznaczenie właściwości fermentacyjnych mieszanki wypiekowej i zdolności zatrzymania w cieście CO₂ wytworzonego w trakcie fermentacji przeprowadzono z wykorzystaniem fermentografu laserowego (Sadkiewicz Instruments, Bydgoszcz, Polska) według metody opracowanej przez Zakład Badawczy Przemysłu Piekarskiego w Bydgoszczy w modyfikacji własnej. Badaniom poddano kęs ciasta właściwego (faza III) o masie 250 g. Cykl pomiarowy trwał 90 minut, a pomiary były rejestrowane co 2 minuty i zapisywane na wykresie (fermentogramie). Na podstawie wykresu wyznaczono następujące parametry fermentacji ciasta: czas punktu krytycznego [min] – najważniejszy czas do przeprowadzenia wypieku; objętość ciasta w punkcie krytycznym [cm³] i objętość gazów (CO₂) wytworzonych podczas fermentacji w czasie [cm³].

Ocena jakości pieczywa

Po zakończonym wypieku zważono gorące chleby oraz ponownie wystudzone pieczywo. Następnie dokonano oceny procesu wypiekowego chleba gryczanego poprzez obliczenie wskaźników jakościowych takich jak: wydajność ciasta [%], upiek [%], strata wypiekowa całkowita [%], wydajność pieczywa [%] [9]. Objętość pieczywa [cm³] oznaczono metodą uproszczoną w materiale sypkim (nasiona prosa) oraz obliczono objętość właściwą [cm³/g] badanych chlebów [1]. Oznaczenie wilgotności miękkiszu pieczywa wykonano metodą suszarkową [13]. Kwasowość ogólną pieczywa oznaczono metodą miareczkową [9]. Instrumentalny pomiar parametrów tekstury miękkiszu (test TPA) wykonano przy użyciu teksturometru Shimadzu EZ Test – LX 1000N (Kioto, Japonia). Badane próbki miękkiszu chleba o kształcie sześciangu o wymiarach a = 20 mm poddano podwójnemu ścisaniu do 50 % ich pierwotnej wysokości przez głowicę o średnicy d = 25 mm. Do obliczenia wartości parametrów profilu tekstury miękkiszu wykorzystano oprogramowanie TrapezjumX. Wyznaczono: twardość [N], sprężystość [-], żujność [N] i spoistość (kohezyjność) [-]. Pomiary tekstury miękkiszu każdego rodzaju chleba z każdej partii produkcyjnej wykonano w trzech powtórzeniach.

Tabela 1. Receptury chlebów gryczanych na zakwasie z udziałem przecieru z kiszonego korzenia buraka ćwikłowego
 Table 1. Recipes for buckwheat sourdough bread with fermented beetroot puree

Faza prowadzenia ciasta Dough phase	Gryczana mieszanka wypiekowa Buckwheat baking blend [g]	Woda Water [g]	Kiszony przecier buraczany Fermented beetroot puree [g]	Drożdże Yeast [g]	Sól Salt [g]	Temperatura fermentacji Fermentation temperature [°C]	Czas fermentacji fazy Time of fermentation	Wydajność fazy Phase yield [%]
A0								
żurek/ I sourdough phase	100	200	-	-	-	28	2 dni	300
kwasy/ II sourdough phase	300	200	-	10	-	32	3 h	200
ciasto właściwe/ dough	600	250	-	-	15	32	40 min.	165
A1								
żurek/ I sourdough phase	100	100	100	-	-	28	2 dni	300
kwasy/ II sourdough phase	300	100	100	10	-	32	3 h	200
ciasto właściwe/ dough	600	125	125	-	15	32	40 min.	165
A2								
żurek/ I sourdough phase	100	-	200	-	-	28	2 dni	300
kwasy/ II sourdough phase	300	-	200	10	-	32	3 h	200
ciasto właściwe/ dough	600	-	250	-	15	32	40 min.	165
B0								
żurek/ I sourdough phase	100	200	-	-	-	28	4 dni	300
kwasy/ II sourdough phase	300	200	-	10	-	32	3 h	200
ciasto właściwe/ dough	600	250	-	-	15	32	40 min.	165

B1									
żurek/ I sourdough phase	100	100	100	100	-	-	28	4 dni	300
kwasy/ II sourdough phase	300	100	100	100	10	-	32	3 h	200
ciasto właściwe/ dough	600	125	125	125	-	15	32	40 min.	165
B2									
żurek/ I sourdough phase	100	-	200	200	-	-	28	4 dni	300
kwasy/ II sourdough phase	300	-	200	200	10	-	32	3 h	200
ciasto właściwe/ dough	600	-	250	250	-	15	32	40 min.	165

Ocena organoleptyczna pieczywa

Jakość organoleptyczną badanego pieczywa oceniono zgodnie z PN-A 74108: 1996, opisaną przez Diowkszą i Sadowską [7] z modyfikacją według własnej karty oceny. Chleby zostały ocenione z uwzględnieniem takich wyróżników, jak: wygląd zewnętrzny bochenka, wygląd skórki i miękiszu, a także smak i zapach pieczywa.

Tabela 2. Ocena jakości organoleptycznej pieczywa gryczanego na zakwasie z udziałem kiszzonego przecieru buraczanego

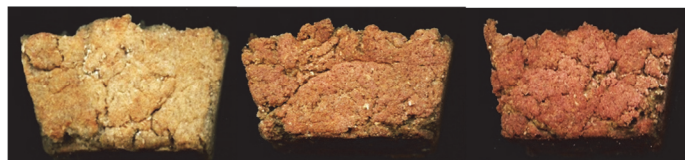
Table 2. Scoring in sensory evaluation of buckwheat sourdough bread with fermented beetroot puree

Wyróżnik jakości / Quality parameter		Wynik / Score			
		Bardzo dobra Very good	Dobra Good	Dostateczna Satisfactory	Słaba / Poor
Wygląd zewnętrzny bochenka Loaf appearance		5	4	1	0
Wygląd skórki Crust	Barwa / Colour	3	2	1	0
	Grubość / Thickness	4	3	1	0
	Powierzchnia Overall appearance	4	3	1	0
Wygląd miękiszu Crumb	Porowatość Porosity	4	3	1	0
	Elastyczność Resilience	3	2	1	0
Smak pieczywa / Taste of bread		6	5	1	0
Zapach pieczywa / Smell of bread		6	5	1	0

Na podstawie oceny ogólnej (sumy ocen wszystkich wyróżników) chleby zostały zakwalifikowane do następujących klas jakości: „bardzo dobra” I ($35 \div 28$), „dobra” II ($27 \div 23$), „dostateczna” III ($22 \div 18$) lub „słaba” IV ($17 \div 0$). Chleby były oceniane przez zespół respondentów w wieku $28 \div 55$ lat (5 kobiet i 5 mężczyzn).

Oznaczenie potencjału przeciwutleniającego pieczywa

Otrzymane chleby gryczane poddano także ocenie potencjału przeciwutleniającego poprzez pomiary zawartości polifenoli ogółem i aktywności przeciwutleniającej metodami z rodnikami ABTS^{•+} i DPPH[•]. Ze względu na widoczne na fotografiach 1 ÷ 4 różnice w koncentracji związków biologicznie aktywnych pochodzących z kiszzonego przecieru buraczanego w częściach chlebów badania wykonano osobno dla miękiszu i skórki pieczywa.



Fot. 1. Chleby gryczane na żurku dwudniowym.
Photo 1. Buckwheat bread with two-day rye sourdough.



Fot. 2. Przekroje chlebów gryczanych na żurku dwudniowym.
Photo 2. Cross-sections of buckwheat bread with two-day rye sourdough.



Fot. 3. Chleby gryczane na żurku czterodniowym.
Photo 3. Buckwheat bread with four-day rye sourdough.



Fot. 4. Przekroje chlebów gryczanych na żurku czterodniowym.
Photo 4. Cross-sections of buckwheat bread with four-day rye sourdough.

Na podstawie danych literaturowych [9] ustalono, że skórka badanego chleba stanowiła 15 % masy bochenka, natomiast miękisz – 85 %. W tym celu osobno skórkę i miękisz pieczywa zliofilizowano (czas liofilizacji: 48 h, temperatura: -42°C , ciśnienie: 0,010 MPa) przy użyciu liofilizatora ALPHA 1-2 LD plus (Christ, Berlin, Niemcy) i następnie zmielono w młynku laboratoryjnym CEMOTEC 1090 (Foss, Hillerød, Dania). Jako rozpuszczalnika w przygotowaniu ekstraktów użyto 50-procentowego roztworu metanolu (v/v) (Chempur, Polska) zakwaszonego 1-procentowym roztworem kwasu mrówkowego (Chempur, Polska). W celu otrzymania ekstraktu odważano 5 g

liofilizatu, który rozpuszczano w 5 cm³ 50-procentowego roztworu metanolu. Próbkę następnie poddano działaniu ultradźwięków przy użyciu zestawu do obróbki ultradźwiękowej (Polsonic, Polska) przez 30 minut. Kolejno odwirowano w wirówce automatycznej Centrifuge 5430 (Eppendorf, USA) (6 min, 7500 obr/min) i zdekantowano supernatant, którego użyto do dalszych analiz.

Oznaczenie zawartość polifenoli ogółem wykonano metodą Xianggun i wsp. [18]. Wyniki końcowe podano w przeliczeniu na mg kwasu galusowego (GAE)/100 g suchej masy produktu. Analizę aktywności przeciwutleniającej wykonano metodą z kationorodnikiem ABTS^{•+} [15] oraz metodą z rodnikiem DPPH[•] [19]. Wyniki podano w mmol Trolox/100 g suchej masy produktu.

Analiza statystyczna

Wszystkie oznaczenia zostały wykonane w 3 powtórzeniach. Uzyskane wyniki zostały opracowane statystycznie przy użyciu programu Statistica 13.3. (StatSoft, Inc., Tulsa, OK). Obliczono wartości średnie i odchylenia standardowe wartości średniej. Przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji przy $p \leq 0,05$ w celu określenia istotności obserwowanych różnic pomiędzy poszczególnymi średnimi wynikami i określenia wpływu poszczególnych czynników na wyniki końcowe (test Duncana).

Wyniki i dyskusja

W tabeli 3 przedstawiono wyniki oznaczenia kwasowości ogólnej żurków.

Tabela 3. Kwasowość ogólna żurków (I fazy fermentacji ciasta)

Table 3. Total acidity of first sourdough phase

Próba / Sample		Kwasowość ogólna żurku TTA of first sourdough phase [stopnie kwasowości]
A	0	8,50 ^a ± 0,16
	1	12,43 ^b ± 0,09
	2	18,63 ^d ± 0,31
B	0	13,03 ^c ± 0,20
	1	19,79 ^e ± 0,07
	2	20,60 ^f ± 0,19
ANOVA dwuczynnikowa wartości <i>p</i> / Two-way ANOVA <i>p</i> -values		
czynnik 1 / factor 1		< 0,001
czynnik 2 / factor 2		< 0,001
czynnik 1 x czynnik 2 / factor 1 x factor 2		< 0,001

Objaśnienia/Explanatory notes:

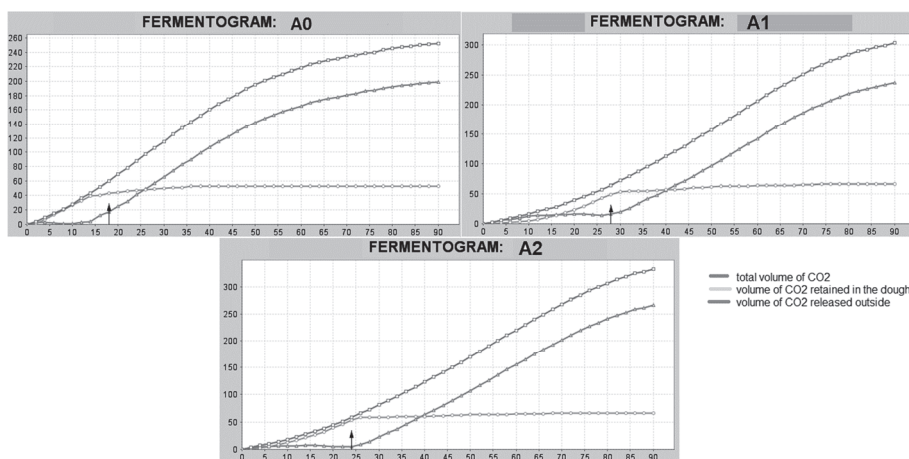
a, b, ... - średnie wartości w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie przy $p \leq 0,05$ / mean values marked with the same letter in the columns do not differ significantly at significance

level of $p \leq 0.05$; Czynniki 1/Factor 1 – czas fermentacji żurku (A-2 dni; B-4 dni)/ time of fermentation of first sourdough phase (A-2 days; B-4 days); Czynniki 2/Factor 2 – wielkość udziału kiszonego przecieru buraczanego w recepturze chleba (0-próba kontrolna, bez udziału; 1-50% udział kiszonego przecieru buraczanego; 2-100% udział kiszonego przecieru buraczanego)/ amount of added fermented beetroot puree in bread recipe (0-control sample, without fermented beetroot puree; 1-50 % addition of fermented beetroot puree; 2-100 % addition of fermented beetroot puree); Czynniki 1 x Czynniki 2/Factor 1 x Factor 2 – zależności pomiędzy czasem fermentacji żurku a wielkością udziału w recepturze kiszonego przecieru buraczanego/ interactions between time of fermentation first sourdough phase and amount of added fermented beetroot puree.

We wszystkich analizowanych wariantach chleba gryczanego, zarówno czas trwania fermentacji żurku, wielkość udziału kiszonego przecieru buraczanego jak i interakcje obydwu czynników miały istotny wpływ na kwasowość żurku ($p < 0,05$) (Tabela 3). Parametr ten wahał się w granicach od 8,50 (A0) do 20,60 stopni kwasowości (B2). Uzyskane wyniki wskazują, że udział kiszonego przecieru buraczanego ($pH = 3,58$) skutkowało zwiększeniem kwasowości ogólnej w porównaniu z próbą kontrolną, co świadczy o silniejszym ukwaszeniu ciasta. Podobne zależności, dotyczące kwasowości ogólnej, uzyskały Carbó i wsp. [6], które w badaniach żurków bezglutenowych powstałych z mieszanki wypiekowej (mąka z nasion amarantusa, mąka gryczana i mąka z nasion komosy ryżowej w proporcji 1:1:1) oraz wody, fermentowanych spontanicznie zanotowały wartości kwasowości ogólnej na poziomie od 18 do 20 stopni kwasowości. Znacznie większe wartości uzyskali Axel i wsp. [3] dla żurków na bazie mąki z nasion komosy ryżowej. Cytowani autorzy zanotowali kwasowość ogólną żurków wynoszącą średnio 35 stopni. Takie rozbieżności w wartościach omawianego parametru mogą wynikać z różnego sposobu prowadzenia fermentacji żurku przez cytowanych autorów oraz w badaniach własnych (Tabela 3). W badaniach Carbó i wsp., [6] bazowano na spontanicznej fermentacji mąki i wody, a zatem także mikroflorze własnej surowców. W przypadku badań Axel i wsp. [3] próby zakwasów chlebowych zadano wybranymi szczepami bakterii kwasu mlekowego (*Lactobacillus amylovorus* DSM19280) zdolnymi do produkcji tak dużej ilości tego kwasu. Podobną zależność zaobserwowano w badaniach własnych (Tabela 3) opartych na fermentacji całych korzeni buraka ćwikłowego z udziałem konkretnych szczepów bakterii (szczepy: *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaris*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium lactis*) i następnie dodawanych jako przecier do fazy żurku badanego ciasta gryczanego fermentowanego spontanicznie.

Pełny obraz fermentacji ciasta dla każdego wariantu badanego chleba zamieszczono na wykresach 1 i 2 oraz w tabeli 4. Wykres 1 przedstawia zapisy z pomiarów fermentograficznych dla ciast na żurku 2-dniowym, tj. próbę kontrolną (A0), wariant z 50-procentowym udziałem kiszonego przecieru buraczanego w recepturze (A1) i wariant ze 100-procentowym udziałem kiszonego przecieru buraczanego w recepturze chleba (A2). Wykres tworzą trzy linie przedstawiające całkowitą objętość gazów

w cieście oraz objętość CO₂ zatrzymanego i wydzielonego poza ciasto. Na ich podstawie można przewidywać w jaki sposób przebiegała fermentacja badanych wariantów chleba gryczanego na zakwasie z udziałem wybranego dodatku buraczanego.



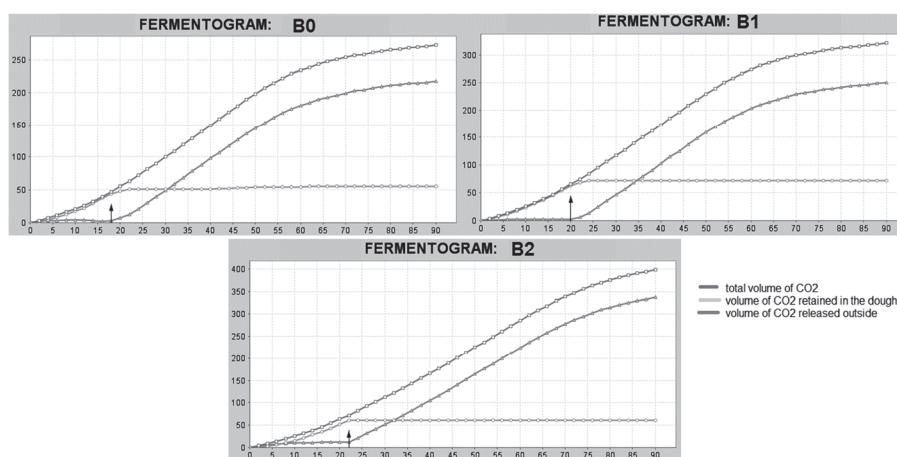
Rys. 1. Fermentogramy ciast na żurku 2-dniowym; A0 - próba kontrolna; A1 - próba z 50-procentowym udziałem kiszonego przecieru buraczanego; A2 - próba ze 100-procentowym udziałem kiszonego przecieru buraczanego.

Fig. 1. Fermentographic profiles of the two-day first sourdough phase dough; A0 - control sample; A1 - sample with 50 % addition of fermented beetroot puree; A2 - sample with 100 % addition of fermented beetroot puree.

Na podstawie analizy fermentograficznej (wykres 2) stwierdzono znaczący wpływ zastosowanego dodatku w postaci przecieru z kiszonego korzenia buraka ćwikłowego na czas fermentacji kęsa ciasta oraz objętość CO₂ wydzielonego w trakcie pomiaru. Fermentogramy prób A1 i A2 wskazały na większą – w stosunku do próby kontrolnej (A0) – objętość gazów zatrzymanych w cieście, ale także dłuższy czas ich fermentacji. Prawdopodobnie mogło być to wynikiem wprowadzenia z wybranym dodatkiem porcji błonnika pokarmowego i związków polifenolowych nie tylko rywalizujących o wodę z ziarnami skrobi mieszanki wypiekowej, ale też tworzące kompleksy ze składnikami tej mieszanki mąki i kaszy gryczanej. Można się także spodziewać, że natychmiastowy wzrost kwasowości faz fermentacji ciasta po dodaniu kiszonego przecieru buraczanego przyczynił się do wytworzenia dodatkowej porcji gazów.

Wykres 2 obrazuje przebieg fermentacji ciast wytworzonych z użyciem żurku 4-dniowego dla próby kontrolnej (B0) oraz dla poszczególnych wariantów badanych: z 50-procentowym udziałem przecieru z kiszonego korzenia buraka ćwikłowego w masie wody (B1) i ze 100-procentowym udziałem przecieru kiszonego buraczanego (B2). Na podstawie analizy fermentograficznej stwierdzono, że optymalnym sposobem

przewodzenia fermentacji ciasta był ten, w którym przecier z kiszonego korzenia buraka ćwikłowego zastosowano w 50-procentowym udziale zastępując wodę dodawaną w poszczególnych fazach prowadzenia ciasta kontrolnego. Wówczas kęs ciasta osiągał największą objętość (B1-62,33 cm³), przy podobnym jak próba kontrolna czasie optymalnego rozrostu (20 minut). Ilość gazów wydzielonych poza ciasto w tym badanym wariancie (B1) także była najmniejsza i wynosiła 2,00 cm³. Porównując wyniki badań własnych z wynikami innych autorów [5, 10, 12] zaobserwowano, że dostarczanie kolejnej porcji mikroflory pochodzącej z przecieru z kiszonego korzeni buraka ćwikłowego znacząco przyspieszyło końcową fermentację kęsów ciasta oraz zwiększyło ich objętość.



Rys. 2. Fermentogramy ciast na żurku 4-dniowym; B0 - próba kontrolna; B1 - próba z 50-procentowym udziałem kiszonego przecieru buraczanego; B2 - próba ze 100-procentowym udziałem kiszonego przecieru buraczanego.

Fig. 2. Fermentographic profiles of the four-day first sourdough phase dough; B0 - control sample; B1 - sample with 50 % addition of fermented beetroot puree; B2 - sample with 100 % addition of fermented beetroot puree.

W tabeli 4 przedstawiono wyniki parametrów fermentacji ciasta właściwego (faza III) oznaczone przy użyciu fermentografu laserowego.

Porównanie wyników badań procesu fermentacji fazy ciasta właściwego potwierdziło istotne zróżnicowanie wartości dla badanych wariantów. Zarówno czas fermentacji żurków, jak i wielkość udziału kiszonego przecieru buraczanego miały istotny wpływ na czas rozrostu ciasta. Najdłuższy czas rozrostu ciasta uzyskano w badaniach wariantu A1 (28 min), a najkrótszy – dla A0 i B0 (19 min). Zaobserwowano zależność zwiększenia objętości całkowitej gazów w cieście w miarę zwiększenia udziału

Tabela 4. Wyniki analizy fermentograficznej ciast z gryczanej mieszanki wypiekowej na zakwasie z udziałem kiszzonego przecieru z korzenia buraka ćwikłowego

Table 4. Results of the fermentographic analysis of the buckwheat blend sourdough dough with fermented beetroot puree

Próba / Sample		Optimalny czas fermentacji ciasta Optimal dough fermentation time [min]	Całkowita objętość CO ₂ wydzielona w krytycznym punkcie fermentacji Total volume of CO ₂ in the dough [cm ³]	Objętość CO ₂ zatrzymana w cieście w krytycznym punkcie fermentacji Volume of CO ₂ retained in the dough [cm ³]	Objętość CO ₂ wydzielona poza ciasto w krytycznym punkcie fermentacji Volume of CO ₂ released outside the dough [cm ³]
A	0	19,00 ^a ± 1,00	60,33 ^c ± 1,53	42,00 ^a ± 2,64	18,33 ^e ± 1,53
	1	28,00 ^d ± 1,53	62,33 ^{c,d} ± 1,53	46,67 ^b ± 1,53	15,67 ^d ± 0,58
	2	24,00 ^c ± 1,53	57,00 ^b ± 1,00	51,33 ^c ± 1,53	5,67 ^b ± 1,15
B	0	19,00 ^a ± 1,00	46,00 ^a ± 1,00	42,67 ^a ± 1,53	3,33 ^a ± 1,53
	1	20,00 ^{a,b} ± 1,53	64,33 ^d ± 2,08	62,33 ^d ± 2,08	2,00 ^a ± 0,00
	2	21,00 ^b ± 0,58	72,00 ^e ± 1,00	61,67 ^d ± 1,53	10,33 ^c ± 1,53
ANOVA dwuczynnikowa wartości <i>p</i> / Two-way ANOVA <i>p</i> -values					
czynnik 1/ factor 1		< 0,001	0,207	< 0,001	< 0,001
czynnik 2/ factor 2		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
czynnik 1 x czynnik 2 factor 1 x factor 2		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Objaśnienia jak pod tab. 3 / Explanatory notes as in. Tab. 3

przecieru z kiszzonego korzenia buraka ćwikłowego w szczególności dla prób o wydłużonej do 4 dni fermentacji żurku (dla B0 – 46,00 cm³, a dla B2 – 72,00 cm³). W zanotowanym punkcie rozrostu optymalnego ciasta objętość gazów zatrzymanych w cieście była o 10 ÷ 20 cm³ większa dla prób badanych (w obu wariantach A i B) w porównaniu z próbami kontrolnymi (A0 ÷ 42,00 cm³; B0 ÷ 42,67 cm³). Świadczy to korzystnym wpływie zastosowanego udziału przecieru buraczanego na zdolności fermentacyjne zastosowanej do wypieku mieszanki mąki gryczanej, a co za tym idzie na intensyfikację fermentacji ciasta. Prawdopodobnie było to powodem natychmiastowego zwiększenia kwasowości po dodaniu kiszzonego przecieru buraczanego do kolejnych faz fermentacji ciasta, co spowodowało wytworzenie dodatkowej porcji gazów w cieście i zwiększyło ich ogólną objętość. Istotne dla objętości gazów w cieście było też wydłużenie czasu fermentacji żurku z 2 do 4 dni, gdyż ciasta wariantów B wykazały o 20 cm³ większą objętość w punkcie rozrostu optymalnego ciasta niż ciasta wariantów A (Tabela 4).

W tabeli 5 przedstawiono średnie wartości parametrów procesu wypiekowego badanego pieczywa.

Tabela 5. Główne wyróżniki procesu wypiekowego pieczywa gryczanego na zakwasie z udziałem kiszzonego przecieru buraczanego

Table 5. Main features of breadmaking process of buckwheat sourdough bread with fermented beetroot puree

Próba/ Sample		Wydajność ciasta Dough yield [%]	Upiek Oven loss [%]	Strata wypiekowa całkowita Total baking loss [%]	Wydajność pieczywa Bread yield [%]
A	0	134,80 ^b ± 0,05	10,73 ^b ± 0,63	16,94 ^b ± 0,05	111,98 ^b ± 0,05
	1	133,37 ^a ± 0,01	9,92 ^a ± 0,06	16,03 ^a ± 0,28	112,11 ^b ± 0,51
	2	133,57 ^a ± 0,01	10,06 ^a ± 0,02	16,36 ^a ± 0,35	111,56 ^b ± 0,38
B	0	137,23 ^d ± 0,05	12,31 ^d ± 0,14	19,76 ^e ± 0,16	110,31 ^a ± 0,50
	1	136,64 ^c ± 0,10	11,52 ^c ± 0,35	19,17 ^d ± 0,05	110,36 ^a ± 0,09
	2	136,87 ^c ± 0,12	12,07 ^{c,d} ± 0,34	18,66 ^c ± 0,03	111,49 ^b ± 0,31
ANOVA dwuczynnikowa wartości <i>p</i> / Two-way ANOVA <i>p</i> -values					
czynnik 1/ factor 1		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
czynnik 2/ factor 2		< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,198
czynnik 1 x czynnik 2 factor 1 x factor 2		< 0,001	0,470	0,010	< 0,001

Objaśnienia jak pod tab. 3 / Explanatory notes as in. Tab. 3

Analiza statystyczna parametrów procesu wypiekowego pieczywa gryczanego wykazała istotne zróżnicowanie wydajności ciasta pośród badanych wariantów (Tabela 5). W przypadku prób, w których fermentację żurku prowadzono 4 dni (B), wyniosła od 136,64 (B1) do 137,23 (B0) i była średnio o 3 % większa w porównaniu z wydajnością ciasta na żurku, którego fermentacja trwała 2 dni (A). W przypadku upieku i straty wypiekowej całkowitej istotny wpływ na wartości tego parametru miały wielkość udziału kiszzonego przecieru buraczanego w recepturze chleba oraz czas prowadzenia fermentacji żurku, jednak nie zanotowano istotnego wpływu interakcji tych czynników na uzyskane wartości (Tabela 5). Zanotowano większe, o około 2 ÷ 3 %, średnie wartości tych parametrów w badaniach wariantów na żurku 4-dniowym (B) w porównaniu z tymi uzyskanymi z użyciem żurku 2-dniowego (A). Na wydajność pieczywa istotny wpływ miał czas trwania fermentacji żurku oraz jego powiązanie z wielkością udziału przecieru z kiszzonego korzenia buraka ćwikłowego w badanym pieczywie. Nie odnotowano istotnego statystycznie wpływu wielkości udziału kiszzonego przecieru buraczanego w recepturze na wydajność pieczywa. W przypadku

wszystkich badanych wariantów omawiany parametr mieścił się w przedziale od 110,31 (B0) do 112,11 % (A1).

W tabeli 6 przedstawiono wyniki badań parametrów fizykochemicznych badanego pieczywa.

Tabela 6. Parametry fizykochemiczne pieczywa gryczanego na zakwasie z udziałem kiszzonego przecieru buraczanego

Table 6. Physicochemical parameters of buckwheat sourdough bread with fermented beetroot puree

Próba Sample		Masa pieczywa Bread weight [g]	Objętość pieczywa Loaf volume [cm ³]	Objętość właściwa pieczywa Specific volume [cm ³ /g]	Wilgotność miękiszu pieczywa Crumb moisture [%]	Kwasowość ogólna miękiszu pieczywa TTA of bread [stopnie kwasowości]
A	0	252,51 ^c ± 5,34	240 ^b ± 14	0,95 ^a ± 0,62	52,63 ^b ± 0,17	3,96 ^a ± 0,19
	1	247,83 ^{b,c} ± 3,22	220 ^a ± 14	0,87 ^a ± 0,62	51,71 ^b ± 1,92	4,98 ^c ± 0,09
	2	247,75 ^{b,c} ± 4,01	215 ^a ± 21	0,85 ^a ± 0,11	50,65 ^b ± 0,62	5,58 ^d ± 0,06
B	0	242,18 ^a ± 0,31	275 ^c ± 7	1,14 ^b ± 0,73	41,28 ^a ± 2,30	4,30 ^b ± 0,03
	1	243,27 ^{a,b} ± 0,13	290 ^d ± 28	1,20 ^b ± 0,07	42,67 ^a ± 0,34	5,30 ^d ± 0,01
	2	246,77 ^{a,b} ± 0,10	265 ^c ± 7	1,10 ^b ± 0,89	40,61 ^a ± 0,64	6,00 ^e ± 0,01
ANOVA dwuczynnikowa wartości <i>p</i> / Two-way ANOVA <i>p</i> -values						
czynnik 1 factor 1		0,502	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
czynnik 2 factor 2		< 0,001	< 0,001	0,100	0,118	< 0,001
czynnik 1 x czynnik 2 factor 1 x factor 2		< 0,001	< 0,001	0,121	0,329	< 0,001

Objaśnienia jak pod tab. 3 / Explanatory notes as in Tab 3

Masa pieczywa uzyskanego dla badanych wariantów recepturowych różniła się istotnie pod względem wielkości udziału kiszzonego przecieru buraczanego. Nie zanotowano wpływu czasu fermentacji użytego żurku na wyniki tego parametru (Tabela 6). W przypadku chlebów wypieczonych metodą prowadzenia ciasta z użyciem żurków 2-dniowych wystąpiło istotne zmniejszenie masy bochenków (1,85 i 1,89 %) po wprowadzeniu do receptury kiszzonego przecieru z korzenia buraka ćwikłowego w porównaniu z próbą kontrolną. W badaniach chlebów, do wytworzenia których użyto żurku po 4 dniach jego fermentacji (B) wystąpiła odwrotna zależność. Zaobserwowano zwiększenie masy bochenka chleba pod wpływem zastąpienia wody w części lub całości przecierem z kiszzonego korzenia buraka ćwikłowego. Wariant z 50-procento-

wym udziałem kiszonego przecieru (B1) wykazał masę o 0,45 %, natomiast wariant ze 100-procentowym udziałem kiszonego przecieru (B2) – masę o 1,89 % większą niż masa próby kontrolnej (B0).

W przypadku objętości pieczywa i wilgotności miększu istotny wpływ na zróżnicowanie wartości tych paramentów miał jedynie czas prowadzenia fermentacji żurku (Tabela 6). Większą objętością – średnio o 10 cm³ – cechowało się pieczywo wytworzone na żurku, który fermentował 4 dni (B). Podobne wyniki badań objętości pieczywa (od 1,5 do 1,7 cm³/g) uzyskali Mert i wsp. [11] dla chlebów na zakwasie z mieszanki mąki ryżowej i mąki z kasztanów jadalnych. Wilgotność miększu pieczywa z prowadzenia ciasta na żurku 2-dniowym była większa (Tabela 6). Wartości były średnio o 10% większe niż te dla wariantów B. Podobne wartości wilgotności miększu uzyskały Diowksz i Sadowska [7], w badaniach wpływu użycia do produkcji pieczywa gryczanego dodatku zakwasu fermentującego przez 24 godziny. W przypadku kwasowości ogólnej pieczywa badanych chlebów gryczanych (Tabela 6) zanotowano istotny wpływ zarówno czasu trwania fermentacji żurku, jak i wielkości udziału kiszonego przecieru buraczanego w recepturze badanego pieczywa. W badaniach wariantów z zastosowaniem żurku 2-dniowego (A) nie potwierdzono wpływu udziału kiszonego przecieru buraczanego na omawiany parametr. Natomiast dla wariantów recepturowych, w których faza żurku była fermentowana przez 4 dni (B), zanotowano istotny wzrost kwasowości pieczywa. Dla próby B1 był to o 1 stopień kwasowości większy wynik, a dla próby B2 o 1,7 stopnia kwasowości w porównaniu z próbą kontrolną (B0 – 4,30 stopni kwasowości).

Profil tekstury miększu badanego pieczywa gryczanego przedstawiono w tabeli 7.

Porównanie wyników badań parametru twardości miększu badanych chlebów gryczanych pozwoliło zauważyć istotne zwiększenie wartości omawianego parametru pod wpływem udziału kiszonego przecieru buraczanym w recepturze. Była ona większa w przypadku chlebów z wariantów B średnio od 24 do 27 N w porównaniu z pieczywem z wariantów A. Oba badane czynniki jakościowe miały wpływ na twardość miększu, z wyjątkiem ich wzajemnego powiązania. Sprężystości miększu badanych chlebów gryczanych nie były zróżnicowane pod wpływem zarówno czasu trwania fermentacji pierwszej fazy prowadzenia ciasta (czynnik 1), jaki i wielkości udziału kiszonego przecieru buraczanego w recepturze badanego pieczywa (czynnik 2). Zarówno w przypadku wariantów A, jak i B, zwiększenie ilości kiszonego przecieru buraczanego w składzie ciasta użytego do jego wytworzenia spowodowało zmniejszenie sprężystości miększu uzyskanego wyrobu gotowego. Na żujność miększu badanego chleba gryczanego miały wpływ czas trwania fermentacji żurku użytego do wytworzenia chleba oraz jego powiązanie z udziałem kiszonego przecieru buraczanego

Tabela 7. Profil tekstury miększu (TPA test) pieczywa gryczanego na zakwasie z udziałem kiszzonego przecieru buraczanego

Table 7. Bread Crumb Texture Profile Analyses (TPA test) of buckwheat sourdough bread with fermented beetroot puree

Próba/Sample		Twardość Hardness [N]	Sprężystość Resilience [-]	Żujność Gumminess [N]	Spoistość Cohesiveness [-]
A	0	33,86 ^a ± 2,04	1,04 ^{b,c} ± 0,28	9,31 ^{c,d} ± 0,35	0,28 ^b ± 0,07
	1	33,34 ^a ± 7,01	1,11 ^c ± 0,38	8,41 ^c ± 0,34	0,25 ^b ± 0,02
	2	46,79 ^{a,b} ± 5,28	0,70 ^{a,b} ± 0,01	9,94 ^d ± 1,18	0,30 ^b ± 0,00
B	0	59,49 ^{b,c} ± 8,85	0,85 ^{a,b,c} ± 0,07	4,46 ^a ± 0,70	0,09 ^a ± 0,01
	1	59,24 ^{b,c} ± 4,41	0,77 ^{a,b,c} ± 0,02	5,83 ^b ± 0,14	0,13 ^a ± 0,01
	2	70,59 ^c ± 12,53	0,67 ^a ± 0,03	3,75 ^a ± 1,08	0,08 ^a ± 0,01
ANOVA dwuczynnikowa wartości <i>p</i> / Two-way ANOVA <i>p</i> -values					
czynnik 1/ factor 1		< 0,001	0,068	< 0,001	< 0,001
czynnik 2/ factor 2		< 0,001	0,063	0,784	0,985
czynnik 1 x czynnik 2 factor 1 x factor 2		0,966	0,466	< 0,001	0,048

Objaśnienia jak pod tab. 3 / Explanatory notes as in Tab 3

w recepturze chleba. Większą żujność wykazał miększ pieczywa wariantów A. W przypadku wariantów B, dla których zastosowano 4-dniową fermentację pierwszej fazy prowadzenia ciasta (żurku) zanotowano odwrotną zależność. Spoistość miększu badanego pieczywa gryczanego była istotnie zróżnicowana jedynie pod względem czasu trwania fermentacji pierwszej fazy prowadzenia ciasta, tj. żurku. Większą spoistością miększu charakteryzowało się pieczywo wytworzone z ciasta na żurku, którego fermentacja trwała 2 dni (A). Podobne rezultaty twardości miększu pieczywa uzyskali Różyło i wsp. [16], natomiast wyniki tego parametru uzyskane w badaniach prowadzonych przez Diowkszą i Sadowską [7] były niższe w porównaniu z uzyskanymi w omawianych badaniach (Tabela 7). Cytowane autorki [7] uzyskały jednak wartości pozostałych parametrów tekstury miększu zbliżone do tych zanotowanych w badaniach wariantów (A), czyli z użyciem żurku 2-dniowego (Tabela 7).

W tabeli 8 przedstawiono wyniki oceny organoleptycznej badanego pieczywa gryczanego na zakwasie, wzbogaconego przecierem z kiszzonego korzenia buraka ćwikłowego.

Porównanie wyników oceny organoleptycznej potwierdziło ich istotne zróżnicowanie pod względem czasu fermentacji fazy żurku (czynnik 1) użytego do produkcji ocenianych chlebów gryczanych i wielkości udziału kiszzonego przecieru buraczanego w recepturze ocenianych chlebów (czynnik 2). Respondenci najlepiej ocenili chleby „na żurku”, który poddano 4-dniowej fermentacji (B) i z udziałem kiszzonego przecieru

buraczanego (B1, B2). Te warianty zaliczono do I klasy jakości. W najmniejszym stopniu zespołowi oceniających odpowiadały chleby „na żurku” dwudniowym (A), zwłaszcza próba kontrolna (A0) i wariant z 50-procentowym udziałem kiszonego przecieru buraczanego (A1), które zostały zaliczone do IV klasy jakości. Zanotowane różnice w ocenach respondentów najprawdopodobniej były spowodowane małą objętością i porowatością mięksizu badanego pieczywa wpływającą na oceny za wygląd zewnętrzny bochenków i wygląd mięksizu, szczególnie pieczywa na żurku dwudniowym (A).

Tabela 8. Wyniki oceny organoleptycznej badanego pieczywa gryczanego na zakwasie z udziałem kiszonego przecieru buraczanego

Table 8. Results of sensory evaluation of buckwheat sourdough bread with fermented beetroot puree

Próba Sample	Wygląd zewnętrzny Appearance	Wygląd skórki Crust	Wygląd mięksizu Crumb	Smak pieczywa Taste of bread	Zapach pieczywa Smell of bread	Ocena ogólna Total score	Klasa jakości Quality class	
A	0	0,0 ^a ±1,1	3,0 ^a ±0,2	2,0 ^a ±0,2	1,0 ^a ±0,2	5,0 ^a ±0,2	11,0 ^a ±0,8	IV
	1	0,0 ^a ±0,9	5,0 ^b ±0,4	2,0 ^a ±0,2	5,0 ^b ±0,3	5,0 ^a ±0,3	17,0 ^b ±0,5	IV
	2	0,0 ^a ±0,4	5,0 ^b ±0,6	2,0 ^a ±0,2	6,0 ^c ±0,7	6,0 ^b ±0,4	19,0 ^c ±0,6	III
B	0	4,0 ^b ±1,5	7,0 ^c ±0,2	5,0 ^b ±0,2	1,0 ^a ±0,2	5,0 ^a ±0,2	21,0 ^a ±0,9	III
	1	5,0 ^c ±1,0	9,0 ^d ±0,8	5,0 ^b ±0,5	5,0 ^b ±0,4	6,0 ^b ±0,3	30,0 ^d ±0,8	I
	2	4,0 ^b ±0,2	9,0 ^d ±0,7	5,0 ^b ±0,6	6,0 ^c ±0,6	6,0 ^b ±0,1	30,0 ^d ±0,7	I
ANOVA dwuczynnikowa wartości <i>p</i> / Two-way ANOVA <i>p</i> -values								
czynnik 1 factor 1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	–	
czynnik 2 factor 2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	–	
czynnik 1 x czynnik 2 factor 1 x factor 2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	–	

Objaśnienia jak pod tab. 3 / Explanatory notes as in Tab 3

W tabelach 9 i 10 przedstawiono wyniki analiz zawartości polifenoli ogółem oraz aktywności przeciwutleniającej odpowiednio w skórce i mięksizu badanego pieczywa.

W przypadku skórki badanego pieczywa gryczanego (Tabela 9) istotnym czynnikiem różnicującym uzyskane wyniki była wielkość udziału procentowego kiszonego przecieru buraczanego w recepturze chleba. W miarę jego zwiększania odnotowano większą zawartość polifenoli ogółem oraz aktywność przeciwutleniającą wobec rodników ABTS^{•+} i DPPH[•]. Skórka chlebów uzyskanych ze 100-procentowym udziałem

Tabela 9. Potencjał przeciwutleniający skórki pieczywa gryczanego na zakwasie z udziałem kiszzonego przecieru buraczanego

Table 9. Antioxidant potential of crust of buckwheat sourdough bread with fermented beetroot puree

Próba Sample		Masa skórki Crust weight [g]	Wilgotność skórki Crust moisture [%]	Polifenole ogółem TPC [mg GAE/100g s.m.]	Aktywność przeciwutleniająca Antioxidant activity [mmol Trolox/100 g s.m.]	
					metoda z ABTS*	metoda z DPPH*
A	0	37,88	26,32	175,54 ^{b,c} ± 6,54	2,58 ^d ± 0,05	0,20 ^a ± 0,01
	1	37,17	25,86	170,70 ^{b,c} ± 4,85	2,22 ^a ± 0,04	0,21 ^b ± 0,01
	2	37,17	25,33	180,42 ^c ± 2,62	2,53 ^d ± 0,05	0,35 ^c ± 0,01
B	0	36,33	20,64	164,75 ^a ± 1,57	2,33 ^b ± 0,05	0,23 ^c ± 0,01
	1	36,49	21,34	179,32 ^c ± 0,41	2,45 ^c ± 0,02	0,24 ^d ± 0,01
	2	37,02	20,31	187,68 ^d ± 1,82	2,57 ^d ± 0,01	0,38 ^f ± 0,01
ANOVA dwuczynnikowa wartości <i>p</i> / Two-way ANOVA <i>p</i> -values						
czynnik 1/ factor 1				0,342	0,617	< 0,001
czynnik 2/ factor 2				< 0,001	< 0,001	< 0,001
czynnik 1 x czynnik 2/ factor 1 x factor 2				< 0,001	< 0,001	< 0,001

Objaśnienia jak pod tab. 3 / Explanatory notes as in Tab 3

Tabela 10. Potencjał przeciwutleniający miększu pieczywa gryczanego na zakwasie z udziałem kiszzonego przecieru buraczanego

Table 10. Antioxidant potential of crumb of buckwheat sourdough bread with fermented beetroot puree

Próba Sample		Masa miększu Crumb weight [g]	Wilgotność miększu Crumb moisture [%]	Polifenole ogółem TPC [mg GAE/100g s.m.]	Aktywność przeciwutleniająca Antioxidant activity [mmol Trolox/100 g s.m.]	
					metoda z ABTS ⁺⁺	metoda z DPPH [*]
A	0	214,63	52,63	179,97 ^a ± 1,38	3,04 ^c ± 0,13	0,21 ^a ± 0,01
	1	210,66	51,71	187,71 ^b ± 1,82	2,37 ^a ± 0,14	0,22 ^b ± 0,01
	2	210,58	50,65	194,75 ^c ± 1,26	2,64 ^b ± 0,05	0,23 ^c ± 0,01
B	0	205,85	41,28	180,82 ^a ± 1,50	2,59 ^b ± 0,03	0,23 ^c ± 0,01
	1	206,78	42,67	187,05 ^b ± 0,89	2,40 ^a ± 0,03	0,24 ^d ± 0,01
	2	209,75	40,61	180,46 ^a ± 2,06	2,68 ^b ± 0,08	0,25 ^e ± 0,01
ANOVA dwuczynnikowa wartości <i>p</i> / Two-way ANOVA <i>p</i> -values						
czynnik 1/ factor 1				< 0,001	< 0,001	< 0,001
czynnik 2/ factor 2				< 0,001	< 0,001	< 0,001
czynnik 1 x czynnik 2/ factor 1 x factor 2				< 0,001	< 0,001	0,740

Objaśnienia jak pod tab. 3 / Explanatory notes as in Tab 3

kiszzonego przecieru buraczanego (A2, B2), zawierała więcej polifenoli ogółem i była to średnio o 5 % większa zawartość od odpowiednich prób kontrolnych. Wymienione warianty chleba wykazywały także większą aktywność przeciwutleniającą w porównaniu z próbami kontrolnymi.

Zaobserwowano istotne różnice pomiędzy badanymi parametrami miększu, na które wpływ miały czas trwania fermentacji żurku oraz wielkość udziału kiszzonego przecieru buraczanego w recepturze badanego chleba (Tabela 10). Miększ chlebów badanych wariantów A i B wykazał większą zawartość polifenoli ogółem oraz aktywność przeciwutleniającą w porównaniu z próbami kontrolnymi (A0 i B0). W badaniach wariantów A, miększ chleba ze 100-procentowym udziałem kiszzonego przecieru buraczanego (A2) miał o 10 % większą zawartość związków polifenolowych niż próba kontrolna (A0). W przypadku wariantu B zawartość polifenoli ogółem w miększu chlebów kształtowała się w granicach od 180,46 do 187,05 mg kwasu galusowego na 100 g s.m. Spośród badanych chlebów w obrębie wariantu B większą o 3 % zawartością polifenoli charakteryzował się miększ chleba z 50-procentowym udziałem kiszzonego przecieru buraczanego (B1) w porównaniu z chlebem ze 100-procentowym udziałem tego dodatku (B2). Aktywność przeciwutleniająca miększu wszystkich badanych wariantów chleba gryczanego była istotnie zróżnicowana pod wpływem czasu trwania fermentacji żurku oraz wielkości udziału kiszzonego przecieru buraczanego. Zaobserwowano, że w miarę zwiększenia udziału kiszzonego przecieru buraczanego w recepturze parametr ten ulegał zwiększeniu średnio o 0,10 mmol Trolox/100 g s.m. (ABTS⁺) i 0,01 mmol Trolox/100 g s.m. (DPPH⁺).

Uzyskane wyniki zawartości polifenoli ogółem i aktywności przeciwutleniającej, zarówno w przypadku miększu jak i skórki pieczywa, potwierdzają zasadność użycia kiszzonego przecieru buraczanego w celu podwyższenia wartości przeciwutleniającej badanego pieczywa gryczanego, które jest bogatym źródłem związków biologicznie czynnych [12].

Wnioski

1. Wydłużenie czasu fermentacji żurku (I fazy fermentacji ciasta) z dwóch do czterech dni wpłynęło korzystnie na parametry fermentacji ciasta i objętość badanego pieczywa.
2. Udział w recepturze przecieru z kiszzonego korzenia buraka ćwikłowego poprawił ogólną jakość, wygląd skórki, smak i zapach oraz zwiększył wartość przeciwutleniającą badanego pieczywa gryczanego.
3. Udział w recepturze kiszzonego przecieru buraczanego połączony z wydłużeniem fermentacji żurku do czterech dni poprawił jakość sensoryczną badanego pieczywa w zakresie wyglądu ogólnego oraz wyglądu skórki i miększu.

4. Wydłużenie czasu fermentacji żurku do czterech dni oraz zastąpienie wody, standardowo stosowanej w recepturze – kiszonym przecierem z korzenia buraka ćwikłowego pozwoliło na uzyskanie pieczywa o najkorzystniejszej wartości przeciwtleniającej.

Literatura

- [1] AACC. Approved Method of the American Association of Cereal Chemists (10th ed.). Method 10-05. The Association, St Paul, Minnesota, 2000.
- [2] Arendt E., Katina K., Liukkonen K.H., Autio K., Flander L., Poutanen K., Ulmer H.M.: Wpływ zakwasu na właściwości odżywcze pieczywa W: Brandt M.J., Ganzle M. (red.): Zakwas. Technologia w piekarni. PWN, Warszawa 2015, ss. 69-81.
- [3] Axel, C., Röcker, B., Brosnan, B., Zannini, E., Furey, A., Coffey, A., Arendt, E. K.: Application of *Lactobacillus amylovorus* DSM 19280 in gluten-free sourdough bread to improve the microbial shelf life. *Food Microbiol.* 2015, 47, 36-44.
- [4] Brandt M.J.: Wpływ zakwasu na jakość pieczywa W: Brandt M.J., Ganzle M. (red.): Zakwas. Technologia w piekarni. PWN, Warszawa 2015, ss. 37-48.
- [5] Cappa, C., Lucisano, M., Raineri, A., Fongaro, L., Foschino, R., Mariotti, M.: Gluten-free bread: Influence of sourdough and compressed yeast on proofing and baking properties. *Foods*, 2016, 5(4), 69.
- [6] Carbó, R., Gordún, E., Fernández, A., Ginovart, M.: Elaboration of a spontaneous gluten-free sourdough with a mixture of amaranth, buckwheat, and quinoa flours analyzing microbial load, acidity, and pH. *Food Sci. Technol. Int.* 2020, 26(4), 344-352.
- [7] Diowksa A., Sadowska A.: Impact of sourdough and transglutaminase on gluten-free buckwheat bread quality. *Food Biosci.* 2021, 43, 101309.
- [8] Dittfeld A., Gwizdek K., Parol D., Michalski M.: Dieta bezglutenowa - charakterystyka grup docelowych. *Postepy Hig. Med. Dosw.* 2018, 72, 227-239.
- [9] Jakubczyk T., Haber T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych: praca zbiorowa, wyd. SGGW w Warszawie, Warszawa 1983, ss. 291-320.
- [10] Mariotti, M., Cappa, C., Picozzi, C., Tedesco, B., Fongaro, L., Lucisano, M.: Compressed yeast and type I gluten-free sourdough in gluten-free breadmaking. *Food Bioproc. Technol.* 2017, 10(5), 962-972.
- [11] Mert I. D., Campanella O. H., Sumnu G., Sahin S.: Gluten-free sourdough bread prepared with chestnut and rice flour. 9th Baltic Conference on Food Science and Technology "Food for Consumer Well-Being", 8-9.05.2014, 239, ss. 239-242.
- [12] Piasecka-Józwiak, K., Słowik, E., Rozmierska, J., Chabłowska, B.: Development of organic buckwheat gluten-free bread, characterized by a high level of bioactive compounds. *J. Res. Applic. Agri. Engin.* 2016, 61(4), 110-116.
- [13] PN-A-74108:1996P. Pieczywo. Metody badań. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- [14] Pruska-Kędzior, A., Kędzior, Z., Gorący, M., Pietrowska, K., Przybylska, A., Szychalska, K.: Comparison of rheological, fermentative and baking properties of gluten-free dough formulations. *Eur. Food Res. Technol.* 2008, 227(5), 1523-1536.
- [15] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med.* 1999, 26, 1231-1237.

- [16] Różyło R., Rudy S., Krzykowski A., Dziki D., Gawlik-Dziki U., Różyło K., Skonecki S.: Effect of adding fresh and freeze-dried buckwheat sourdough on gluten-free bread quality, *Int. J. Food Sci. Technol.* 2015, 50, 313-322.
- [17] Wolska P., Ceglińska A., Dubicka A.: Produkcja pieczywa na żurkach ze zbóż bezglutenowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 5 (72), 104-111.
- [18] Xianggun G., Ohlander M., Jeppson N., Bjork L.: Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrient in fruits of sea buckthorn during maturation, *J. Agri. Food Chem.* 2000, 48, 1485-1490.
- [19] Yen Gow-Chin, Chen Hui-Yin: Antioxidant activity of various tea extracts in relations to their antimutagenicity. *J. Agri. Food Chem.* 1995, 43, 1, 27-32.

**THE USE OF FERMENTED BEETROOT (*BETA VULGARIS* L.) PUREE FOR
THE PRODUCTION OF BUCKWHEAT BREAD WITH INCREASED
ANTIOXIDANT POTENTIAL**

S u m m a r y

Background. Gluten-free bread is nowadays a very important type of grain products. The growing knowledge of raw materials for its production allows also to improve technological quality and ensures this bread has characteristics of health-promoting food. The aim of the work was to develop a production technology and assess the quality of gluten-free (buckwheat) sourdough bread having the following variants: with half or all of the added water being replaced with fermented beetroot (*Beta vulgaris* L.) puree. The research included the determination of the total acidity of the first sourdough phase, the measurements of the dough fermentation process by means of a fermentograph and the physicochemical evaluation of the produced loaves of bread. Antioxidant properties of the finished products were also determined, broken down into bread crumb and crust.

Results and conclusion. The analyzes conducted clearly indicated that replacing water with fermented beetroot puree had a positive effect on the fermentation of buckwheat dough, its overall quality and was characterized by higher antioxidant activity compared to the control sample. It was also proven that extending the fermentation of the liquid sourdough to four days had a positive effect on the quality of the final product.

Key words: buckwheat flour, fermented beetroot puree, buckwheat sourdough bread, functional food, antioxidant potential ☒