

**INSTYTUT BIOTECHNOLOGII  
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO  
im. prof. Wacława Dąbrowskiego**

**Sprawozdanie merytoryczne z zadania:**

*„Praktyczne aspekty produkcji pieczywa, produktów zbożowych i cukierniczych oraz metody wydłużania trwałości, świeżości i parametrów przechowalniczych tych wyrobów”*



Warszawa 14.11.2014

Warszawa, dnia 14.11.2014

.....  
pieczęć wnioskodawcy i adres

Minister Rolnictwa  
i Rozwoju Wsi  
ul. Wspólna 30  
00-930 Warszawa

**SPRAWOZDANIE**  
**z zadania w zakresie rolnictwa ekologicznego w 2014r.**

***„Praktyczne aspekty produkcji pieczywa, produktów zbożowych i cukierniczych oraz metody wydłużania trwałości, świeżości i parametrów przechowalniczych tych wyrobów”***

Wykonanego na podstawie dotacji przedmiotowej udzielonej zgodnie z § 10 ust 1 pkt 1. rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 maja 2010 r. w sprawie stawek dotacji przedmiotowych dla różnych podmiotów wykonujących zadania na rzecz rolnictwa (Dz. U. Nr 91, poz. 595, z późn. zm.), decyzja Ministra Rolnictwa i Rozwoju Nr HORE-029-2-2/14 (60) z dnia 5 czerwca 2014.

**Jednostka badawczo-rozwojowa**

**Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego  
Zakład Technologii Fermentacji**

**ul. Rakowiecka 36**

02-532 Warszawa

tel.: 848 02 24, 849 50 39, 606 36 00

fax: 849 04 26 (28), e-mail: [ibprs@ibprs.pl](mailto:ibprs@ibprs.pl)

**nr konta** 58 2030 0045 1110 0000 0029 2680

w banku BGŻ SA Filia I O/Warszawa

**status prawny działania jednostki:**

JBR-KRS nr 0000126823

.....  
główny księgowy

.....  
pieczęć i podpis wnioskodawcy

Otrzymują:

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Departament Promocji i Komunikacji, Wydział Rolnictwa Ekologicznego

**Kierownik /koordynator:**  
**dr inż. Katarzyna Piasecka-Józwiak**  
**IBRPS - Zakład Technologii Fermentacji**  
**tel.: 606 36 49, 849 04 25**  
**e-mail: [piasecka@ibprs.pl](mailto:piasecka@ibprs.pl)**

**Spis autorów:**

**mgr inż. Joanna Rozmierska**  
**mgr inż. Elżbieta Słowik**  
**mgr Beata Chabłowska**  
**mgr Emilia Szkudzińska-Rzeszowiak**  
**mgr inż. Monika Kliszc**  
**mgr inż. Elżbieta Bartosiak**  
**dr wet. Ilona Stefańska**

## **II. Miejsce realizacji zadania badawczego**

Piekarnie produkujące pieczywo ekologiczne:

**Eko Piekarnia „Słodka”, 87-100 Toruń**

**Piekarnia VINI, 42-582 Rogoźnik, ul. Kościuszki 107**

**Zakład Technologii Fermentacji, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Waclawa Dąbrowskiego IBPRS.**

## **Główne zadania wykonane w roku 2014**

Zakres badań w 2014 roku badań obejmował zadania:

**1. Ocena jakości surowca tj. ekologicznych mąk z starych odmian pszenicy (płaskurka, samopsza, orkisz) dostępnych na rynku w Polsce.**

- badania mikrobiologiczne obejmujące charakterystykę mikroflory mąki,

- badania fizykochemiczne, w tym:

- badania kompleksu białkowego (zawartość białka, ilość i jakość glutenu, wskaźnik sedymentacyjny Zeleny’ego)
- badania kompleksu skrobiowo-amylolicznego (liczba opadania, badania amylograficzne)
- oznaczanie wodochłonności mąki i właściwości reologicznych ciast za pomocą farinografu i alweografu

- oznaczanie w próbkach mąki liczby bakterii patogennych i niepożądanych w procesie produkcyjnym tj. bakterii z grupy coli, *Salmonella spp.*, bakterii z rodzaju *Bacillus* oraz liczby pleśni.

2. Charakterystyka bioróżnorodności bakterii fermentacji mlekowej w surowcu poddanym fermentacji mlekowej.
3. Opracowanie kultury starterowej do pieczywa z pierwotnych odmian pszenicy,
4. Ocena przydatności kultur do kształtowania cech sensorycznych zakwasów i pieczywa na podstawie ich zdolności do syntezy związków wpływających na aromat pieczywa.
5. Ocena właściwości reologicznych ciast ukwaszonych otrzymanych z mąk z odmian pierwotnych pszenicy, z udziałem opracowanego startera fermentacji
6. Opracowanie receptur i technologii produkcji wyrobów piekarskich z udziałem mąk ze starych odmian pszenicy
7. Wykonanie wypieków w skali technicznej w wybranych piekarniach.
8. Ocena sensoryczna wypieków metodą profilowania sensorycznego przez wyszkolony zespół degustatorów z zastosowaniem programu AnalSense 7,0.
9. Ocena jakości i wartości odżywczej otrzymanego pieczywa (oznaczenie zawartości wybranych składników bioaktywnych (polifenole ogółem, mikroelementy),
10. Określenie trwałości pieczywa, w tym czasu do pojawienia się oznak zepsucia mikrobiologicznego.
11. Opracowanie sprawozdania z wyników badań, opracowanie instrukcji technologicznej dla piekarni.

## **SPRAWOZDANIE**

### **1. WSTĘP**

Produkcja ziarna zbóż w systemie ekologicznym, w którym nie stosuje się sztucznych nawozów mineralnych i ochrony chemicznej utrudnia uzyskiwanie wysokich plonów z odmian pszenicy zwyczajnej, które przystosowane są do uprawy konwencjonalnej i w systemie ekologicznym plonują nisko, a wartość pokarmowa/odżywcza ziarna nie ulega znaczącej poprawie (Suchowolska 2010). Jest to jedna z przyczyn dla których w ostatnich latach rośnie zainteresowanie rolników i specjalistów w zakresie żywienia starymi odmianami pszenicy. Kolejną przesłanką do sięgnięcia po stare odmiany zbóż, w tym pierwsze formy uprawne pszenicy, jest wzrastające zainteresowanie i świadomość konsumentów odnośnie do cennych pod względem odżywczym składników żywności (Dąbkowska 2012).

Prawdopodobnie już w epoce paleolitu (17000 lat p.n.e.) ludzie zbierali ziarno dzikich pszenic. Udomowienie tego gatunku rozpoczęło się w neolicie (ok. 10000 lat p.n.e.) (Abbo i

wsp.2013). Do pszenic pierwotnych należą diploidalna samopsza (*Triticum monococcum* L. ssp. *Monococcum*, ang eincorn)) i tetraploidalna płaskurka (*T. turgidum* ssp. *dicoccum*).

W grupie najstarszych odmian znajdują się linie ozimej heksaploidalnej pszenicy orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*). Uprawa tych odmian może być szansą rozwoju lokalnych producentów żywności, a także przyczynia się do podtrzymania bioróżnorodności środowiska rolniczego i pozyskania ziarna konsumpcyjnego o potencjalnie większej zawartości składników biologicznie czynnych, korzystnych w żywieniu człowieka, niż wynosi ich zawartość w ziarnie pszenicy zwyczajnej (Tyburski, Babalski 2006)

Pszenica orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*), z uwagi na swoje specyficzne właściwości żywieniowe, staje się coraz bardziej popularna w krajach wysokorozwiniętych. Rozpowszechnienie tej pszenicy jest niewielkie, ze względu na trudności związane z produkcją i przerobem ziarna [Waga i in. 2002]. Mimo mniejszej plenności odznacza się lepszą wartością pokarmową ziarna i przetworów oraz jest bardziej odporna na chorobotwórcze patogeny grzybowe podobnie jak płaskurka (Wiwart 2004, Majewska, Dąbkowska 2012).

Atrakcyjność samopszy jako surowca związana jest z wysoką zawartością białka, karotenoidów i tokoli, lutein w ziarnach tego zboża (Abdel Aal i wsp.2002, Hidalgo i wsp.2009). Ceniona jest również za wyższą w stosunku do pszenic poliploidalnych zawartość lipidów w tym nienasyconych kwasów tłuszczowych, i pierwiastków śladowych (Zn, Fe). Mąka z całego ziarna samoprzy jest uboga w błonnik, o jej właściwościach odżywczych decyduje zawartość związków o charakterze antyoksydacyjnym (przeciwutleniającym) (karotenoidów, tokoli, sprzężonych polifenoli, fitosteroli) i niska aktywność beta-amylazy i lipooksygenazy, która limituje/ogranicza rozkład/degradację przeciwutleniaczy podczas produkcji żywności (Hidalgo i wsp. 2008, Hidalgo, Brandolini 2013). Wykazano, że takie właściwości jak zawartość tokoferolu i tłuszczu uwarunkowane są genetycznie natomiast na zawartość protein, tokotrienoli, luteiny wpływa również sezon (pogoda) i lokalizacja upraw (Hidalgo i wsp. 2009).

Zawartość związków fenolowych w pszenicach prymitywnych może się więc różnić, w przypadku odmian pochodzących z rejonu Morza Śródziemnego, zawierając się pomiędzy 819 mg/kg do 1465 mg/kg (Giambanelli i wsp.2013). Badając aktywność przeciwutleniającą samopszy, orkiszu pszenicy zwykłej i durum Lachman i współpracownicy (2012) doszli do wniosku, że w przypadku zbóż w dużym stopniu jest ona skorelowana tych z zawartością związków polifenolowych i znacząco wyższa (nawet 1,84 razy w przypadku samopszy i 1,43 razy w przypadku orkiszu) od aktywności przeciwutleniającej pszenicy chlebowej. Potwierdzono także wyższą zawartość tokoli i karotenoidów w samopszy niż w pszenicy.

Badając zawartość poszczególnych składników odżywczych i fito związków stwierdzono (Hidalgo i wsp.2009, Giambanelli i wsp.2013), że niezależnie od zmian środowiskowych wszystkie odmiany/rody samopszy i płaskurki charakteryzują się, wyższą w stosunku do tradycyjnych, chlebowych odmian pszenicy zawartością białka (średnio o 59%), tłuszczów (o 50%), tokotrienoli (o 88%), tokoli ogółem (o 46%), luteiny (o 483%), a także mononienasyconych kwasów tłuszczowych MUFA (o 53%), przy niższej zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych SFA (o 21%) i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych PUFA (o 8%) (Hidalgo i wsp. 2009). Porównując zawartość karotenoidów w mące z samopszy i mące chlebowej tradycyjnej stwierdzono, że nie tylko początkowa zawartość karotenoidów w

samopszy (8,1 do 9,8 mg/kg) była 8 razy większa niż mące pszennej ale także wolniej ulegała degradacji podczas przechowywania (Hidalgo, Brandolini 2008, 2013).

Warto także wspomnieć, że istnieją doniesienia odnoszące się do mniejszej toksyczności/lepszej tolerancji produktów z orkiszu, samopszy i płaskurki przez osoby uczulone na białka glutenowe/białka zbóż (Nakamura i wsp. 2005). Brak toksyczności gliadyn z *Triticum monococcum* (samopszy) wykazano w badaniach *in vitro* z użyciem kultur nabłonka jelit pacjentów chorych na celiakię (Pizzuti i wsp. 2006). Według aktualnych zaleceń WHO/FAO zboża starożytne –podobnie jak inne gatunki *Triticum* zalicza się do zbóż nie wskazanych w diecie bezglutenowej.

Mąka z samopszy (*Triticum monococcum L.*) ma niską wartość wypiekową, co oznacza, że konieczne jest dostosowanie procesu prowadzenia ciasta i wypieku pieczywa do specyfiki tego surowca. Jednym z czynników determinujących właściwości technologiczne mąki z samopszy jest skład frakcyjny zespołu białek glutenowych i determinowane przez ten czynnik właściwości fizykochemiczne - lepkość matrycy glutenowej (Jankowska i wsp. 2011). Układ białek glutenowych mąki z pszenicy samopszy wykazuje mniejszą zdolność pęcznienia niż układ białek glutenowych z pszenicy zwyczajnej. Według tych autorów gluten z samopszy charakteryzuje także większa rozpuszczalność i mniejsza wydajność niż gluten pszenicy zwyczajnej. Gluten z samopszy wykazuje mniej cech sprężystych niż gluten z pszenicy zwyczajnej, charakteryzuje się większym udziałem cech lepkich.

Oprócz wyższej zawartości bio-składników i wartości odżywczej, organoleptyczne właściwości pieczywa z surowców ekologicznych, otrzymywanego bez udziału piekarskich dodatków technologicznych, są podstawowym walorem tego pieczywa. Stosowanie niestandardowych surowców stwarzających problemy technologiczne przy produkcji pieczywa powoduje, że jakość pieczywa ekologicznego wyrażona głównie takimi parametrami jak objętość, cechy miększu, w tym porowatość, jest niższa niż pieczywa z piekarni nie ekologicznych. Na gorszą jakość pieczywa ekologicznego w tym orkiszowego wskazują badania Borkowskiej (2011). Biorąc pod uwagę doświadczenia własne i innych autorów dotyczące możliwości poprawy jakości pieczywa ekologicznego poprzez zastosowanie w procesie produkcji chleba zakwasów, prowadzonych z udziałem autochtonicznych szczepów bakterii fermentacji mlekowej, wydaje się celowym podjęcie próby poprawy jakości pieczywa z mąki z starych odmian pszenic tą metodą. W pracy określony zostanie sposób wytwarzania dobrej jakości pieczywa ekologicznego z pszenicy odmian prymitywnych przy udziale bakterii fermentacji mlekowej.

## 2. Cel badań

Celem badań w 2014 roku było opracowanie technologii pieczywa z pierwotnej odmiany pszenicy – samopszy, charakteryzującej się podwyższoną w stosunku do pieczywa pszennego zawartością składników bioaktywnych i korzystnymi cechami smakowo-zapachowymi, co powinno się przyczynić do zwiększenia zainteresowania zarówno producentów jak i konsumentów tymi odmianami zbóż. Wykonano próby urozmaicenia asortymentu pieczywa z samopszy- otrzymano bułki i pieczywo tostowe oraz zastosowano dodatki siemienia lnianego i czarnuszki.

### **3. Materiały i metody**

#### **3.1. Mikroorganizmy**

W badaniach stosowano szczepy bakterii fermentacji mlekowej wyizolowane z mąki i z zakwasów sporządzonych z samopszy. Wykaz izolatów bakterii przedstawiono w części sprawozdania dotyczącej wyników (tabela 3).

#### **Mąka**

Surowcem podstawowym była ekologiczna mąka z samopszy wyprodukowana przez Wytwórnę makaronu "BIO" Aleksandra i Mieczysław Babalscy z Pokrzydowa – producenta ekologicznych mąk, kasz i makaronów.

#### **3.2. Metody**

Charakterystykę mąki z samopszy i pszennej użytej do przygotowania ciast przeprowadzono według metod PN, przy użyciu odpowiednich podłoży mikrobiologicznych do namnażania, selekcji oraz identyfikacji drobnoustrojów. Poniżej opisano metody i materiały:

Badania fizykochemiczne (zawartość białka, popiołu) wykonano według metod znormalizowanych, w tym białko metodą Kjeldahla PN-EN ISO 20483:2007, zawartość popiołu całkowitego wg PN-EN ISO 2171:2010), zawartość tłuszczu metodą Soxleta wg PN-A-74108:1996 Pieczywo. Metody badań

- Badanie farinograficzne mąki przeprowadzano zgodnie z PN-ISO 5530-1. Oznaczano wodochłonność mąki i następujące parametry reologiczne ciasta: czas rozwoju, stałość ciasta, rozmiękczenie ciasta, liczba jakości. Ciasto wytwarzano z 50 g mąki i wody w mieszarce farinografu, w temperaturze 30°C. Opór stawiany mieszadłom przez ciasto był rejestrowany w postaci wykresu, komputerowo. Najpierw ustalono wodochłonność mąki tj. objętość wody potrzebną do wytworzenia ciasta o maksimum konsystencji na poziomie 500 FU (wyrażana w ml/ 100 g mąki o wilgotności 14%) a następnie sporządzono wykres tzw. „krzywej normalnej”, z którego odczytywano parametry reologiczne.
- Wskaźnik sedymentacyjny Zeleny’ego określano wg PN-EN ISO 5529:2010 poprzez pomiar objętości osadu powstałego z zawiesiny badanej mąki w roztworze mieszaniny kwasu mlekowego i izopropanolu w obecności błękitu bromofenolowego.
- Wilgotność próbek oznaczono metodą wagową (suszenie 180 minut w temp. 105-107°C).
- Liczbę opadania - parametr określający aktywność  $\alpha$ -amylazy zbóż, oznaczano wg PN-EN ISO 3093:2010 poprzez pomiar czasu opadania mieszadła umieszczonego w próbówce z zawiesiną mąki, z której w wyniku ogrzewania powstaje kleik, ulegający następnie upłynnieniu pod wpływem enzymów zawartych w mące.
- Ocena mikrobiologiczna mąki i zakwasów piekarskich wykonana została według: PN-EN ISO 4833:2004+Ap1:2005 Mikrobiologia żywności i pasz. Ogólne zasady oznaczania liczby drobnoustrojów. Metoda płytkowa w 30°C.

Agar PCA (Merck) z ekstraktem drożdżowym, glukozą i peptonem kazeinowym – do oznaczania ogólnej liczby bakterii mezofilnych i przetrwalnikujących [PN-EN ISO 4833:2004];

PN-ISO 21528-2:2005 Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda wykrywania i oznaczania liczby *Enterobacteriaceae*. Cz. 2 Metoda płytkowa.

PN-ISO 21527-2:2009 Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby drożdży i pleśni. Część 2: Metoda liczenia kolonii w produktach o aktywności wody niższej lub równej 0,95.

PN-ISO 15214:2002; Oznaczanie liczby bakterii kwaszących przy użyciu agaru Smith-Lorenza z purpurą bromokrezolową.

PN-EN ISO 7932:2005; Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby bakterii przypuszczalnych *Bacillus cereus*. Metoda liczenia kolonii w temperaturze 30°C.

PN-EN ISO 6887-1:2000; Oznaczanie liczby bakterii proteolitycznych.

Ponadto przeprowadzono ocenę fizykochemiczną i sensoryczną zakwasów z samopszy w trakcie kolejnych faz ukwaszania.

- **Ocena zdolności przeciwdrobnoustrojowej (zdolności fungicydalne tj. do hamowania wzrostu pleśni)** wykonana została metodą studzienkową poprzez badanie stref zahamowania wzrostu, a także poprzez badanie zawartości pleśni w zakwasach.

Do badań zastosowano zmodyfikowaną w ZF metodę opisaną przez Magnusson i wsp. [2003], polegającą na pomiarze wielkości stref zahamowania wzrostu szczepów pleśni w podłożu YGC zaszczerpionym zarodnikami pleśni, przez bakterie rosnące w podłożu MRS o konsystencji miękkiego agaru, uprzednio zaszczerpione szczepem wskaźnikowym bakterii w ilości  $10^6$  komórek/ml wypełniającym studzienki. Stosowano następujące gatunki pleśni *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Penicillium sp.* pochodzące z kolekcji IBPRS.

- **Z udziałem wyselekcjonowanych szczepów przygotowano zakwasy piekarskie, które poddano ocenie zgodnie z metodami znormalizowanymi, a następnie opracowano skład kultur starterowych**

Kryterium wyboru LAB do kultur starterowych była ich indywidualna zdolność do kształtowania właściwych cech fizykochemicznych i sensorycznych zakwasów (ilość syntetyzowanych kwasów organicznych i związków wpływających na aromat pieczywa, ocena zakwasu uzyskanego z zastosowaniem szczepu w monokulturze). Aktywność, antymikrobiologiczna skierowana przeciw pleśniom nie była kryterium różnicującym szczepy LAB.

- **Ocena przydatności wybranej kultury starterowej** do otrzymywania wyrobów z samopszy została przeprowadzona podczas próbnego wypieku z jej zastosowaniem.

Próby wypieku pieczywa z mąki z samopszy i mąki z pszenicy zwyczajnej użytych w różnych proporcjach oraz innych składników, do którego zastosowano skomponowaną kulturę starterową wykonano w skali mikrotechnicznej i w piekarniach ekologicznych.

Do wyrobu ciast stosowano zakwasy piekarskie o wydajności 200%, które otrzymano z zastosowaniem wybranej w poprzednim etapie badań mieszanej kultury starterowej dodawanej w ilości 0,5% w stosunku do mąki. Fermentację zakwasów prowadzono przez 24 h



w komorze fermentacyjnej. Po zakończeniu fermentacji zakwasów przeprowadzono ich analizę mikrobiologiczną, fizykochemiczną i sensoryczną. W zakwasach oznaczano także zawartość produktów fermentacji.

- **Analiza produktów metabolizmu mikroorganizmów** (jako ubocznych produktów fermentacji) została przeprowadzona metodą chromatografii gazowej (HS-GC) wg procedury IBPRS. Stężenie zsyntetyzowanego przez bakterie, kwasu octowego oznaczono w zakwasach przygotowanych z udziałem monokultur wyizolowanych szczepów metodą chromatografii gazowej z detekcją płomieniowo-jonizacyjną (FID), a także przy pomocy testów enzymatycznych Megazyme.

- **Oznaczenie zawartości kwasu mlekowego** w zakwasach przeprowadzono metodą spektrometryczną przy użyciu testów enzymatycznych Megazyme.

W ramach oceny ogólnej i fizykochemicznej zakwasów i ciast według normy PN-A-74100:1992 wykonano: oznaczenie pH i kwasowości ogólnej metodą miareczkową i ocenę sensoryczną (wygląd zewnętrzny, barwa, struktura, konsystencja i zapach) [23].

Ciasta do wypieków przygotowano z użyciem miesiarki spiralnej Diosna SP 12. Ciasta poddawano fermentacji w komorze fermentacyjnej, przez 30 minut (temperatura 30 °C, wilgotność 80%). Następnie dzielono je na kęsy, umieszczano w foremkach i fermentowano przez kolejne kilkadziesiąt minut (temperatura 35 °C, wilgotność 80%), aż do uzyskania optymalnego rozrostu. Wypiek chleba prowadzono w piecu Piccolo firmy Winkler Wachtel w temperaturze 230 °C, w atmosferze pary. Uzyskane pieczywo było ważone bezpośrednio po wyjęciu z komory wypiekowej oraz po 24 godzinach od wypieku w celu określenia straty piecowej a także wydajności pieczywa.

- **Jakość chleba** oceniano wg PN-A-74108: 1996.

Wykonano analizę fizykochemiczną pieczywa, w ramach której oznaczano: objętość bochenka ( $V_{100}$ ) – za pomocą aparatu Sa-Wy, wilgotność i kwasowość ogólną męki. W odniesieniu do wstępnych prób w skali mikrotechnicznej przeprowadzono ocenę organoleptyczną po 24 godzinach od wypieku. W ocenie brano pod uwagę wygląd zewnętrzny pieczywa (kształt, stopień wyrośnięcia), cechy skórki (pęcherze pęknięcia, barwa, grubość), cechy męki (elastyczność porowatość, spójność, kruchość) oraz smak i zapach. Jakość sensoryczną pieczywa na zakwasie z samopszy, oceniono także stosując metodę profilowania sensorycznego, przyjmując 10-cio punktową skalę dla poszczególnych wyróżników. Ustalenie wyróżników oceny pieczywa, ocenę sensoryczną wraz z wyborem deskryptorów do oceny sensorycznej przeprowadził panel sześciu osób, zgodnie z PN-ISO 6564: 1999. W badaniach zastosowano program **AnalSenses**.

- Przeprowadzono analizę składu pieczywa, oraz błonnika pokarmowego (z zastosowaniem metody enzymatycznej) oraz wybranych mikroelementów metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (AAS) po mineralizacji mikrofalowej.

- Trwałość pieczywa podczas przechowywania oceniono poprzez monitorowanie pleśnienia i ocenę organoleptyczną, wykonano także badanie twardości przy pomocy aparatu Instron. Jednak ponieważ niekiedy próby pieczywa nie mogły być poddane analizie bezpośrednio po wypieczeniu nie badano twardości w późniejszych dobach przechowywania.

- Oznaczenie właściwości antyoksydacyjnych i zawartości związków fenolowych. Przygotowanie próbek do oznaczeń polegało na wykonaniu ekstrakcji z użyciem mieszaniny acetonu i wody w proporcji 7:3 (v:v) oraz powtórnie mieszaniny metanolu i wody w proporcji 7:3 (v:v). Zawartość związków fenolowych oznaczono spektrofotometrycznie z odczynnikiem Folina-Ciocalteu i wyrażono w ekwiwalentach kwasu galusowego (GAE) (Kahkonen i wsp. 1999, Singleton i wsp. 1965). Całkowitą aktywność przeciwutleniającą wyznaczono spektrofotometrycznie z kationorodnikiem ABTS<sup>•+</sup> (2,2'-azynobis-(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonian) (Re i wsp. 1999) a zdolność wymiatania wolnych rodników z odczynnikiem DPPH (1,1-difenylo-2-pikrylohydrazyl) (Molyneux, 2004; 26(2): 211-219., Brand-Wiliams i wsp., 1995) i wyrażono w ekwiwalentach troloksu (TE). Zawartość alfa-tokoferolu (PN-EN 12822:2002). Wyniki analiz z przynajmniej dwóch niezależnych doświadczeń podano jako średnie arytmetyczne wraz z odchyleniem standardowym.

## 5. Wyniki badań

5.1. **Ocena jakości surowca ekologicznego**, to jest mąki ze starej odmiany pszenicy – samopszy, dostępnej na rynku w Polsce.

Po przystąpieniu do badań stwierdzono, że w Polsce jest dostępna jedynie mąka z samopszy pochodząca z upraw w województwie Kujawsko-Pomorskim produkowana przez firmę Wytwórnia Makaronu "BIO" Aleksandra i Mieczysław Babalscy z Pokrzydowa. Mąki z samopszy pochodzące z Niemiec i Włoch są oferowane niekiedy w sprzedaży internetowej. W związku z tym przebadano trzy partie mąki polskiej z 2014 roku oznaczone w tabelach jako samopsza VI, samopsza IX i samopsza X oraz mąkę włoską ciemną.

Wartość wypiekową mąki oceniono na podstawie wyników badań pośrednich: analizy składu chemicznego i cech fizycznych mąki, właściwości reologicznych ciasta a także bezpośredniej oceny poprzez przeprowadzanie testów wypiekowych.

## Badania fizykochemiczne mąki ekologicznej z samopszy

Charakterystykę fizykochemiczną mąk ekologicznych przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Parametry fizyczno-chemiczne mąk z samopszy w porównaniu do mąki pszennej

| Wyróżniki jakości                            | Rodzaj mąki     |             |             |            |                         |
|--|-----------------|-------------|-------------|------------|-------------------------|
|  | pszenna typ 550 | samopsza VI | samopsza IX | samopsza X | samopsza włoska, ciemna |
| Wilgotność, %                                | 13,3            | 12,4        | 12,8        | 12,0       | 11,8                    |
| Popiół, % sm                                 | 0,51            | 0,99        | 0,79        | 1,97       | 1,89                    |
| Białko ogółem, % sm                          | 14,4            | 14,6        | 12,34       | 13,7       | 13,5                    |
| Ilość glutenu mokrego, (wymiwanie ręczne), % | 32              | 10,8        | 18,0        | 9,6        | 15,6                    |
| Rozpływalność glutenu, mm                    | 3,0             | 12,0        | 9,0         | 11,0       | 10,0                    |
| Wsk. sedimentacyjny Zeleny'ego               | 52              | <10         | 10          | <10        | 14                      |
| Liczba opadania, s                           | 420             | 319         | 351         | 340        | 386                     |
| Zawartość tłuszczu, % sm                     | -               | 1,56        | 1,47        | -          | 2,30                    |

Ze względu na nietypowość surowca poddawanego ocenie – to jest mąki z samopszy, w przypadku której wartości parametrów mogą odbiegać od przeciętnych dla mąki pszennej – poniżej omówiono znaczenie poszczególnych parametrów dla charakterystyki mąki pszennej. **Zawartość popiołu** jest podstawą gatunkowania mąki. Ilość popiołu w g, uzyskanego ze spopielenia 100 kg mąki określa tzw. typ mąki np. mąka pszenna typ 550. W normie PN-A-74022:2003 na mąkę pszenną podano 8 typów mąki, ale młyny mogą produkować też inne typy mąki. W przypadku mąki z samopszy producenci oferują mąkę razową i mąkę jasną. Badane mąki z samopszy z VI i IX zawierały poniżej 1% popiołu w suchej masie, a zatem można je zakwalifikować do mąk jasnych, natomiast mąka z X i mąka włoska charakteryzowały się wyższą zawartością popiołu, mąka włoska - niemal 2.krotnie, były to więc mąki ciemne. Wyższa zawartość popiołu w mące oznacza, że zawiera ona więcej zewnętrznych części ziarna, jest ciemniejsza, ma zwykle wyższą aktywność enzymatyczną, wyższą zawartość białka ogółem ale niższą % zawartość białek glutenowych; można zatem przewidzieć, że w cieście z mąki o wyższej popiołowości fermentacja będzie przebiegać intensywniej niż z mąki jaśniejszej, jednak ciasto takie będzie miało mniejszą zdolność zatrzymywania wydzielonego dwutlenku węgla i w konsekwencji objętość uzyskanego chleba będzie niższa. Barwa badanych mąk z samopszy była żółta a jej intensywność wzrastała wraz ze wzrostem zawartości popiołu.

O przydatności mąki do wypieku decyduje **zawartość w niej białka**. W zależności od ilości i jakości białka a zwłaszcza tzw. białek glutenowych, tworzących po uwodnieniu ciągłą sieć zdolną do zatrzymywania powstającego w wyniku fermentacji gazu, ciasto charakteryzuje się różnymi właściwościami, jest bardziej lepkie lub bardziej sprężyste. Charakteryzując kompleks białkowy badanych próbek mąki z samopszy na podstawie oznaczanej chemicznie

zawartości białka można stwierdzić, że wszystkie mąki z wyjątkiem mąki z samopszy X spełniają kryteria dla mąk chlebowych (>11,5%). Jakość białek samopszy jest jednak bardzo niska na co wskazują wyniki **testu sedymentacyjnego Zeleny'ego** znacznie poniżej minimalnego poziomu wymaganego dla pszenic chlebowych tj. poniżej 25. Wysoką objętość osadu w tym badaniu stwierdzono tylko dla mąki z pszenicy zwyczajnej co oznacza, że w przeciwieństwie do mąk z samopszy, odznacza się ona dużą zawartością wysokocząsteczkowej frakcji białka – gluteniny, decydującej wodochłonności i o sile ciasta.

**Ilość glutenu mokrego**, otrzymanego poprzez ręczne wypłukanie skrobi i substancji rozpuszczalnych z ciasta sporządzonego z próbek mąki z samopszy, była znacznie niższa niż dla badanej mąki z pszenicy zwyczajnej oraz niższa od min. poziomu wymaganego dla mąk na chleb (25%). Ponadto gluten wymyty z próbek mąki z samopszy zdecydowanie różnił się od glutenu z pszenicy zwyczajnej, który odznaczał się plastyczno-elastycznymi właściwościami, charakterystycznymi dla wchodzących w jego skład frakcji białka gliadyny i gluteniny. Gluten z samopszy wykazywał dużą lepkość i plastyczność - cechy charakterystyczne dla gliadyny, które powodowały, że był bardzo trudny do wymycia. Te właściwości znalazły odzwierciedlenie również w wysokiej **rozpływalności glutenu** uzyskanego z próbek mąki z samopszy, natomiast niskiej - w przypadku mąki z pszenicy zwyczajnej. Za wartość pożądaną dla mąki na chleb uznaje się zazwyczaj 5-7 mm. Wyższa rozpływalność glutenu (powyżej 9 mm) może wskazywać na problemy z zachowaniem kształtu pieczywa. Ilość i rozpływalność glutenu dla badanej mąki z pszenicy zwyczajnej jest typowa dla mocnych mąk wysokobiałkowych, które mogą być wykorzystane jako poprawiacze jakości mąk słabych. Badania kompleksu białkowego próbek mąki z samopszy wskazują na słabą jakość białek - niską zdolność pęcznienia, obniżoną sprężystość, wysoką lepkość i rozpływalność, co może skutkować obniżoną zdolnością zatrzymywania gazów podczas fermentacji ciasta oraz uzyskaniem chleba o obniżonej objętości. Według Jankowskiej i współpracowników (2011) gluten z różnych odmian samopszy różni się w istotny sposób zakresem cech lepkich i sprężystych, różnice we właściwościach glutenu powodują zróżnicowanie gęstości sieci glutenowej.

Poziom aktywności enzymatycznej próbek mąki z samopszy mierzony **liczbą opadania** można określić jako średni i odpowiedni dla mąki chlebowej.

**Charakterystyka ciasta** jest znacznie lepszym wyznacznikiem wartości wypiekowej mąki niż ocena ilości i właściwości jej poszczególnych składników, uwzględnia bowiem także wzajemne reakcje składników w cieście. Struktura ciasta pszennego związana jest z powstawaniem ciągłej, trójwymiarowej matrycy glutenowej, w wyniku uwadniania, pęcznienia i agregacji cząsteczek gliadyny i gluteniny. Duży udział w tworzeniu tej struktury mają wchodzące w interakcje z białkami pentozany i tłuszcze. Ciasto pszenne dla uzyskania dobrego pieczywa musi wykazywać równowagę między sprężystością i lepkością a także odpowiednią rozciągliwość. Nadmiernie sprężyste ciasta stawiają opór podczas formowania i spulchniania a podczas wypieku ulegają ściąganiu. Zbyt duża lepkość ciasta jest przyczyną problemów podczas obróbki a zbyt wysoka rozciągliwość uniemożliwia zachowanie kształtu nadanego wyrobom.

Odpowiedni poziom fizycznych (reologicznych) parametrów ciasta takich jak: konsystencja, lepkość, sprężystość, rozciągliwość decyduje o jego zachowaniu się w procesach produkcyjnych i determinuje jakość pieczywa. Tzw. optimum reologiczne jest

ściśle związane z rodzajem produkowanego wyrobu, sposobem produkcji i wyposażeniem technicznym piekarni. Badania właściwości reologicznych ciasta chlebowego przeprowadzano za pomocą specjalnej aparatury: farinografu, mixolabu i amylografu. Warunki w jakich wykonywane są te badania zbliżone są do warunków panujących na poszczególnych etapach procesu produkcji pieczywa: wytwarzania ciasta, fermentacji i obróbki oraz wypieku.

### **Ocena właściwości reologicznych ciast otrzymanych z udziałem mąki pierwotnej odmiany pszenicy – samopszy.**

- **Ocena mąki z samopszy za pomocą Mixolabu**

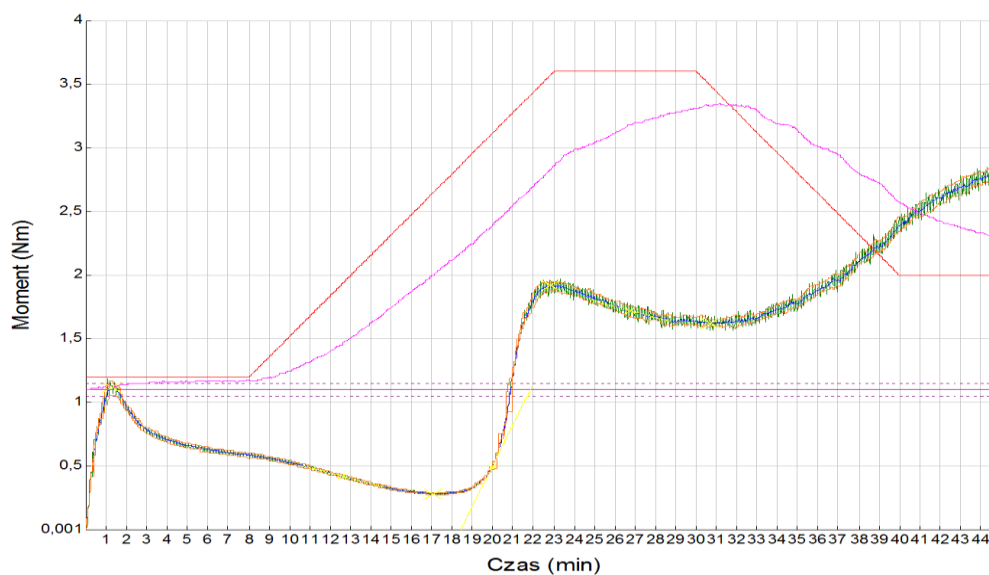
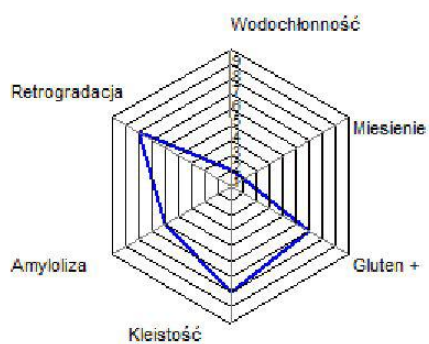
Mąki z samopszy bez i z 30% dodatkiem mąki pszennej badano w zakresie oznaczania cech reologicznych za pomocą Mixolabu według protokołu Chopin+ (dla mąki) (zgodnie z normą ISO17718:2013). Wyznaczono wodochłonność mąki w punkcie C1 oraz opór ciasta w początkowej fazie kleikowania skrobi (C2). Z wykresów odczytano wartości oporu ciasta charakteryzujące właściwości skrobi, takie jak: kleikowanie pod wpływem wzrostu temperatury (C3), podatność na działanie enzymów amylolitycznych (C4) i retrogradację (C5). Tempo kleikowania skrobi oraz tempo enzymatycznego rozkładu skrobi opisano wskaźnikami  $\beta$  i  $\gamma$ .

Badanie cech reologicznych ciasta z mąki z samopszy za pomocą aparatu Mixolab przebiegało dwuetapowo. W pierwszym etapie wyznaczono wodochłonność mąki, odpowiadającą konsystencji ciasta w punkcie C1 wynoszącej  $1,1 \pm 0,05$  N·m. W drugim etapie badano zmiany cech ciasta podczas jego tworzenia i dalszego mieszenia w zmiennych warunkach temperatury w czasie 45 min. Na wykresie rejestrowane są zmiany oporu ciasta stawiane mieszadłkom podczas mieszenia ciasta. W pierwszej fazie, trwającej 8 min, przy stałej temperaturze ciasta ( $30^{\circ}\text{C}$ ), określone są właściwości ciasta podczas jego tworzenia. W fazie drugiej, w trakcie dalszego mieszenia i jednocześnie wzrostu temperatury o  $4^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  następuje zmniejszenie oporu ciasta. W momencie kiedy temperatura osiągnie poziom temperatury początkowej kleikowania D2 (faza 3), rozpoczyna się kleikowanie skrobi, co na wykresie przejawia się wzrostem oporu ciasta. W fazie czwartej dalszy wzrost temperatury do  $90^{\circ}\text{C}$  powoduje upłynnianie kleiku skrobiowego i tym samym zmniejszanie oporu ciasta stawianego mieszadłkom. Obniżanie temperatury do  $50^{\circ}\text{C}$  w fazie piątej powoduje rekrytalizację amylozy, co na wykresie przejawia się wzrostem oporu ciasta określanym mianem retrogradacji. Przebieg wykresu w fazie trzeciej, czwartej i piątej odzwierciedla właściwości skrobi (Koksel i in. 2009, Dubat 2010).

a) Badanie mąki z samopszy VI

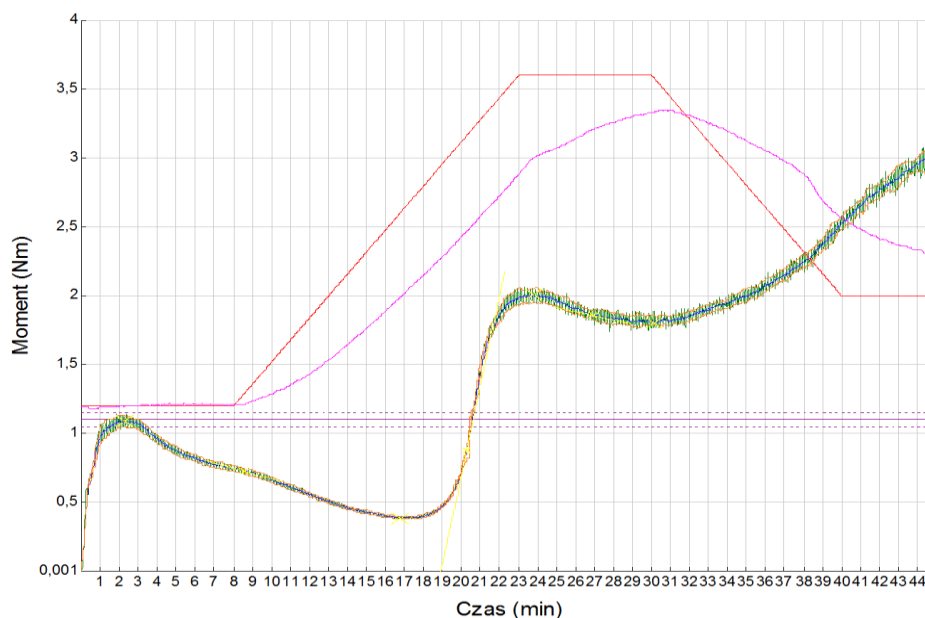
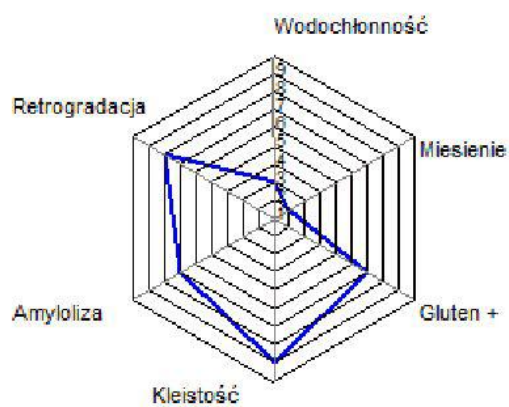
Hydratacja 54,2; wilgotność 12,4%;

|    | Czas [min.] | moment | Temp. ciasto<br>°C | amplituda | stałość |
|----|-------------|--------|--------------------|-----------|---------|
| C1 | 1,25        | 1,12   | 28,4               | 0,11      | 1,08    |
| C2 | 17,07       | 0,28   | 50,1               |           |         |
| C3 | 22,85       | 1,92   | 70,8               |           |         |
| C4 | 30,70       | 1,62   | 83,3               |           |         |
| C5 | 45,03       | 2,82   | 57,2               |           |         |



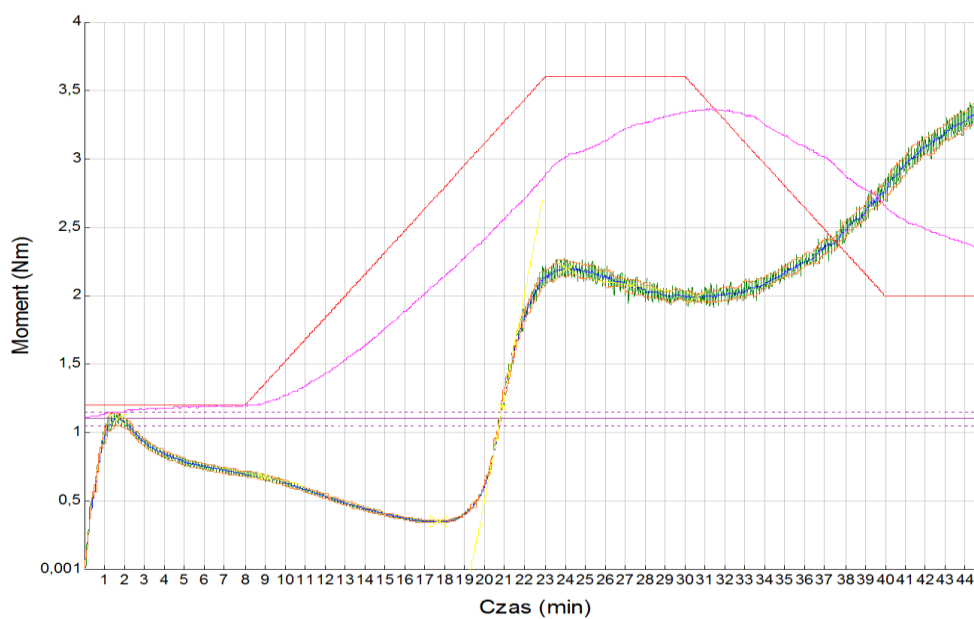
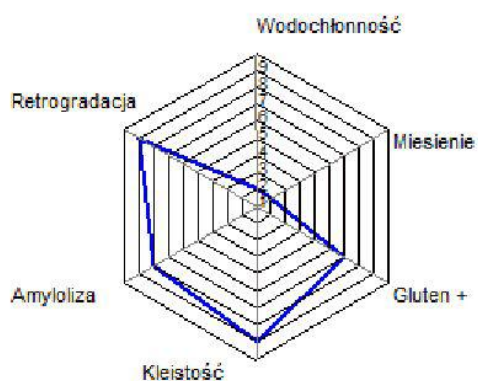
b) Mąka z samopszy VI z dodatkiem mąki pszennej

|    | Czas [min.] | moment | Temp. ciasto °C | amplituda | stałość |
|----|-------------|--------|-----------------|-----------|---------|
| C1 | 2,28        | 1,09   | 30,0            | 0,11      | 1,08    |
| C2 | 16,78       | 0,38   | 49,7            |           |         |
| C3 | 23,78       | 2,01   | 75,0            |           |         |
| C4 | 30,13       | 1,80   | 83,3            |           |         |
| C5 | 48,03       | 3,03   | 57,3            |           |         |



b) Mąka wrzesień  
 Hydratacja 54,4, wilgotność 12,8

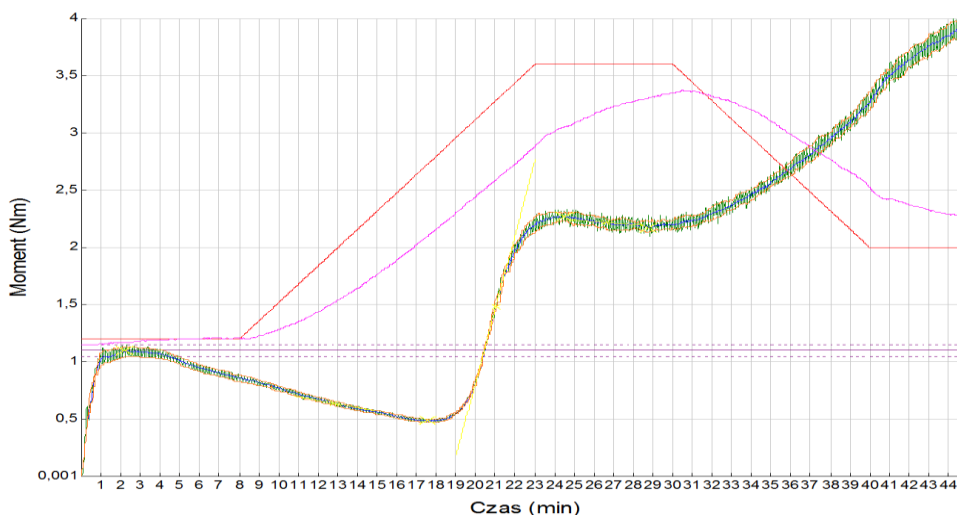
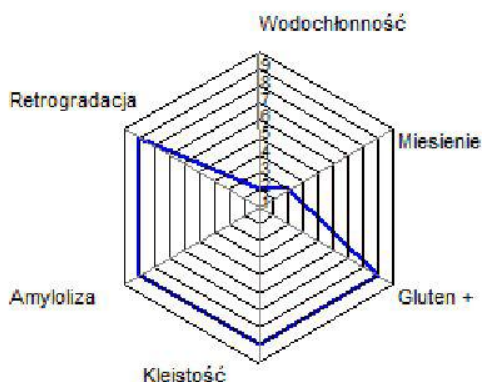
|    | Czas [min.] | moment | Temp. ciasto °C | amplituda | stałość |
|----|-------------|--------|-----------------|-----------|---------|
| C1 | 1,02        | 1,10   | 28,4            | 0,08      | 1,88    |
| C2 | 17,08       | 0,35   | 52,7            |           |         |
| C3 | 24,10       | 2,20   | 75,5            |           |         |
| C4 | 30,55       | 1,99   | 83,9            |           |         |
| C5 | 45,03       | 3,38   | 58,6            |           |         |





d) mąka wrzesień mieszana z mąką pszenną

|    | Czas [min.] | moment | Temp. ciasto °C | amplituda | stałość |
|----|-------------|--------|-----------------|-----------|---------|
| C1 | 2,18        | 1,10   | 29,3            | 0,09      | 5,05    |
| C2 | 17,57       | 0,49   | 52,5            |           |         |
| C3 | 24,50       | 2,27   | 76,3            |           |         |
| C4 | 28,75       | 2,17   | 82,6            |           |         |
| C5 | 45,05       | 3,94   | 56,6            |           |         |



Ciasto uzyskane z mąki z samopszy (próby z czerwca i września) cechowało się niską wodochłonnością (odpowiednio 54,2 i 54,4%), krótkim czasem rozwoju, tzw. czas T1 (1,25 i 1,62 min) oraz krótkim czasem stałości (1,08 i 1,88 min). Czas T1 oraz stałość w badaniach dotyczących mąki pszennej handlowej produkowanej w krajowych zakładach młynarskich kształtowały się w zakresie odpowiednio: od 1,23 do 7,33 min oraz od 8,58 do 11,67 min

(Szafrńska 2013). Stwierdzono, że dodatek 30% mąki pszennej korzystnie oddziaływał na cechy badanego ciasta: czas T1 i stałość zostały wydłużone średnio o 0,8 i 2,6 min.

W badaniach za pomocą aparatu Mixolab osłabienie struktury ciasta występuje w drugiej fazie oznaczenia. Zmniejszenie oporu ciasta następuje wówczas w wyniku denaturacji białka i uwolnienia związanej przez nie wody pod wpływem wzrostu temperatury (Koksel i in. 2009). W tej fazie oznaczania enzymy proteolityczne wykazują optymalną aktywność, którą na wykresie odzwierciedla **wskaźnik  $\alpha$** . Wskaźnik  $\alpha$  badanych mąk przyjmował wysokie wartości (odpowiednio: -0,042 i -0,032 Nm·min<sup>-1</sup>), zbliżone do tych obserwowanych przy ocenie mąki żytniej (Szafrńska 2011). Dodatek mąki pszennej spowodował nieznacznie obniżenie wartości wskaźnika  $\alpha$ .

**Wskaźnik  $\beta$** , charakteryzujący wzrost oporu ciasta w wyniku pęcznienia ziarenek skrobiowych, pod wpływem podnoszenia temperatury w trakcie oznaczania z 30 do 90°C, był zróżnicowany między badanymi mąkami z samopszy i wynosił odpowiednio 0,322 i 0,758 Nm·min<sup>-1</sup>. Dodatek mąki pszennej w przypadku pierwszej badanej mąki z samopszy spowodował dwukrotne zwiększenie wartości wskaźnika  $\beta$ , natomiast w przypadku drugiej mąki nastąpiło nieznaczne jego obniżenie. Mieszanki mąki z samopszy z dodatkiem 30% mąki pszennej cechowały się wskaźnikiem  $\beta$  na poziomie 0,6 Nm·min<sup>-1</sup>.

Wartości **wskaźnika  $\gamma$** , charakteryzującego prędkość enzymatycznego rozkładu skrobi przyjmowały wartości -0,042 i -0,022 Nm·min<sup>-1</sup>. Dodatek mąki pszennej spowodował zmniejszenie wartości wskaźnika  $\gamma$  średnio o 0,01 Nm·min<sup>-1</sup>.

**Opór ciasta mierzony w punkcie C2** wykresu jest ważnym parametrem informującym o zmianie właściwości białek glutenowych pod wpływem mieszenia i wzrostu temperatury ciasta i pośrednio charakteryzującym jakość uzyskanego pieczywa (Dhaka i in. 2012, Mixolab Application Handbook 2012). Badania prowadzone w Walloon Region Agronomic Research Centre w Gemloux (Mixolab Applications Handbook 2012) wykazały, że opór ciasta w punkcie C2 poniżej 0,5 Nm jest odpowiedni do wypieku pieczywa. Natomiast przy oporze ciasta w punkcie C2 powyżej 0,6 Nm ciasto jest zbyt sztywne, a uzyskane pieczywo jest małej objętości. Badane mąki z samopszy cechowały się bardzo niską wartością oporu ciasta w punkcie C2, wynoszącą odpowiednio 0,28 i 0,35 Nm. Dodatek mąki pszennej spowodował zwiększenie wartości oporu ciasta w punkcie C2 o 0,1 Nm i polepszenie struktury ciasta.

**Opór ciasta w punkcie C3** wykresu zależy od wartości wskaźnika  $\beta$  czyli szybkości procesu kleikowania skrobi. Badane mąki z samopszy cechowały się wysoką wartością oporu ciasta w punkcie C3 wynoszącą odpowiednio 1,92 i 2,20 Nm i mieszczącą się w zakresie wartości uzyskanych dla mąk pszennych handlowych (Szafrńska 2013). Mieszanki mąki z samopszy z dodatkiem 30% mąki pszennej cechowały się wartością oporu ciasta w punkcie C3 większą średnio o 0,08 Nm wskazującym na zmniejszenie aktywności alfa amylazy mąki.

Badane w mąki z samopszy cechowały się również wysokimi wartościami **oporu ciasta w punkcie C4** wykresu (odpowiednio 1,62 i 1,99 Nm), który odzwierciedla stabilność kleiku skrobiowego na ogrzewanie (Banu i in. 2011). Badane ciasto sporządzone z mieszanki mąki z samopszy z mąką pszenną cechowało się większą stabilnością kleiku skrobiowego na ogrzewanie, o czym świadczą wyższe średnio o 0,18 Nm opory ciasta w punkcie C4 wykresu.

**Opór ciasta w punkcie C5** wykresu dostarcza informacji na temat retrogradacji skrobi (Haros i in. 2006). Mąki z samopszy charakteryzowały się wysoką wartością oporu w

punkcie C5 (odpowiednio 2,82 i 3,38 Nm). Duża różnica oporu ciasta mierzonego w punkcie C5 i C4 może wskazywać na szybko postępujący proces czerstwienia pieczywa otrzymanego z mąki z samopszy. Większy opór ciasta w punkcie C5 w przypadku badania mieszanek mąki z samopszy z mąką pszenną wskazuje, że uzyskane pieczywo może charakteryzować się krótszym okresem trwałości niż pieczywo uzyskane wyłącznie z mąki z samopszy.

### Badania farinograficzne

Badania wykonywane za pomocą farinografu pozwoliły na ocenę wodochłonności mąki i zachowania się ciasta podczas mieszania, a więc w momencie budowania struktury glutenowej ciasta. Wykres farinograficzny przedstawia zmiany konsystencji ciasta w kolejnych fazach mieszania: wzrost konsystencji (rozwój ciasta), niezmiennosc konsystencji (stałość) i spadek konsystencji (rozmiękczenie).

Badania farinograficzne przeprowadzono dla ciast otrzymanych w ten sposób, że oprócz mąki z samopszy i wody do ciasta wprowadzano mąkę pszenną w ilości 30% całej ilości mąki przewidzianej recepturą. Badania w poniższym układzie przeprowadzono w odniesieniu do trzech próbek mąki z samopszy a następnie mieszanki mąki z samopszy X z mąką z pszenicy zwyczajnej.

Mąki z samopszy charakteryzowały się słabymi właściwościami reologicznymi, sformowanych z nich ciast, badanych farinograficznie i amylograficznie. Miały niską wodochłonność, krótki czas rozwoju ciasta i krótką stałość, natomiast bardzo duże rozmiękczenie w badaniach farinograficznych, szczególnie w przypadku mąk z czerwca i października, co wskazuje na niską tolerancję rozrostową.

Tabela 2. Fizyczne wyróżniki ciasta z używanych mąk z samopszy

|    | Wyróżniki                          | Próbka mąki |             |            |
|----|------------------------------------|-------------|-------------|------------|
|    |                                    | samopsza VI | samopsza IX | samopsza X |
| 1. | <b>Wyróżniki farinograficzne:</b>  |             |             |            |
|    | - wodochłonność, %                 | 53,4        | 52,3        | 55,4       |
|    | - czas rozwoju, min                | 2,0         | 1,8         | 1,7        |
|    | - stałość ciasta, min              | 1,6         | 2,3         | 1,2        |
|    | - rozmiękczenie po 12 min, FU      | 160         | 112         | 142        |
|    | Liczba jakości                     | 29          | 43          | 29         |
| 2. | <b>Wyróżniki amylograficzne:</b>   |             |             |            |
|    | - lepkość maksymalna, AU           | 940         | -           | 915        |
|    | - temp. początkowa kleikowania, °C | 58,5        | -           | 59,0       |
|    | - temp. końcowa kleikowania, °C    | 90          | -           | 90,0       |

1. ciasto z mąki z samopszy (100%) i wody

2. ciasto z mąki z samopszy i mąki pszennej typ 550 (70% : 30%), wody

Badania amylograficzne wykazały wysokie wartości lepkości maksymalnej i temperatur kleikowania, co może utrudniać piecowy rozrost chleba.

Zmieszanie mąki z samopszy z mąką z pszenicy zwyczajnej pozwoliło na polepszenie wyróżników jakości mieszanki w porównaniu z mąką z samopszy. Dodatek mąki pszennej ekologicznej charakteryzującej się wysoką zawartością glutenu spowodował wzrost wodochłonności mieszanki w stosunku do wodochłonności mąki z samopszy. Mieszanki zawierające 70 % mąki z samopszy, charakteryzowały się wyższą stałością ciasta i niższym rozmiękczeniem, w porównaniu do mąki z samej samopszy.

**Tabela 3.** Wpływ dodatku mąki z pszenicy zwyczajnej na fizyczne właściwości ciasta z samopszy

| Wyróżniki                          | Próbka mąki                       |                                |                               |
|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
|                                    | mąka z samopszy X (S)             | mąka z pszenicy zwyczajnej (Z) | mieszanka mąk S – 70% Z - 30% |
| <b>1.</b>                          | <b>Wyróżniki farinograficzne:</b> |                                |                               |
| - wodochłonność, %                 | 55,4                              | 57,5                           | 56,0                          |
| - czas rozwoju, min                | 1,7                               | 2,2                            | 2,7                           |
| - stałość ciasta, min              | 1,2                               | 5,9                            | 2,5                           |
| - rozmiękczenie po 12 min, FU      | 142                               | 60                             | 125                           |
| Liczba jakości                     | 29                                | 71                             | 47                            |
| <b>2.</b>                          | <b>Wyróżniki amylograficzne:</b>  |                                |                               |
| - lepkość maksymalna, AU           | 915                               | 2060                           | 1140                          |
| - temp. początkowa kleikowania, °C | 59,0                              | 60                             | 58,5                          |
| - temp. końcowa kleikowania, °C    | 90,0                              | 90                             | 91                            |

W tabeli 4 przedstawiono w jaki sposób zastosowanie zakwasu piekarskiego wpływa na niektóre właściwości reologiczne ciasta z samopszy.

**Tabela 4.** Wpływ procesu fermentacji inicjowanej przez LAB (zastosowania zakwasu) na wyróżniki farinograficzne ciasta z samopszy

| Wyróżniki farinograficzne   | Ciasto bez zakwasu | Ciasto z zakwasem (30% mąki ) |
|-----------------------------|--------------------|-------------------------------|
| Wodochłonność, %            | 55,4               | 53,6                          |
| Czas rozwoju, min           | 1,7                | 2,0                           |
| Stałość ciasta, min         | 1,2                | 0,8                           |
| Rozmiękczenie po 12 min, FU | 142                | 140                           |
| Liczba jakości              | 29                 | 20                            |

Ciasto z udziałem zakwasu charakteryzowało się niższą wodochłonnością w porównaniu do ciasta bez zakwaszania, natomiast pozostałe wyróżniki były niskie dla obu ciast i zróżnicowane w niewielkim stopniu.

### Badania mikrobiologiczne mąki ekologicznej z samopszy

Charakterystykę mikrobiologiczną mąk ekologicznych przedstawiono w tabeli 5, dotyczyła ona między innymi bakterii patogennych i niepożądanych w procesie produkcyjnym.

**Tabela 5.** Analiza mikrobiologiczna mąki z samopszy

| Mikroorganizmy:  | Rodzaj mąki ekologicznej z samopszy, [j.t.k./g] |                       |                       |                                   |                     |
|--|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|
|  | III   | VI                    | włoska                | IX                                | X                   |
| liczba drożdży   | 2,0x10 <sup>0</sup>                             | n.w.                  | n.w.                  | n.w.                              | 1,                  |
| liczba bakterii kwaszących                                   | 1,0x10 <sup>1</sup>                             | 4,0x10 <sup>2</sup>   | n.w.                  | 1,2x10 <sup>1</sup>               | 1,5x10 <sup>3</sup> |
| liczba pleśni  | 2,0x10 <sup>2</sup>                             | 1,2x10 <sup>3</sup>   | 1,0x10 <sup>3</sup>   | 1,0x10 <sup>3</sup>               | 1,0x10 <sup>3</sup> |
| liczba bakterii śluzowych z rodz. <i>Leuconostoc</i>         | n.w.  | 4,0x10 <sup>1</sup>   | 1,2x10 <sup>1</sup>   | 1,8x10 <sup>1</sup>               | 1,2x10 <sup>3</sup> |
| liczba <i>Bacillus cereus</i>                                | n.w.  | 3,0 x 10 <sup>1</sup> | n.w.                  | 1,2 x 10 <sup>1</sup><br>n.w.     | n.w.                |
| liczba <i>Bacillus subtilis</i>                              | 1,0 x 10 <sup>2</sup>                           | n.w.                  | n.w.                  | 1,0 x 10 <sup>1</sup>             | 1,2x10 <sup>1</sup> |
| liczba bakterii proteolitycznych                             | 1,0 x 10 <sup>4</sup>                           | 2,0x10 <sup>2</sup>   | 1,2x10 <sup>2</sup>   | 1,0 x 10 <sup>4</sup>             | 1,0x10 <sup>3</sup> |
| liczba bakterii przetrwalnikujących                          | 2,0 x 10 <sup>2</sup>                           | 4,0 x 10 <sup>1</sup> | n.w.                  | 3,0 x 10 <sup>1</sup>             | 1,8x10 <sup>1</sup> |
| liczba bakterii rodziny <i>Enterobacteriaceae</i> z gr. coli | 2,1x10 <sup>2</sup>                             | 6,0x10 <sup>4</sup>   | 1,6 x 10 <sup>2</sup> | 3,1x10 <sup>3</sup><br>z gr. coli | n.w.                |

n.w. –nie wykryto

Analiza mikrobiologiczna mąki z samopszy wykazała ogólnie niski poziom obecności drobnoustrojów reprezentujących poszczególne grupy; Tylko w jednej partii mąki wykryto bakterie fermentacji mlekowej na poziomie 10<sup>3</sup> j.t.k./ml, nieobecne były drożdże, natomiast zawartość pleśni pozostawała na poziomie 10<sup>3</sup> j.t.k./ml, obecne były także bakterie niepożądane tj. z rodzaju *Bacillus* i rodziny *Enterobacteriaceae*.

Biorąc pod uwagę charakterystykę mikrobioty mąki z samopszy można stwierdzić, że w przypadku stosowania zakwasów w produkcji pieczywa z samopszy konieczne jest inicjowanie fermentacji przy użyciu kultury starterowej.

### 5.2. Charakterystyka bioróżnorodności bakterii fermentacji mlekowej LAB w surowcu poddanym fermentacji mlekowej.

Przeprowadzono izolację i selekcję bakterii fermentacji mlekowej (LAB) z pierwotnej odmiany pszenicy - samopszy. Izolację prowadzono z mąki i zakwasów o różnej wydajności (tj. 200% i 400%) po dwóch i trzech dobach ich prowadzenia w temperaturze 25°C i 30°C.

Autochtoniczne dla tej mąki szczepy LAB oceniono pod względem cech biotechnologicznych istotnych do zastosowania do kultury starterowej – wzrost, właściwości antydrobnoustrojowe, indywidualna zdolność do kształtowania cech zakwasów - synteza kwasów organicznych i związków wpływających na aromat ciast i pieczywa.

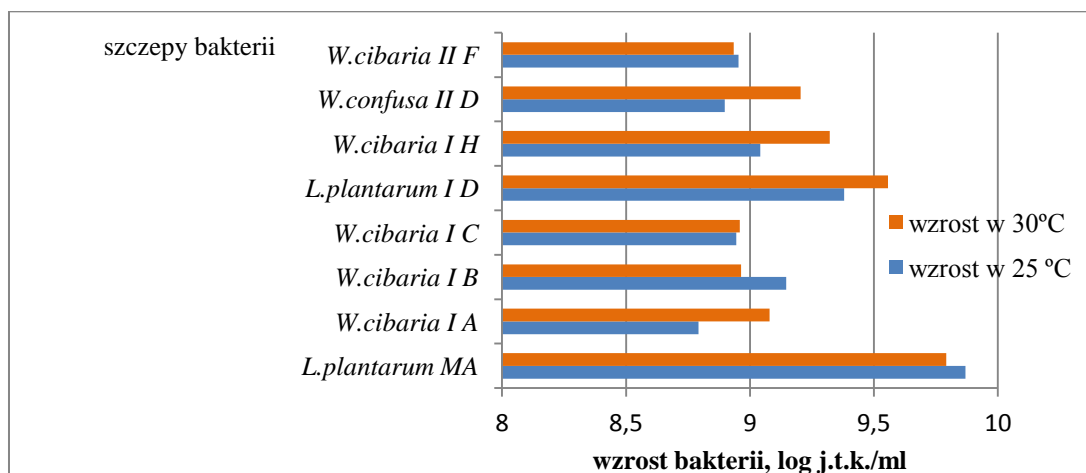
**Tabela 6.** Szczepy LAB wyizolowane z mąki i zakwasów z samopszy polskiej

| Wyizolowane szczepy LAB                        | Środowisko izolacji         |
|--|-----------------------------|
| <i>Lactobacillus plantarum</i> MA              | Mąka z samopszy, polska     |
| <i>Weissella cibaria</i> I A                   | Zakwas z samopszy, polskiej |
| <i>Weissella cibaria</i> I B                   | Zakwas z samopszy, polskiej |
| <i>Weissella cibaria</i> I C                   | Zakwas z samopszy, polskiej |
| <i>Lactobacillus plantarum</i> /L.pentosus I D | Zakwas z samopszy, polskiej |
| <i>Weissella cibaria</i> I H                   | Zakwas z samopszy, polskiej |
| <i>Weissella confusa</i> II D                  | Zakwas z samopszy, polskiej |
| <i>Weissella cibaria</i> II F                  | Zakwas z samopszy, polskiej |
| <i>L. plantarum</i> / <i>L. pentosus</i> sw1   | Zakwas z samopszy, włoskiej |
| <i>L. crustorum</i> sw2                        | Zakwas z samopszy, włoskiej |
| <i>L. plantarum</i> / <i>L. pentosus</i> sw3   | Zakwas z samopszy, włoskiej |
| <i>L. plantarum</i> / <i>L. pentosus</i> sw4   | Zakwas z samopszy, włoskiej |
| <i>L. plantarum</i> / <i>L. pentosus</i> sw7   | Zakwas z samopszy, włoskiej |
| <i>L. plantarum</i> / <i>L. pentosus</i> sw8   | Zakwas z samopszy, włoskiej |
| <i>L. plantarum</i> / <i>L. pentosus</i> sw10  | Zakwas z samopszy, włoskiej |

Wśród bakterii fermentacji mlekowej wyizolowanych z mąki i zakwasów z samopszy polskiej zidentyfikowano gatunki *Weissella cibaria*, *Weissella confusa* oraz izolaty gatunku *Lactobacillus plantarum*, które jako blisko spokrewnione z *L.pentosus* w badaniach na podstawie zgodności sekwencji fragmentu 16S rDNA nie zostały ostatecznie zakwalifikowane do jednego gatunku. W mące włoskiej wykryto *L. crustorum* (jeden izolat) i *L. plantarum* / *L. pentosus* (pięć izolatów). W dalszych badaniach wykorzystano izolaty z mąki polskiej.

### 5.3. Ocena zdolności wzrostu bakterii fermentacji mlekowej wyizolowanych z samopszy.

Na rysunku 1 przedstawiono zdolność wzrostu izolatów bakterii w temperaturze 25°C i 30°C.



**Rysunek.1.** Zdolność wzrostu izolatów bakterii fermentacji mlekowej z samopszy w temperaturze 25°C i 30°C, w podłożu MRS, po 24 godzinach.

W przypadku wszystkich badanych bakterii fermentacji mlekowej przy zastosowaniu temperatury w zakresie 25°C - 30°C obserwowano wzrost na poziomie  $10^8$ ,  $10^9$  liczby komórek (j.t.k./ml).

### 5.4. Badanie szczepów bakterii fermentacji mlekowej, wyizolowanych z zakwasu z samopszy, pod względem aktywności antypleśniowej.

Przeprowadzono ocenę aktywności antypleśniowej szczepów LAB wyizolowanych z zakwasów. Ocena dotyczyła aktywności szczepów w monokulturach jak i trzech różnych wariantach kultur mieszanych. We wszystkich kulturach wieloskładnikowych bakterie połączone w równych proporcjach. Oceniono zdolność do hamowania wzrostu pleśni *Aspergillus niger*, *Penicilium sp.* oraz *Fusarium sp.* Wyniki przedstawiono w tabeli 6.

Niestety spośród badanych izolatów jedynie dwa wykazywały słabą aktywność przeciwpleśniową, która praktycznie zanikała w przypadku stosowania szczepów bakterii w kulturach mieszanych. Zatem właściwości przeciwdrobnoustrojowe nie decydowały o przydatności szczepów bakterii do kultury starterowej do samopszy.

**Tabela 7.** Aktywność antypleśniowa szczepów LAB wyizolowanych z zakwasów z samopszy wyrażona wielkością stref zahamowania wzrostu

| Szczepy LAB  | Rodzaj pleśni            |                       |                     |
|--|--------------------------|-----------------------|---------------------|
|  | <i>Aspergillus niger</i> | <i>Penicilium sp.</i> | <i>Fusarium sp.</i> |
| <i>Lactobacillus plantarum MA</i>                  | -                        | -                     | -                   |
| <i>Weissella cibaria IA</i>                        | -                        | 4mm                   | -                   |
| <i>Weissella cibaria IB</i>                        | -                        | -                     | -                   |
| <i>Weissella cibaria IC</i>                        | -                        | -                     | -                   |
| <i>Lactobacillus plantarum ID</i>                  | -                        | -                     | -                   |
| <i>Weissella cibaria IH</i>                        | 2mm                      | -                     | 2mm                 |
| <i>Weissella confusa IID</i>                       | -                        | -                     | -                   |
| <i>Weissella cibaria IIF</i>                       | -                        | -                     | -                   |
| Kultury złożone                                    |                          |                       |                     |
| I <i>L. plantarum MA</i><br><i>W. cibaria IC</i>   | 1 mm                     | -                     | -                   |
| II <i>L. plantarum MA</i><br><i>W. cibaria IA</i>  | 2 mm                     | -                     | -                   |
| III <i>L. plantarum ID</i><br><i>W. cibaria IA</i> | -                        | -                     | -                   |

Kolejne właściwości szczepów bakterii, istotne dla określenia ich przydatności do kultur starterowych, badano po przygotowaniu zakwasów z samopszy z zaszczepionych monokulturami poszczególnych LAB. Zbadano zdolność do syntezy kwasu mlekowego i octowego w zakwasach, indywidualną zdolność do kształtowania cech fizykochemicznych zakwasów, a także zdolność szczepów LAB w monokulturach do syntezy związków aromatyzujących. Biomasa bakterii kultur starterowych otrzymywano w fermentorach Biostat B w miarę postępu badań.

W tabeli 8 przedstawiono ocenę sensoryczną zakwasów z samopszy otrzymanych z udziałem poszczególnych kultur starterowych po fermentacji zakwasów odświeżanych co 24 h, w temperaturze 25°C.



**Tabela 8.** Ocena sensoryczna zakwasów z samopszy otrzymanych z udziałem kultur starterowych zawierających poszczególne szczepy LAB, fermentacja w temperaturze 25°C.

| kultura starterowa/<br>szczep      | Ocena zakwasów po 24 h i po odświeżeniu   |  |   |  |
|------------------------------------|---|--|---|--|
|                                    | 24 h  | 48 h   | 72 h  | 96 h   |
| <i>Lactobacillus plantarum MA</i>  | z: roślinny, kwaśny, szczawiowy, drożdżowy<br>k: gładka<br>b: beżowa              | Z : chlebowy, drożdżowy, kwaskowy, octowy<br>k: luźna ze skorupą<br>b: beżowo-żółta          | Z : chlebowy, estrowy, drożdżowy, lekko kwaskowy<br>k: luźna ze skorupą<br>b: beżowo-żółta    | z: kwaśny, roślinny, szczawiowy<br>k: gładka, luźna<br>b: beżowa |
| <i>W. cibaria I A</i>              | z: grzybowy, mleczny, drożdżowy, szczawiowy<br>k: gładka<br>b: beżowa             | z: chlebowy, drożdżowy, estrowy, kwiatowy<br>k: luźna ze skorupą<br>b: beżowo- żółta         | z: owocowo-estrowy, alkoholowy<br>k: luźna ze skorupą<br>b: beżowo- żółta                     | z: kwaśny, roślinny, szczawiowy<br>k: gładka<br>b: beżowa        |
| <i>W. cibaria I B</i>              | z : kwaśny, mączny, roślinny, szczawiowy, ostry<br>k: gładka, zwarta<br>b: beżowa | z: kwaśny, drożdżowy, roślinny, mleczny<br>k: luźna ze skorupą<br>b: beżowo- żółta           | z: kwaśny-lekko octowy, drożdżowy, mleczny, estrowy<br>k: gładka, luźna<br>b: beżowo-żółta    | z: kwaśny, drożdżowy, szczawiowy<br>k: gładka<br>b: beżowa       |
| <i>W. cibaria I C</i>              | z:kwaśny, olejowy, roślinny<br>k: gładka,<br>b: beżowa                            | z: chlebowy, kwaśny roślinny, mleczny<br>k: luźna<br>b: beżowo- żółta                        | z: lekko kwaśny drożdżowo-estrowy<br>k: gładka<br>b: beżowa                                   | z: kwaśno -słodki drożdżowy, mleczny,<br>k: gładka<br>b: beżowa  |
| <i>Lactobacillus plantarum I D</i> | z: kwaśny, jogurtowy, mleczny, drożdżowy<br>k: gładka<br>b: beżowa                | z: chlebowy drożdżowo-estrowy, owocowy, kwaśny,<br>k: luźny ze skorupą<br>b: beżowa          | z: drożdżowo-estrowy, owocowy<br>lekko kwaśny, chlebowy<br>k: luźny ze skorupą<br>b: beżowa   | z: drożdżowy, estrowy, kwasowy,<br>k: gładka<br>b: beżowa        |
| <i>W. cibaria I H</i>              | z: chlebowy mączny, lekko kwaśny<br>k: gładka<br>b: beżowa                        | z: drożdżowy, kwiatowy, alkoholowy, estrowy, lekko kwaśny, chlebowy<br>k: luźna<br>b: beżowa | z: ciasta drożdżowego, lekko kwiatowy, mączny, alkoholowy<br>k: luźna ze skorupą<br>b: beżowa | z: drożdżowy, estrowy, kwasowy,<br>k: gładka<br>b: beżowa        |
| <i>W. confusa II D</i>             | z: ostry, kwaśny, roślinny<br>k: gładka<br>b: beżowa                              | z: olejowy, kwaśny, chlebowy, mleczny, k:<br>gładka, luźna<br>b: beżowo-żółta                | z: drożdżowy, estrowy, ciasta, kwasowy, chlebowy<br>k: luźna, gładka<br>b: beżowo-żółta       | z: drożdżowy, estrowy, kwasowy,<br>k: gładka<br>b: beżowa        |
| <i>W. cibaria II F</i>             | z: kwaśny, mleczny, nuta mączna<br>k: luźna<br>b: beżowa                          | z: kwaśny, drożdżowy, kwiatowy, mleczny,<br>k: gładka, luźna<br>b: beżowo-żółta              | z: lekko kwaśny, kwiatowy, mączny<br>k: luźna<br>b: beżowo-żółta                              | z: estrowy, drożdżowy, kwaśny<br>k: gładka, luźna<br>b: beżowo   |
| „0”                                | z: kwaśny, kwasu masłowego i kiszzonek, roślinny<br>k: luźna<br>b: beżowa         | z: kwaśny, kiszzonek, roślinny, lekko gnilny<br>k: luźna<br>b: beżowa                        | z: kwaśny, kiszzonek, roślinny<br>k: luźna<br>b: beżowa                                       | z: kwaśny, kiszzonek, roślinny<br>k: luźna<br>b: beżowa          |

z – zapach; k – konsystencja; b - barwa

Właściwości organoleptyczne zakwasów z samopszy, otrzymanych po 24 godzinach fermentacji z udziałem poszczególnych kultur starterowych podlegały zróżnicowaniu zwłaszcza pod względem zapachu i struktury (konsystencji) po fermentacji. *Lactobacillus plantarum* I D nadawał zakwasom zapach jogurtowo-mleczny, nieobecny w innych zakwasach. Z kolei w zakwasach z udziałem szczepów *W. cibaria* I A oraz *W. cibaria* I H po 48 i 72 godzinach wyczuwalna była nuta estrowo kwiatowo-owocowa.

Wyraźnie nieprzyjemne odczucia organoleptyczne obserwowano w odniesieniu do zapachu zakwasu otrzymanego w wyniku fermentacji spontanicznej, nieprzyjemne nuty utrzymywały się przez dwie doby, a po trzech odświeżeniach zapach zakwasu był ciągle mniej atrakcyjny niż przy zastosowaniu do inicjowania fermentacji każdego z badanych szczepów w monokulturze.

**Tabela 9.** Ocena fizykochemiczna zakwasów z samopszy otrzymanych z użyciem kultur starterowych poszczególnych szczepów LAB, w wyniku trwającej przez 24 h jednostopniowej fermentacji w temperaturze 25°C oraz po odświeżaniu.

| Kultura starterowa z udziałem poszczególnych szczepów | pH   |             |      |      | Kwasowość ogólna [°kw] |             |      |      |
|---|------|-------------|------|------|------------------------|-------------|------|------|
|   | 24h  | odświeżenie |      |      | 24h                    | odświeżenie |      |      |
|   |      | 48h         | 72h  | 96h  |                        | 48h         | 72h  | 96h  |
| MA  | 3,61 | 3,68        | 3,79 | 3,56 | 17,2                   | 13,8        | 13,6 | 13,4 |
| IA  | 3,95 | 3,95        | 3,69 | 3,51 | 12,2                   | 12,0        | 15,4 | 14,6 |
| IB  | 3,50 | 3,60        | 4,01 | 3,53 | 18,2                   | 14,2        | 12,4 | 14,8 |
| IC  | 3,68 | 3,62        | 3,66 | 3,46 | 15,6                   | 15,8        | 14,5 | 14,8 |
| ID  | 3,57 | 3,61        | 3,71 | 3,44 | 16,8                   | 14,4        | 15,4 | 13,6 |
| IH  | 3,89 | 3,68        | 3,72 | 3,42 | 11,4                   | 15,6        | 15,8 | 16,0 |
| IID   | 3,83 | 3,65        | 3,70 | 3,45 | 12,4                   | 15,0        | 15,6 | 14,2 |
| IIF   | 3,60 | 3,59        | 3,71 | 3,46 | 11,0                   | 15,8        | 15,8 | 14,0 |
| próba kontrolna                                       | 4,47 | 3,80        | 3,75 | 3,76 | 9,2                    | 14,6        | 13,2 | 13,3 |

Oznaczenia szczepów LAB zastosowanych w monokulturach: *Lactobacillus plantarum* MA, *Weissella cibaria* IA, *Weissella cibaria* IB, *Weissella cibaria* I, C *Lactobacillus plantarum* I D *Weissella cibaria* IH *Weissella confusa* II D *Weissella cibaria* II F

Kwasowość ogólna zakwasów z samopszy otrzymanych z kulturami starterowymi po 24 godzinach fermentacji była wyraźnie wyższa niż w próbie kontrolnej – bez kultury starterowej. W przypadku czterech kultur starterowych kwasowość po pierwszej dobie przekraczała 15 stopni (sięgając 18,2 stopni w przypadku kultury IB). Stabilną kwasowością (po każdym odświeżeniu) utrzymującą się na poziomie około 14,5 stopni charakteryzował się zakwas otrzymany z udziałem kultury starterowej szczepu IC oraz IH po 48h.

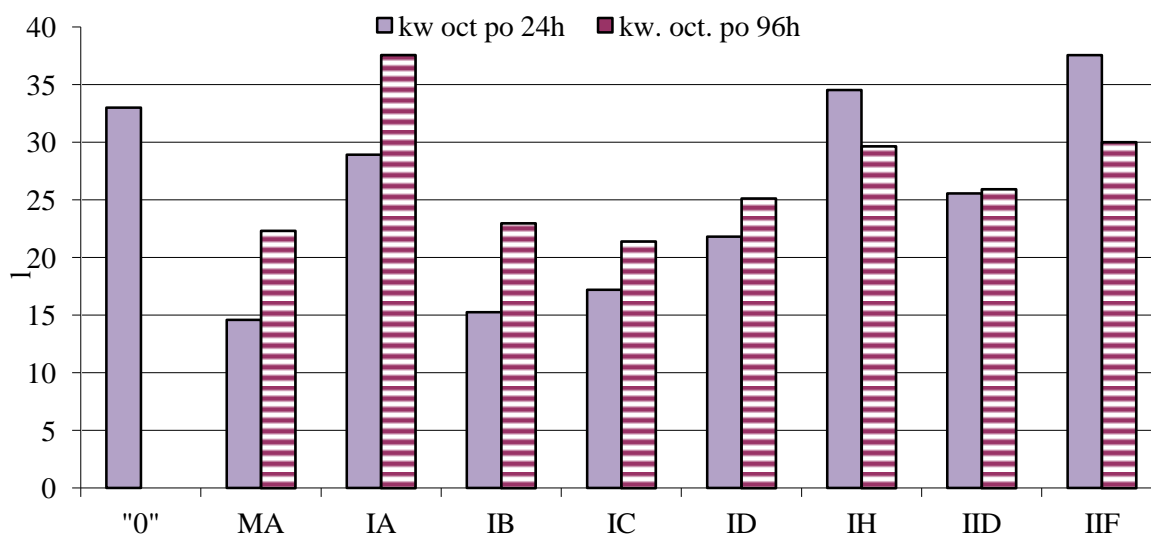
**Tabela 10.** Zdolność poszczególnych szczepów LAB do syntezy kwasu mlekowego w zakwasach z samopszy, po różnym czasie fermentacji

| Rodzaj zakwasu                              | Czas fermentacji (h) | Ilość kwasu mlekowego (g/100g) |                  |      |
|---|----------------------|--------------------------------|------------------|------|
|   |                      | Kwas D - mlekowy               | Kwas L - mlekowy | Suma |
| <i>W. cibaria I A</i>                       | 24                   | 0,23                           | 0,47             | 0,70 |
|   | 96                   | 0,37                           | 0,37             | 0,74 |
| <i>W. cibaria I B</i>                       | 24                   | 0,64                           | 0,57             | 1,21 |
|   | 96                   | 0,41                           | 1,31             | 1,72 |
| <i>W. cibaria I C</i>                       | 24                   | 0,60                           | 0,38             | 0,98 |
|   | 96                   | 0,45                           | 0,63             | 1,08 |
| <i>Lactobacillus plantarum I D</i>          | 24                   | 0,60                           | 0,58             | 1,18 |
|   | 96                   | 0,43                           | 1,10             | 1,53 |
| <i>W. cibaria I H</i>                       | 24                   | -                              | -                | -    |
|   | 96                   | 0,61                           | 0,27             | 0,88 |
| <i>W. confusa II D</i>                      | 24                   | 0,56                           | 0,42             | 0,98 |
|   | 96                   | 0,46                           | 0,54             | 1,00 |
| <i>W. cibaria II F</i>                      | 24                   | 0,44                           | 0,36             | 0,80 |
|   | 96                   | 0,53                           | 1,57             | 2,10 |
| <i>Lactobacillus plantarum MA</i>           | 24                   | 0,57                           | 0,63             | 1,20 |
|   | 96                   | 0,47                           | 0,65             | 1,12 |
| „0”Próba kontrolna fermentacja spontaniczna | 24                   | 0,24                           | 0,87             | 1,06 |
|   | 96                   | 0,40                           | 0,51             | 0,91 |

Najwyższy poziom zsyntetyzowanego kwasu mlekowego po 24 h stwierdzono w zakwasie otrzymanym z udziałem kultury starterowej zawierającej szczepu *Weissella cibaria I B* *Lactobacillus plantarum I D* i *Lactobacillus plantarum MA*, a także w zakwasie kontrolnym. Z kolei po 96 h najwięcej kwasu mlekowego stwierdzono w zakwasie *W. cibaria II F*. w zakwasach z udziałem *Lactobacillus plantarum MA*, *W. confusa II D*, *W. cibaria I C* i *W. cibaria I A* poziom kwasu mlekowego pozostawał na zbliżonym poziomie po 24 i 96 godzinach fermentacji.

Wpływ zastosowanej do inicjowania fermentacji zakwasu kultury starterowej złożonej z biomasy poszczególnych szczepów LAB na stężenie kwasu octowego przedstawiono na rysunku 2. Największe stężenie kwasu octowego stwierdzono po 24 h i 96 h fermentacji w zakwasach oznaczonych symbolami IIF, IH, IA oraz w zakwasie spontanicznym, ale tylko po 24 h fermentacji.

Rysunek 2. Wpływ kultury starterowej na zawartość kwasu octowego w zakwasach z samopszy



Oznaczenia szczepów LAB zastosowanych w monokulturach: *Lactobacillus plantarum* MA, *Weissella cibaria* I A, *Weissella cibaria* I B, *Weissella cibaria* I, C *Lactobacillus plantarum* I D *Weissella cibaria* I H *Weissella confusa* II D *Weissella cibaria* II F

W zakwasie spontanicznym kwas octowy był wykrywany jedynie po 24 godzinach fermentacji, w późniejszych dobach nie był obecny. Wskazuje to na obecność bakterii octowych na początku fermentacji, można przypuszczać, że w tym zakwasie nie rozwinęły się hetero fermentacyjne bakterie fermentacji mlekowej.

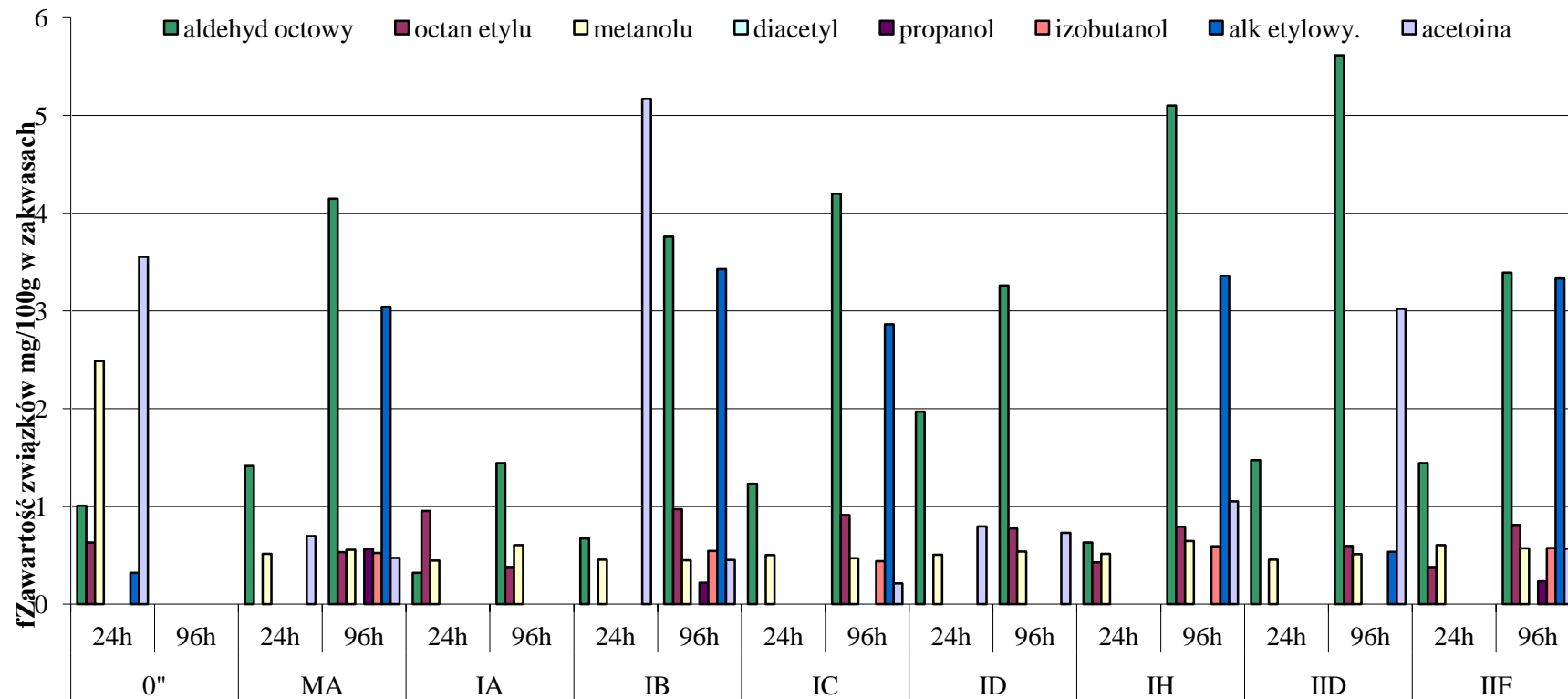
### 5.5. Badanie przydatności monokultur szczepów LAB do kształtowania cech sensorycznych zakwasów na podstawie ich zdolności do syntezy związków wpływających na aromat pieczywa.

Zdolność kultur starterowych do syntezy związków wpływających na aromat pieczywa oceniano na podstawie zawartości kwasu octowego i poszczególnych ubocznych produktów fermentacji w zakwasach, oznaczonych metodą chromatografii gazowej. Wyniki przedstawiono na rysunku 3.

Najwięcej związków zapachowych wykryto w zakwasach MA, IB, IH, IIF. Po 24 godzinach fermentacji stwierdzono stosunkowo wysoki poziom acetoiny w zakwasie otrzymanym spontanicznie, a także IB. Zawartość takich związków wpływających na aromat zakwasów jak octan etylu, acetoina i diacetyl w zakwasach z kulturami starterowymi pozostawała na zbliżonym poziomie po 24 godzinach fermentacji, w zakwasie spontanicznym więcej było diacetylu, octanu etylu i metanolu. Wraz ze wzrostem czasu fermentacji we wszystkich zakwasach rosła zawartość alkoholi: metanolu, etanolu, propanolu, butanolu. W zakwasie IC wykryto wyjątkowo wysoki poziom aldehydu octowego po 24 h fermentacji.

Nieprzyjemny zapach zakwasu otrzymanego spontanicznie po 24 godzinach fermentacji był prawdopodobnie wzmacniany obecnością kwasu octowego i metanolu.

Rys. 3. Wpływ mono kultury starterowej szczepów LAB na zawartość związków wpływających na aromat, w zakwasach z samopszy



Oznaczenia szczepów LAB zastosowanych w monokulturach: *Lactobacillus plantarum* MA, *Weissella cibaria* IA, *Weissella cibaria* IB, *Weissella cibaria* IC, *Lactobacillus plantarum* ID, *Weissella cibaria* IH, *Weissella confusa* IID, *Weissella cibaria* IIF

## 5.6. Badanie wpływu monokultur szczepów LAB na skład mikroorganizmów w zakwasach.

Oceniono wpływ kultur starterowych na zawartość poszczególnych grup drobnoustrojów w zakwasach. Wyniki przedstawiono w tabelach 10,11.

**Tabela 11.** Wpływ zastosowanej kultury starterowej na liczbę bakterii fermentacji mlekowej w zakwasach z samopszy po 24 h fermentacji i po odświeżeniu dwu (72 h) i trzykrotnym (96 h).

| Rodzaj kultury starterowej | Liczba LAB po fermentacji (j.t.k./g) |                   |                   |                   |
|----------------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                            | 24h                                  | 48 h              | 72h               | 96h               |
| MA                         | $4,0 \times 10^8$                    | $6,0 \times 10^8$ | $2,8 \times 10^8$ | $9,0 \times 10^8$ |
| I A                        | $2,0 \times 10^8$                    | $2,7 \times 10^8$ | $4,0 \times 10^8$ | $1,5 \times 10^9$ |
| I B                        | $3,0 \times 10^9$                    | $1,2 \times 10^9$ | $8,0 \times 10^8$ | $2,5 \times 10^9$ |
| I C                        | $2,3 \times 10^9$                    | $1,8 \times 10^9$ | $1,2 \times 10^9$ | $2,2 \times 10^9$ |
| I D                        | $2,5 \times 10^9$                    | $2,0 \times 10^8$ | $1,3 \times 10^9$ | $3,0 \times 10^9$ |
| I H                        | $8,0 \times 10^8$                    | $4,5 \times 10^8$ | $4,0 \times 10^8$ | $2,0 \times 10^9$ |
| II D                       | $1,0 \times 10^9$                    | $7,8 \times 10^8$ | $9,0 \times 10^8$ | $2,0 \times 10^9$ |
| II F                       | $1,0 \times 10^9$                    | $8,0 \times 10^8$ | $9,0 \times 10^8$ | $2,8 \times 10^8$ |
| I 0                        | $6,3 \times 10^8$                    | $4,0 \times 10^9$ | $1,5 \times 10^9$ | $2,0 \times 10^9$ |

n.w. - nie wykryto

**Tabela 12.** Wpływ kultury starterowej na liczbę drożdży w zakwasach z samopszy po 24 h fermentacji i po odświeżaniu dwu (72h) i trzykrotnym (96 h).

| Rodzaj kultury starterowej | Liczba drożdży po fermentacji (j.t.k./g) |                   |                   |                   |
|----------------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|
|                            | 24h                                      | 48                | 72h               | 96h               |
| MA                         | $1,5 \times 10^7$                        | $8,0 \times 10^6$ | $6,0 \times 10^6$ | $1,0 \times 10^7$ |
| I A                        | $9,6 \times 10^6$                        | $1,2 \times 10^7$ | $2,8 \times 10^7$ | $6,0 \times 10^6$ |
| I B                        | $7,2 \times 10^6$                        | $1,8 \times 10^7$ | $1,7 \times 10^7$ | $2,0 \times 10^7$ |
| I C                        | $2,5 \times 10^5$                        | $7,6 \times 10^6$ | $9,0 \times 10^6$ | $2,0 \times 10^7$ |
| I D                        | $3,0 \times 10^5$                        | $8,0 \times 10^6$ | $1,0 \times 10^7$ | $4,0 \times 10^7$ |
| I H                        | $9,0 \times 10^5$                        | $4,0 \times 10^6$ | $5,0 \times 10^6$ | $4,0 \times 10^6$ |
| II D                       | $1,7 \times 10^6$                        | $1,0 \times 10^7$ | $1,0 \times 10^7$ | $3,0 \times 10^7$ |
| II F                       | $2,0 \times 10^5$                        | $5,0 \times 10^6$ | $8,0 \times 10^6$ | $1,0 \times 10^7$ |
| I 0                        | $2,5 \times 10^6$                        | $3,0 \times 10^6$ | $7,6 \times 10^6$ | $1,4 \times 10^7$ |
| „0”                        | $3,0 \times 10^5$                        | $4,2 \times 10^6$ | $5,0 \times 10^6$ | $1,0 \times 10^7$ |

n.w. - nie wykryto

Liczba bakterii fermentacji mlekowej i drożdży w zakwasach utrzymywała się na właściwym dla tego środowiska poziomie, przy czym w zakwasach, których fermentacja była inicjowana poprzez dodatek kultur starterowych już po pierwszej dobie fermentacji liczba LAB osiągała poziom  $10^9$  j.t.k./g.

**Tabela 13.** Wpływ zastosowanej kultury starterowej na liczbę pleśni w zakwasach z samopszy po 24 h fermentacji i po odświeżeniu dwu (72h) i trzykrotnym (96 h).

| Rodzaj kultury starterowej | Liczba pleśni po fermentacji (j.t.k./g) |                   |     |      |
|----------------------------|---|-------------------|-----|------|
|                            | 24h                                     | 48h               | 72h | 96h  |
| MA                         | n.w                                     | n.w               | n.w | n.w  |
| I A                        | n.w                                     | n.w               | n.w | n.w. |
| I B                        | $6,0 \times 10^1$                       | n.w               | n.w | n.w  |
| I C                        | n.w                                     | n.w               | n.w | n.w  |
| I D                        | n.w                                     | n.w               | n.w | n.w. |
| I H                        | n.w                                     | n.w               | n.w | n.w  |
| II D                       | $5,0 \times 10^2$                       | $1,0 \times 10^1$ | n.w | n.w  |
| II F                       | $1,0 \times 10^2$                       | n.w.              | n.w | n.w  |
| „0”                        | $1,0 \times 10^1$                       | $1,2 \times 10^1$ | n.w | n.w  |

n.w.- nie wykryto

Zastosowanie kultur starterowych skutecznie hamuje rozwój pleśni już po 24h fermentacji. Po tym czasie obecność pleśni wykryto w zakwasie fermentującym spontanicznie i z udziałem monokultury szczepu IID, I B, IIF, natomiast po 48 h fermentacji pleśnie były obecne jedynie w zakwasie ze szczepem IID i spontanicznym.

Liczba bakterii fermentacji mlekowej i drożdży w zakwasach utrzymywała się na właściwym dla tego środowiska poziomie, przy czym w zakwasach, których fermentacja była inicjowana poprzez dodatek kultur starterowych już po pierwszej dobie fermentacji liczba LAB osiągała poziom  $10^9$  j.t.k./g.

Zastosowanie kultur starterowych skutecznie hamuje rozwój pleśni już po 24h fermentacji.

Po tym czasie obecność pleśni wykryto jedynie w zakwasie fermentującym spontanicznie i z udziałem monokultury szczepu *P.pentosaceus* KKP1805.

### 5.7. Opracowanie kultury starterowej do pieczywa z pierwotnej odmiany pszenicy -samopszy Ocena przydatności szczepów LAB stosowanych w kulturach mieszanych,

Komponowanie składu kultur starterowych przeprowadzono na podstawie właściwości biotechnologicznych autochtonicznych szczepów bakterii mlekowych przedstawionych powyżej (zdolność do wzrostu, synteza kwasu mlekowego i octowego w zakwasach indywidualna zdolność do kształtowania cech fizykochemicznych zakwasów, właściwości antydrobnoustrojowe, a także zdolności szczepów LAB w monokulturach do syntezy związków aromatotwórczych).

Do mieszanych kultur starterowych zastosowano szczepy LAB w następujących zestawieniach

**K I** – *Lactobacillus plantarum*D, *Weissella cibaria* I C,

K II - *Lactobacillus plantarum* MA, *Weissella confusa* II D, *Weissella cibaria* I A

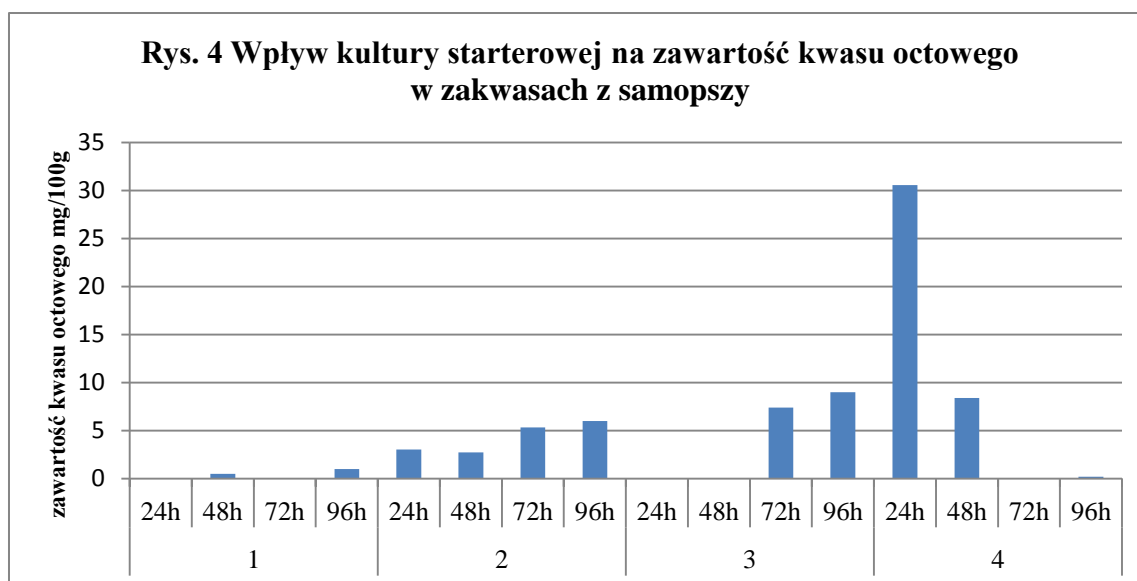
KIII - *Lactobacillus plantarum* MA, *Weissella cibaria* I A

**Tabela. 14.** Ilość kwasu mlekowego w zakwasach z samopszy w zależności od czasu fermentacji (g/100g zakwasu)

| Rodzaj zakwasu   | Czas fermentacji (h) | Ilość kwasu mlekowego (g/100g) |            |      |
|--|----------------------|--------------------------------|------------|------|
|  |                      | D- mlekowy                     | L- mlekowy | Suma |
| I <i>L.plantarum</i> I D<br><i>W. cibaria</i> I C                            | 24                   | 0,15                           | 0,25       | 0,40 |
|  | 48                   | 0,27                           | 0,38       | 0,65 |
|  | 72                   | 0,23                           | 0,88       | 1,11 |
|  | 96                   | 0,20                           | 0,84       | 1,04 |
| II MA <i>L. plantarum</i><br><i>W. confusa</i> II D<br><i>W. cibaria</i> I A | 24                   | 0,64                           | 0,45       | 1,09 |
|  | 48                   | 0,51                           | 0,47       | 0,98 |
|  | 72                   | 0,57                           | 0,41       | 0,98 |
|  | 96                   | 0,58                           | 0,48       | 1,16 |
| III <i>L.plantarum</i> ID<br><i>W. cibaria</i> IA                            | 24                   | 0,26                           | 0,32       | 0,58 |
|  | 48                   | 0,45                           | 0,41       | 0,86 |
|  | 72                   | 0,43                           | 0,52       | 0,95 |
|  | 96                   | 0,44                           | 0,53       | 0,97 |
| IV próba kontrolna,<br>zakwas spontaniczny                                   | 24                   | 0,16                           | 0,31       | 0,47 |
|  | 48                   | 0,34                           | 0,48       | 0,82 |
|  | 72                   | 0,42                           | 0,53       | 0,95 |
|  | 96                   | 0,39                           | 0,54       | 0,93 |

Najwięcej kwasu mlekowego po pierwszej dobie wykryto w zakwasie z udziałem kultury starterowej II. Również w tym zakwasie stwierdzono, że poziom kwasu octowego utrzymywał się na zbliżonym poziomie w całym czasie fermentacji poziomie od 3 do 5,5 mg/100g





**Tabela 15.** Ocena fizykochemiczna zakwasów z samopszy otrzymanych z użyciem złożonych kultur starterowych, w wyniku trwającej przez 24 h jedностopniowej fermentacji w temperaturze 25°C oraz po odświeżaniu.

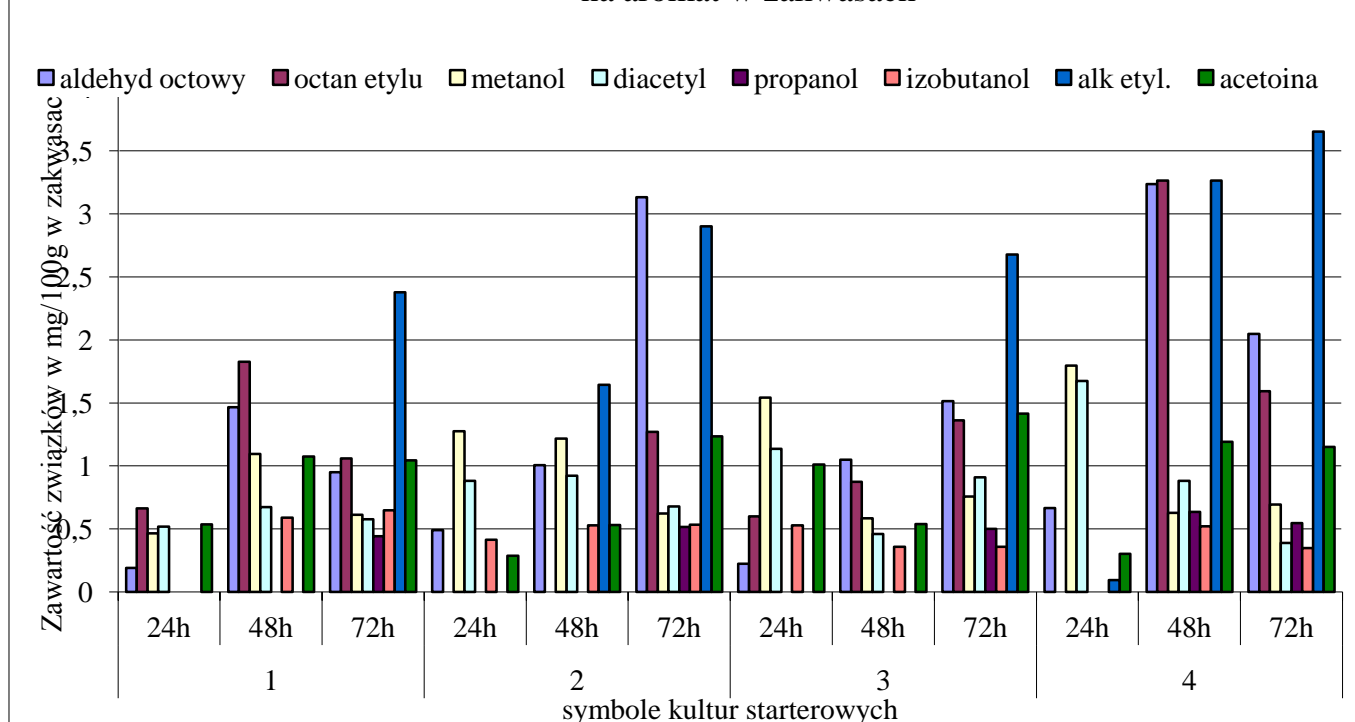
| Kultura starterowa   | pH   |             |      |      | Kwasowość ogólna [°kw] |             |      |      |
|--|------|-------------|------|------|------------------------|-------------|------|------|
|  | 24h  | odświeżenie |      |      | 24h                    | odświeżenie |      |      |
|  |      | 48h         | 72h  | 96h  |                        | 48h         | 72h  | 96h  |
| I <i>L.plantarum</i> I D<br><i>W. cibaria</i> I C                            | 3,99 | 3,92        | 3,98 | 3,79 | 12,6                   | 12,2        | 12,4 | 12,8 |
| II MA <i>L. plantarum</i><br><i>W. confusa</i> II D<br><i>W. cibaria</i> I A | 3,62 | 3,61        | 3,66 | 3,63 | 17,8                   | 16,2        | 14,3 | 15,4 |
| III <i>L.plantarum</i> ID<br><i>W. cibaria</i> IA                            | 4,0  | 3,73        | 3,63 | 3,67 | 12,2                   | 15,8        | 15,8 | 15,4 |
| IV próba kontrolna,<br>zakwas spontaniczny                                   | 4,19 | 3,71        | 3,77 | 3,76 | 15,2                   | 14,6        | 13,0 | 13,2 |

**Tabela 16.** Ocena sensoryczna zakwasów z samopszy otrzymanych z udziałem kultur starterowych zawierających poszczególne szczepy LAB, fermentacja w temperaturze 25°C.

| kultura starterowa/<br>szczep  | Ocena zakwasów po 24 h i po odświeżeniu   |   |  |  |
|--|---|---|--|--|
|  | 24 h  | 48 h  | 72 h   | 96 h   |
| I<br><i>L.plantarum I D</i><br><i>W. cibaria I C</i>                         | z: kwaśny, nuta mleczna, roślinny<br>szczawiowy<br>orzeźwiający<br>k: gładka<br>b: beżowo-żółta | z: kwaśny,<br>przyjemnie<br>słodkawy, lekko<br>miodowy,<br>k: luźna,<br>półpłynna,<br>spieniony<br>b: beżowo- żółta | z: owocowo-<br>estrowy,<br>alkoholowy<br>k: luźna ze<br>skorupą<br>b: beżowo- żółta                                      | z: kwaśny,<br>roślinny,<br>szczawiowy<br>k: gładka<br>b: beżowa                              |
| II MA <i>L. plantarum</i><br><i>W. confusa II D</i><br><i>W. cibaria I A</i> | z : kwaśny,<br>łagodny , nuta<br>mleczna,<br>k: gładka, b:<br>beżowo-żółta                      | z: lekko kwaśny,<br>mączny roślinny,<br>mleczny<br>k: luźna, lekko<br>spieniony<br>b: beżowo- żółta                 | z: kwaśny-lekko<br>octowy,<br>drożdżowy,<br>mleczny, estrowy<br>k: gładka, luźna<br>b: beżowo-żółta                      | z: kwaśny,<br>drożdżowy,<br>szczawiowy<br>k: gładka<br>b: beżowa                             |
| III<br><i>L.plantarum ID</i><br><i>W. cibaria IA</i>                         | z:kwaśny, mączny,<br>lekko mleczny<br>k: gładka,<br>b: beżowo-żółta                             | Z: łagodnie<br>kwaśny, mączny<br>k: gładka,<br>półpłynna<br>b: beżowo- żółta  | z: lekko kwaśny<br>drożdżowo-<br>estrowy<br>k: gładka<br>b: beżowa   | z: kwaśno -słodki<br>drożdżowy,<br>mleczny,<br>k: gładka<br>b: beżowa                        |
| „0” IV próba kontrolna,<br>zakwas spontaniczny                               | z: drożdżowy,<br>kwasu masłowego<br>i kiszonek,<br>k: luźna<br>b: beżowo-żółta                  | z: mocny ,<br>aldehydowy,<br>kiszonek, lekko<br>gnilny<br>k: luźna, gładka<br>b: beżowo-żółta                       | z: słaby octowo-<br>kwaśny, mączny<br>k: luźna, gładka,<br>lekko spieniona,<br>na wierzchu<br>skorupa<br>b: beżowo-żółta | z: octowo-kwaśny,<br>kiszonek, roślinny<br>k: gładka, luźna,<br>lekko spieniona<br>b: beżowa |

- Ocena przydatności kultur do kształtowania cech sensorycznych zakwasów i pieczywa na podstawie ich zdolności do syntezy związków wpływających na aromat pieczywa). Kultury złożone oceniono (screening) pod względem zdolności do syntezy związków wpływających na zapach zakwasów, a także pieczywa. Poniżej (rysunek 5) przedstawiono zawartość związków kształtujących aromat w poszczególnych zakwasach.

Rys.5. Wpływ kultury starterowej na zawartość związków wpływających na aromat w zakwasach



Zaobserwowano, że w przypadku wszystkich zakwasów w kolejnych dobach fermentacji wzrasta liczba i stężenie wykrywanych związków wpływających na aromat. Po pierwszej dobie fermentacji zbliżone są profile związków wykrywanych w zakwasach z kulturami 2 i 3, wykryto tam więcej związków niż w zakwasie z kulturą 1 i otrzymanym w wyniku fermentacji spontanicznej. Po przeszczepieniu (48h) wyraźnie więcej związków zapachowych, związanych z metabolizmem drożdży jak aldehyd octowy, octan etylu i etanol, wykryto w zakwasie spontanicznym niż pozostałych.

Biorąc pod uwagę wyniki tej części badań do wypieków w skali mikrotechnicznej wybrano kulturę II.

Zakwasy i ciasta oceniano jako elementy procesu technologicznego

### 5.7.1 Badania w skali mikrotechnicznej

#### Opracowanie receptur i technologii produkcji wyrobów piekarskich z udziałem mąki z samopszy i wykonanie próbnich wypieków.

W badaniach w skali laboratoryjnej (mikrotechnicznej) opracowano i oceniono receptury wyrobów piekarskich z udziałem mąki z samopszy.

Wstępne wypieki laboratoryjne wykonano z próbek mąki z samopszy o charakterystyce przedstawionej w tabeli 1 (Samopsza VI). Chleb wypiekano metodą 2-fazową, w której 1. fazę stanowił zakwas piekarski o wydajności 200% (przygotowywany z mąki i wody zmieszanych w proporcji 1:1), z udziałem skomponowanych bakteryjnych kultur starterowych. Pełną dojrzałość technologiczną zakwas piekarski osiągnął po 24 godzinach fermentacji w temperaturze 30°C. Kwasowość zakwasu wzrosła w tym czasie do 16 stopni, osiągając pH na poziomie 3,57. Z dojrzałego zakwasu sporządzono ciasta, zgodnie z

recepturami podanymi w tabeli 17 stosując dodatek wody odpowiadający konsystencji 350 FU, uzyskanej w badaniu farinograficznym mąki. Udział mąki wprowadzanej do ciasta z zakwasem stanowił 20% ogólnej ilości mąki w cieście.

Próby obejmowały receptury przedstawione poniżej, próby powtarzano ze względu na optymalizację dodatków i dopracowanie warunków operacji. W wariantach receptur stosowano dodatek naturalnej substancji strukturotwórczej np. glutenu lub gumy ksantanowej w ilości 0,5% i 1%.

Badania nad otrzymywaniem pieczywa z samopszy w skali laboratoryjnej/mikrotechnicznej obejmowały warianty:

- 1 – Chleb z samopszy 100% –20% mąki w zakwasie
- 2 – Chleb z samopszy 100% –20% mąki w zakwasie, z dodatkiem glutenu 5%
- 3 – Chleb z samopszy 70% i mąki pszennej typ 550 30% –20% mąki s. w zakwasie
- 4 – Chleb z samopszy 50% i mąki pszennej typ 550 50% –20% mąki s. w zakwasie

Stosowano zakwas z samopszy, o wydajności 200:

mąka z samopszy 400 g + woda 400 cm<sup>3</sup> + starter 0,5% - 2 g, temperatura - 30°C,  
 czas fermentacji – 24 godziny.

**Tabela 17.** Składniki ciasta, wypiek w skali mikrotechnicznej (400 g mąki)

| Składniki w g           | Samopsza 100% | Samopsza 100% + gluten | Samopsza / pszenica zwyczajna 70%/30% | Samopsza / pszenica zwyczajna 50%/50% |
|-------------------------|---------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. zakwas z samopszy    | 160           | 160                    | 160                                   | 160                                   |
| 2. mąka z samopszy      | 320           | 320                    | 200                                   | 120                                   |
| 3. mąka pszenna typ 550 | -             | -                      | 120                                   | 200                                   |
| 4. Gluten 3%            | -             | 12                     | -                                     | -                                     |
| 5. Drożdże 3%           | 12            | 12                     | 12                                    | 12                                    |
| 6. Sól 1,7%             | 6,8           | 6,8                    | 6,8                                   | 6,8                                   |
| 7. Woda                 | 159           | 179                    | 160                                   | 160                                   |

**Tabela 18.** Parametry technologiczne ciasta

| Wyszczególnienie badania |                    | Rodzaj próbki ciasta, zawartość samopszy-S |                    |                                      |                                      |
|--------------------------|--------------------|--|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Kwasowość faz            |                    | S 100%                                     | S 100% +<br>gluten | S / pszenica<br>zwyczajna<br>70%/30% | S / pszenica<br>zwyczajna<br>50%/50% |
| zakwas<br>0 h            | kwasowość, stopnie | 2,0  |                    |                                      |                                      |
|                          | pH                 | 6,21                                       |                    |                                      |                                      |
| zakwas<br>24h            | kwasowość, stopnie | 16,2                                       |                    |                                      |                                      |
|                          | pH                 | 3,57                                       |                    |                                      |                                      |
| ciasto                   | kwasowość, stopnie | 7,2  | 6,7                | 6,1                                  | 6,1                                  |
|                          | pH                 | 4,69                                       | 4,77               | 4,59                                 | 4,49                                 |
| Wydajność ciasta         |                    | 160  | 165                | 160                                  | 160                                  |
| Czas fermentacji         |                    |  |                    |                                      |                                      |
|                          | Masa ciasta        | 30   | 30                 | 30                                   | 30                                   |
|                          | Kęsy ciasta        | 63   | 75                 | 75                                   | 75                                   |

\*mąka+woda

Ciasto poddawano wstępnej fermentacji w masie przez 30 min po czym dzielono je na kęsy o masie 250g. Rozrost kęsów przeprowadzano w komorze fermentacyjnej o wilgotności względnej powietrza 75% i temperaturze 35°C. Wypiek przeprowadzano w komorowym piecu piekarskim, w atmosferze pary, w temperaturze 230°C.

**Tabela 19.** Charakterystyka jakościowa chleba

| Lp | Wyszczególnienie ocenianych właściwości  | Samopsza 100% | Samopsza 100% +<br>gluten | Samopsza /<br>pszenica<br>zwyczajna<br>70%/30% | Samopsza /<br>pszenica<br>zwyczajna<br>50%/50% |
|----|--|---------------|---------------------------|--|--|
| 1. | Wydajność<br>(masa chleba ze 100 g mąki) | 131,0         | 140,0                     | 131,8  | 132,0  |
| 2. | Objętość, cm <sup>3</sup> /100g pieczywa | 259*          | 280                       | 277  | 288  |
| 3. | Objętość, cm <sup>3</sup> /100 g mąki    | 341           | 392                       | 365  | 380  |
| 4. | Wilgotność męki, %                       | 42,0          | 43,0                      | 42,8   | 43,6   |
| 5. | Kwasowość męki, stopnie                  | 4,7           | 4,5                       | 4,6  | 4,6  |
| 6. | Twardość (Instron), G<br>[N]             | 2600          | 2100                      | 1900   | 2050   |
|    |  | 25,5          | 20,6                      | 18,6   | 20,1   |
| 7. | Ocena organoleptyczna<br>punktowa, wg PN | 30,1          | 34,5                      | 35,3   | 36,0   |

\*chleb miał dziurę w męki

Chleb uzyskany według pierwszej receptury tj. w 100% z mąki z samopszy miał najniższą objętość, był wadliwy, miał odstającą skórę, grubościenną strukturę męki i nierównomierną porowatość. Taki rezultat wypiekowy był zgodny z przypuszczeniami

sformułowanymi na podstawie analizy jakości użytej mąki z samopszy. W celu wzmocnienia struktury ciasta i poprawy jakości chleba w 100% wypiekanego z samopszy zastosowano 3% dodatek glutenu. W wyniku tego zabiegu uzyskano chleb o dobrej jakości, wykazujący wyższą objętość, z miększym o średniej grubości ścian i dość równomierniej porowatości. Innymi możliwościami poprawy jakości chleba z samopszy jest zastąpienie części tej mąki mąką z pszenicy zwyczajnej. W przeprowadzonych doświadczeniach zastosowano 30% i 50% udział mąki z pszenicy zwyczajnej o parametrach jakości przedstawionych w tabeli 1. Zastąpienie części mąki z samopszy mąką z pszenicy zwyczajnej spowodowało wzrost objętości pieczywa tym większy im większy był udział mąki z pszenicy zwyczajnej. Zdecydowanej poprawie ulegała struktura i elastyczność miększu pieczywa z udziałem mąki pszennej.

Próby poprawienia jakości chleba z samopszy w kolejnej serii badań w skali laboratoryjnej/mikrotechnicznej wykonano stosując dodatki wymienione w tabeli 20.

Wykonano:

- 1 – Chleb z samopszy 100% –20% mąki w zakwasie, z dodatkiem glutenu 5%
- 2 – Chleb z samopszy 100% –20% mąki w zakwasie, z dodatkiem gumy ksantanowej 1%
- 3 – Chleb z samopszy (70%) i mąki pszennej typ 550 (30%) –20% mąki s. w zakwasie
- 4 – Chleb tostowy z samopszy 100% –20% mąki s. w zakwasie, z dodatkiem gumy ksantanowej 0,5%

Zakwas z samopszy otrzymano w sposób opisany poprzednio (w. 200, temperatura - 30°C, - czas fermentacji – 24 godziny).

**Tabela 20.** Składniki ciast z mąki z samopszy (ciasta z 1200 g mąki)

| Składniki w g           | Samopsza 100% + gluten | Samopsza 100% + guma ksantanowa | Samopsza / pszenica zwyczajna 70%/30% | Chleb tostowy Samopsza /100% |
|-------------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| zakwas z samopszy       | 480                    | 480                             | 480                                   | 480                          |
| mąka z samopszy         | 960                    | 960                             | 600                                   | 960                          |
| mąka pszenna typ 550    | -                      | -                               | 360                                   | -                            |
| gluten                  | 60                     | -                               | -                                     | -                            |
| guma ksantanowa         | -                      | 12                              | -                                     | 6                            |
| drożdże                 | 36                     | 36                              | 36                                    | 48                           |
| sól                     | 20,4                   | 20,4                            | 20,4                                  | 20,4                         |
| margaryna               | -                      | -                               | -                                     | 72                           |
| cukier                  | -                      | -                               | -                                     | 36                           |
| mleko w proszku odtł.   | -                      | -                               | -                                     | 36                           |
| polepszacz emulgatorowy | -                      | -                               | -                                     | 12                           |
| woda                    | 540                    | 740                             | 480                                   | 420                          |

W tabeli 21 przedstawiono parametry jakości uzyskanych ciast i zakwasu. Kwasowość i pH dojrzałego zakwasu oraz ciasta po fermentacji w masie były bardzo podobne do uzyskanych w poprzednim doświadczeniu. W stosunku do poprzedniego doświadczenia zwiększono wydajność ciasta z samopszy 100% z dodatkiem glutenu uzyskując tym samym lepsze

właściwości elasto-plastyczne tego ciasta a w konsekwencji lepszą jakość chleba (większą objętość i poprawę cech miękiszu). Różnica dotyczyła również masy kęsów ciasta, którą zwiększono do 650 g, co wpłynęło na skrócenie czasu rozrostu, o którym zdecydowało także zastosowanie drożdży o większej sile pędnej.

**Tabela 21.** Parametry technologiczne ciasta

| Wyszczególnienie badania |                    | Rodzaj próbki ciasta, zawartość samopszy-S |                               |                          |                            |
|--------------------------|--------------------|--|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Kwasowość faz            |                    | S 100%<br>+ gluten                         | S 100%<br>+guma<br>ksantanowa | S 70%<br>pszenica<br>30% | Chleb<br>tostowy S<br>100% |
| zakwas<br>0 h            | kwasowość, stopnie | 2,3  |                               |                          |                            |
|                          | pH                 | 6,38                                       |                               |                          |                            |
| zakwas<br>24h            | kwasowość, stopnie | 15,1                                       |                               |                          |                            |
|                          | pH                 | 3,60                                       |                               |                          |                            |
| ciasto                   | kwasowość, stopnie | 7,4  | 6,6                           | 7,2                      | 7,3                        |
|                          | pH                 | 4,66                                       | 4,69                          | 4,56                     | 4,96                       |
| Wydajność ciasta         |                    | 169  | 182                           | 160                      | 155                        |
| Czas fermentacji         |                    |  |                               |                          |                            |
|                          | Masa ciasta        | 30   | 30                            | 30                       | 30                         |
|                          | Kęsy ciasta        | 40   | 40                            | 35                       | 28                         |

\*mąka+woda

Zwiększenie masy kęsów ciasta w istotny sposób wpłynęło na wydajność pieczywa, która była wyższa niż uzyskana w 1. doświadczeniu dla tych samych wariantów ciast (tabela 22). Najlepszą jakością odznaczał się chleb z dodatkiem glutenu, miał najwyższą objętość, najbardziej równomiernie spulchniony i najbardziej miękki miękisz. Taką samą twardością charakteryzował się chleb tostowy ale struktura jego miękiszu była mało zwięzła, chleb się kruszył podczas krojenia, a porowatość była grubościenna i nierównomierna, co nie jest pożądane dla tego typu chleba. Zastosowanie gumy ksantanowej jako poprawiacza struktury miękiszu nie dało oczekiwanych rezultatów, miękisz miał grubościenną i nierównomierną porowatość i najniższą objętość spośród bochenków z tej serii wypieków.

**Tabela 22.** Charakterystyka jakościowa chleba

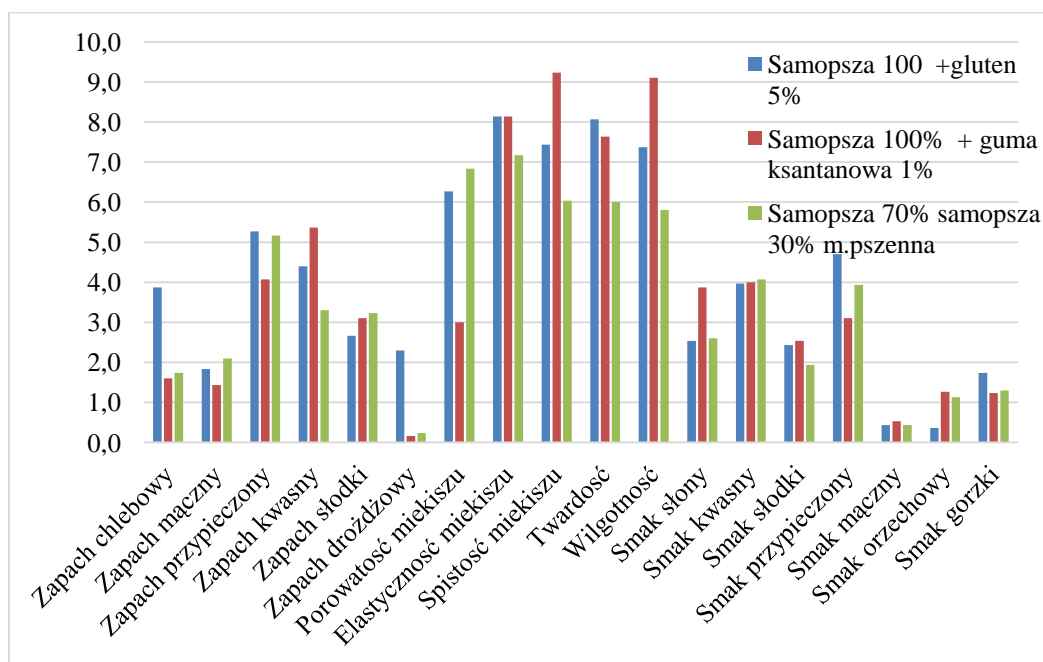
| Lp | Wyszczególnienie                         | Samopsza<br>100%<br>+ gluten | Samopsza<br>100%<br>+ guma<br>ksantanowa | Samopsza /<br>pszenica<br>zwyczajna<br>70%:30% | Chleb<br>tostowy<br>Samopsza<br>100% |
|----|--|------------------------------|--|--|--------------------------------------|
| 1. | Wydajność (masa chleba ze 100 g mąki)    | 150,4                        | 155,0                                    | 142,0  | 145,5                                |
| 2. | Objętość, cm <sup>3</sup> /100g pieczywa | 306                          | 247                                      | 280  | 286                                  |
| 3. | Objętość, cm <sup>3</sup> /100 g mąki    | 460                          | 383                                      | 400  | 416                                  |
| 4. | Wilgotność miękiszu, %                   | 45,3                         | 47,5                                     | 42,5   | 46,5                                 |
| 5. | Kwasowość miękiszu, stopnie              | 4,2                          | 3,9                                      | 4,3  | 4,4                                  |
| 6. | Twardość (Instron), G<br>[N]             | 1050                         | 2025                                     | 1300   | 1050                                 |
|    |  | 10,3                         | 19,9                                     | 12,7   | 10,3                                 |
| 7. | Ocena organoleptyczna punktowa,<br>wg PN | 37,2                         | 33,5                                     | 36,0   | 31,8                                 |

Najlepiej ocenione wypieki poddano ocenie metodą profilowania sensorycznego.

### Ocena sensoryczna wypieków metodą profilowania sensorycznego

Ocena wpływu składu surowcowego ciasta i sposobu jego prowadzenia (w tym zastosowanej kultury starterowej) na wybrane wyróżniki smakowo-zapachowe pieczywa została wykonana metodą profilowania sensorycznego przez wyszkolony zespół 8 degustatorów z zastosowaniem programu AnalSenses. Przeprowadzono wybór deskryptorów do oceny sensorycznej.

Istotą metody profilowania smakowitości jest założenie, że zarówno smakowitość, jak i aromat są wypadkową wielu składników, z których znaczną część można oddzielnie identyfikować i analizować. Charakterystyka smakowitości metodą profilowania sprowadza się do określenia: składników występujących w stężeniach ponadprogowych, sekwencji czasowej ich występowania; intensywności tła oraz intensywności smakowitości ogólnej. Ponieważ poszczególne wyróżniki lub nuty charakteryzowane są określeniami opisowymi, szczególnie ważne było ujednoczenie terminologii opisowej używanej przez oceniających. Ustalony i poddany dyskusji zbiór określeń w trakcie szkolenia kojarzony był z odpowiednimi dla poszczególnych składników wzorcowymi substancjami smakowymi (zapachowymi). Intensywność składników oceniano na nieustrukturowanej skali liniowej o długości 10 cm. Po zakończeniu oceny i wyrażeniu wszystkich pomiarów w milimetrach, obliczono wartość średnia dla każdej składowej [Gawęcka, Jędryka, 2001].



Rys.6. Ocena sensoryczna pieczywa z samopszy otrzymanego w wypiekach w skali mikrotechnicznej

W ocenie sensorycznej wykonanej metodą profilowania zaobserwowano, że zastosowanie dodatków strukturotwórczych ma wyraźny wpływ nie tylko na teksturę pieczywa lecz również na zapach pieczywa. Dodatek gumy ksantanowej spowodował podwyższenie oceny



odczucia elastyczności, spoistości i wilgotności miękiszu ale obniżył ocenę porowatości. Z kolei zastosowanie mąki pszennej i glutenu i jako dodatku technologicznego w zbliżony sposób wpływało na ocenę pieczywa, zaskakujący był efekt dodatku glutenu na zwiększenie odczucia zapachu chlebowego i drożdżowego a także smaku przypieczonego.

## Próby technologiczne w piekarniach

Receptury na chleb produkowany w piekarniach oparte były na schematach stosowanych w skali mikrotechnicznej. We wszystkich próbach z zakwasem wprowadzano do ciasta 20% w całkowitej ilości mąki. W niektórych wariantach stosowano mąkę pszenną jako dodatek poprawiający właściwości technologiczne mąki z samopszy.

### Piekarnia 1

1. Chleb z samopszy 100% –20% mąki w zakwasie, z dodatkiem glutenu 3%
2. Chleb z samopszy 70% i mąki pszennej typ 550 30% –20% mąki s. w zakwasie
3. Chleb z samopszy 100% –20% mąki w zakwasie, z dodatkiem gumy ksantanowej 1%

Do wypieków wykorzystywano mąkę używaną do wypieków laboratoryjnych (samopsza VI, mąka pszenna typ 550). Parametry zakwasu z samopszy: wydajność 200, kultura starterowa 0,5%, temperatura - 30°C, czas fermentacji – 24 godziny.

Tabela 23. Składniki ciast z samopszy otrzymywanych w piekarni nr 1

| Składniki w g        | Oznaczenie próby |      |      |
|----------------------|------------------|------|------|
|                      | 1                | 2    | 3    |
| Zakwas z samopszy    | 2000             | 2000 | 2000 |
| Mąka z samopszy      | 4000             | 2500 | 4000 |
| Mąka pszenna typ 550 | -                | 1500 | -    |
| Gluten               | 150              | -    | -    |
| Drożdże              | 150              | 150  | 150  |
| Guma ksantanowa      | -                | -    | 50   |
| Sól                  | 85               | 85   | 85   |
| Woda                 | 2400             | 2100 | 2900 |

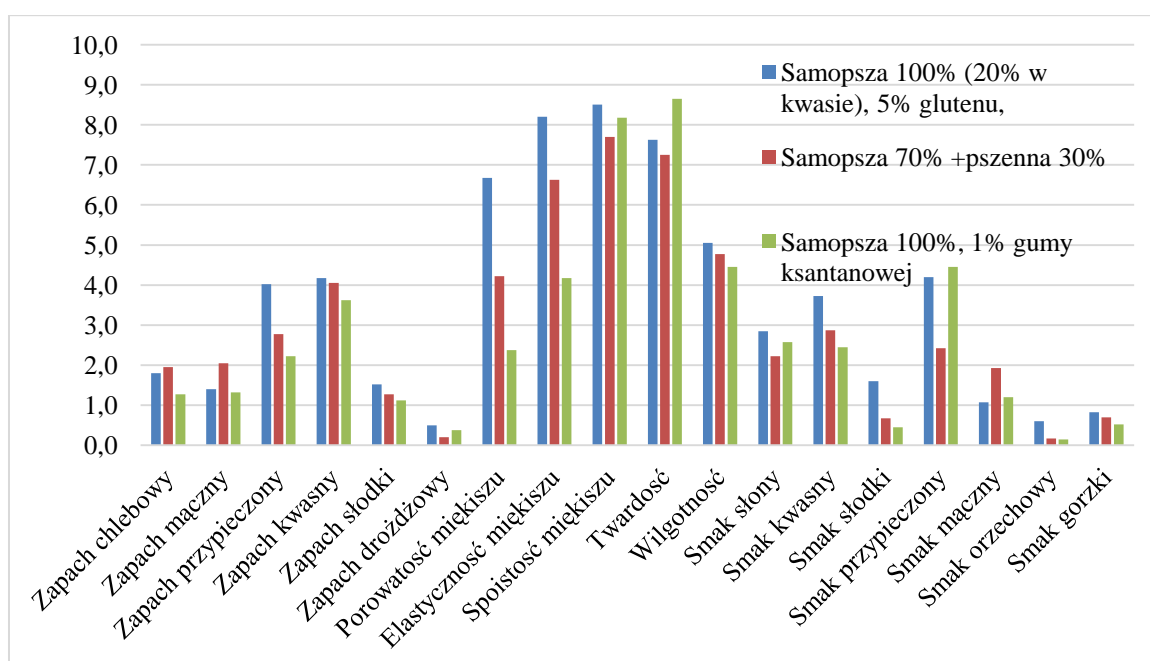
Chleb uzyskany w piekarni nr 1 ze składników podanych w tabeli 23 charakteryzował się podobną jakością do chleba tego samego typu uzyskanego w warunkach laboratoryjnych. Najwyższą objętość i najlepsze właściwości miękiszu miał chleb z dodatkiem glutenu, dobre właściwości stwierdzono także dla chleba z udziałem mąki pszennej natomiast chleb z dodatkiem gumy ksantanowej był niezadowolającej jakości.

Tabela 24. Charakterystyka jakościowa chleba

| Lp | Wyszczególnienie                         | 1    | 2    | 3*   |
|----|--|------|------|------|
| 1. | Objętość, cm <sup>3</sup> /100g pieczywa | 317  | 281  | 305  |
| 2. | Wilgotność miękkiszu, %                  | 44,5 | 48,9 | 45,1 |
| 3. | Kwasowość miękkiszu, stopnie             | 4,8  | 4,4  | 4,7  |
| 4. | Twardość (Instron), G                    | 1150 | 1400 | 2250 |
|    | N  | 11,3 | 13,7 | 22,0 |

\*chleb III ma dziurę w miękkiszu i bardzo nierównomierną porowatość

#### Ocena sensoryczna



Rys.7. Ocena sensoryczna pieczywa otrzymanego w piekarni I

Największe różnice pomiędzy badanymi wypiekami zaobserwowano w odniesieniu do tekstury, to jest porowatości i elastyczności miękkiszu, który został najwyżej oceniony przy zastosowaniu dodatku glutenu. Gluten spowodował także zintensyfikowanie zapachu i smaku przypieczonego.

Tabela 25. Charakterystyka mikrobiologiczna i trwałość pieczywa otrzymanego w piekarni I

| Grupy drobnoustrojów                  | Próbki pieczywa, liczba komórek (j.t.k/ml) |                                 |                                   |
|---------------------------------------|--|---------------------------------|-----------------------------------|
|                                       | samopsza 100%, z dodatkiem glutenu 5%      | samopsza 70% i mąka pszenna 30% | samopsza 100%, guma ksantanowa 1% |
| LAB                                   | $2,0 \times 10^1$                          | $1,3 \times 10^1$               | $2,0 \times 10^1$                 |
| bakterie przetrwalnikujące            | $1,6 \times 10^1$                          | n.w                             | n.w                               |
| ogólna liczba bakterii                | $2,5 \times 10^3$                          | $3,2 \times 10^3$               | $4,5 \times 10^3$                 |
| Bacillus cereus                       | n.w.                                       | n.w                             | $3,0 \times 10^0$                 |
| Bacillus subtilis                     | n.w.                                       | n.w.                            | n.w.                              |
| drożdże                               | n.w  | n.w                             | n.w                               |
| bakterie z grupy coli                 | n.w  | n.w                             | n.w                               |
| bakterie rodzaju Salmonella           | n.w  | n.w                             | n.w                               |
| Trwałość, objawy pleśnienia po dobach | po 7 dobach                                | po 8 dobach oznaki pleśnienia   | po 8 dobach brak oznak            |

Pieczywo otrzymane w piekarni 1 charakteryzowało się dobrą jakością mikrobiologiczną i trwałością przez około tydzień.

### Wypieki w piekarni 2

W piekarni II przeprowadzono serie doświadczeń z wykorzystaniem poniższych receptur 5 rodzajów chleba, których składniki podano w tabeli 26. Do produkcji używano mąkę z samopszy IX i mąkę pszenną typ 550, scharakteryzowane w tabeli 1. Prowadzenie ciasta przebiegało zgodnie z wytycznymi ustalonymi podczas wypieków laboratoryjnych. W celu urozmaicenia pieczywa i wzbogacenia aromatu zastosowano płatki owsiane do posypania powierzchni chleba z 75% udziałem mąki z samopszy oraz dodatek siemienia lnianego do ciasta.

**Tabela 26.** Składniki ciast z samopszy produkowanych w piekarni nr 2

| Składniki w g                        | 50%<br>samopsza | 75%<br>samopsza<br>pl. ow. II | 100%<br>samopsza | 100%<br>samopsza<br>+ siemię | 100%<br>samopsza |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|------------------|
|                                      | I               |                               | III              | IV                           | V                |
| 1. zakwas z samopszy                 | 2000            | 2000                          | 2000             | 2000                         | 2000             |
| 2. mąka z samopszy                   | 1500            | 2750                          | 4000             | 4000                         | 4000             |
| 3. mąka pszenna typ 550              | 2500            | 1250                          | -                | -                            | -                |
| 4. Siemię lniane                     | -               | -                             | -                | 250                          | -                |
| 5. Drożdże                           | 150             | 150                           | 150              | 150                          | 150              |
| 6. Sól                               | 90              | 90                            | 90               | 90                           | 90               |
| 7. Płatki owsiane na<br>powierzchnię | -               | 10                            | -                | -                            | -                |
| 8. Woda                              | 2000            | 2050                          | 2100             | 2200                         | 2200             |

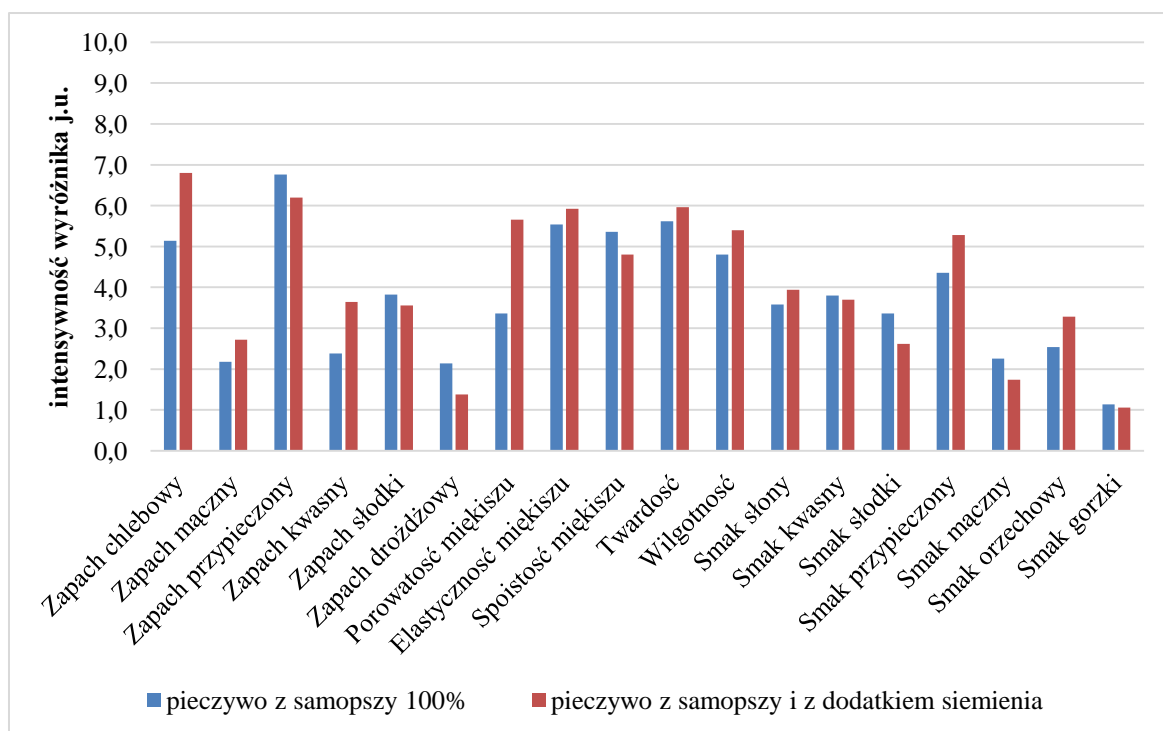
Uzyskano chleby o zróżnicowanej jakości uzależnionej przede wszystkim od rodzaju zastosowanych mąk (tabela 27). Chleby z samopszy z udziałem mąki pszennej oceniono wyżej z uwagi na wysoką objętość i teksturę natomiast chleby wypiekane w 100% z samopszy charakteryzowały się nieco gorszą strukturą miękiszu, bardziej grubościenną i mniej równomierną porowatością ale wyróżniały się bogatym i wyrazistym aromatem.

**Tabela 27.** Charakterystyka jakościowa chleba wyprodukowanego w piekarni nr 2

| Lp | Wyszczególnienie                           | 50%<br>samopsza<br>I | 75%<br>samopsza<br>pl. ow. II | 100%<br>samopsza<br>III | 100%<br>samopsza<br>+ siemię<br>IV | 100%<br>samopsza<br>V |
|----|--|----------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 1. | Objętość pieczywa<br>cm <sup>3</sup> /100g | 377                  | 352                           | 275                     | 290                                | 279                   |
| 2. | Wilgotność miękiszu,<br>%                  | 46,2                 | 45,6                          | 44,5                    | 45,2                               | 46,0                  |
| 3. | Kwasowość miękiszu,<br>stopnie             | 2,7                  | 2,8                           | 3,6                     | 3,4                                | 3,4                   |
| 4. | Twardość (Instron) G N                     | 1600<br>15,7         | 1750<br>17,2                  | 1350<br>13,2            | 1500<br>14,7                       | 1700<br>16,7          |
|    | Ocena organoleptyczna,<br>pkt. wg PN       | 36,8                 | 35,2                          | 29,0                    | 34,5                               | 33,5                  |

Ocena sensoryczna

Do oceny wybrano chleby z samopszy wypieczone w październiku oznaczone IV i V.



Rys.8. Analiza sensoryczna pieczywa otrzymanego w piekarni II.

W analizie sensorycznej pieczywa z samopszy 100%, w którym zakwas stanowił 20% całej mąki przewidzianej recepturą, oba warianty (pieczywo bez żadnych dodatków, pieczywo z dodatkiem zmielonego siemienia lnianego) oceniono na zbliżonym poziomie; wyższe oceny porowatości mięksizu otrzymało pieczywo z dodatkiem siemienia, dodatek ten wzmacniał ponadto odczucie zapachu chlebowego i odczucia smakowe-smak przypieczony. W porównaniu do wypieków w skali mikrotechnicznej i wypieków w piekarni 1, w których stosowano dodatki technologiczne lub mieszano mąkę z samopszy z mąką pszenną, niżej oceniono elementy tekstury pieczywa bez żadnych dodatków – jednak w ogólnym wrażeniu oceniający wskazywali na zharmonizowanie prób chleba bez dodatków. W przypadku mąki z samopszy o niskich parametrach wypiekowych zastosowanie dodatków wyraźnie poprawia jakość pieczywa.

W tabeli 28 przedstawiono wyniki analizy mikrobiologicznej pieczywa otrzymanego w piekarni.

**Tabela 28.** Ocena mikrobiologiczna pieczywa z mąką z samopszy

| Grupy drobnoustrojów                  | Próbki pieczywa, liczba komórek (j.t.k/ml) |                               |                            |                                  |                           |
|---------------------------------------|--|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|
|                                       | 50% samopsza<br>I                          | 75% samopsza<br>pł. ow.<br>II | 100% samopsza<br>III       | 100% samopsza<br>+ siemię<br>IV  | 100% samopsza<br>V        |
| LAB                                   | $1,0 \times 10^1$                          | $1,5 \times 10^1$             | $1,7 \times 10^1$          | $4,0 \times 10^1$                | $2,4 \times 10^1$         |
| ogólna liczba bakterii                | $4,0 \times 10^3$                          | $2,5 \times 10^3$             | $2,4 \times 10^3$          | $5,5 \times 10^3$                | $4,0 \times 10^3$         |
| bakterie przetrwalnikujące            | $1,8 \times 10^1$                          | n.w.                          | n.w.                       | $3,2 \times 10^1$                | n.w.                      |
| <i>Bacillus cereus</i>                | n.w.                                       | n.w.                          | $1,2 \times 10^1$          | $1,0 \times 10^1$                | n.w.                      |
| <i>Bacillus subtilis</i>              | n.w.                                       | n.w.                          | n.w.                       | n.w.                             | n.w.                      |
| drożdże                               | n.w.                                       | n.w.                          | n.w.                       | n.w.                             | n.w.                      |
| pleśnie                               | n.w.                                       | n.w.                          | n.w.                       | $1,0 \times 10^1$                | n.w.                      |
| bakterie z grupy coli                 | n.w.                                       | n.w.                          | n.w.                       | n.w.                             | n.w.                      |
| bakterie rodzaju <i>Salmonella</i>    | n.w.                                       | n.w.                          | n.w.                       | n.w.                             | n.w.                      |
| Trwałość, objawy pleśnienia po dobach | po 7 dobach                                | po 10 dobach<br>brak oznak    | po 10 dobach<br>brak oznak | po 7 dobach<br>oznaki pleśnienia | po 8 dobach<br>brak oznak |

Pod względem czystości mikrobiologicznej pieczywa otrzymane w piekarniach należy ocenić dobrze, niestety zaobserwowano negatywny wpływ dodatku siemienia lnianego na jakość mikrobiologiczną, czego efektem było pojawienie się pleśni i zmniejszona trwałość pieczywa. Należałoby zatem stosować siemię o lepszej czystości mikrobiologicznej.

Na podstawie analizy poszczególnych składników obliczono wartość energetyczną pieczywa z samopszy. Wyniki przedstawiono w tabeli 29.

**Tabela 29.** Wpływ udziału mąki z samopszy na zawartość składników odżywczych i wartość energetyczną 100g pieczywa

| Zawartość składników/<br>100g pieczywa | Rodzaj pieczywa        |                                     |                           |                       |
|--|------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
|  | Pieczywo samopsza 100% | Pieczywo samopsza 100% z siemieniem | Pieczywo Samopsza +gluten | Pieczywo Samopsza 70% |
| błonnik                                | 3,2                    | 3,3                                 | 2,9                       | 2,8                   |
| białko                                 | 8,0                    | 8,1                                 | 11,9                      | 8,7                   |
| popiół                                 | 0,9                    | 0,9                                 | 0,7                       | 0,7                   |
| Tłuszcz                                | 0,7                    | 1,3                                 | 0,5                       | 0,4                   |
| Woda                                   | 46,0                   | 45,2                                | 44,5                      | 48,9                  |
| Węglowodany z różnicy                  | 41,2                   | 41,2                                | 39,5                      | 38,5                  |
| Wartość energetyczna [kcal/100g]       | 209,3                  | 215,5                               | 215,7                     | 199,0                 |

Pieczywo z samopszy charakteryzuje się stosunkowo niską wartością energetyczną.

**Tabela 30.** Zawartość polifenoli i wybranych mikroelementów oraz aktywność przeciwutleniająca

| Mąka z samopszy/<br>pieczywo     | Zawartość mikroelementów mg/kg s.m. |      | Suma związków fenolowych [mg GAE/100g] | Aktywność antyoksydacyjna (AOA) z odczynnikiem |                   | Zawartość tokoferolu (witaminy) mg/100g |
|----------------------------------|-------------------------------------|------|--|--|-------------------|---|
|                                  | Fe                                  | Zn   |  | DPPH [mg TE/100g]                              | ABTS [mg TE/100g] |   |
| Mąka IX                          | 16,4                                | 16,5 | 134,0 ± 2,3                            | 82,0 ± 2,5                                     | 244,2 ± 15,2      | 0,10 ± 0,01                             |
| Samopsza 100 +gluten (z mąki VI) | 15,5                                | 16,6 | 80,0 ± 0,1                             | 68,8 ± 2,5                                     | 224,8 ± 16,1      | 0,08 ± 0,01                             |

Zawartość mikroelementów w mące i pieczywie z samopszy była zbliżona do podawanych w tablicach wartości odżywczej pieczywa i podawanej w literaturze (Ragae 2006).

Zawartość związków polifenolowych w mące i pieczywie z samopszy można ocenić jako wysoką, podobnie jak aktywność antyoksydacyjną.

Aktywność antyoksydacyjna wyrażona w równoważnikach troloksu jest wyższa w porównaniu do wartości podawanych przez Lachman (2012). Trudno również porównać zawartość tokoferolu z innymi pracami, Hidalgo (2006) podaje średnią zawartość tokoferoli w samopszy na poziomie 77,96 µg/g s.m, a zawartość α-tokoferolu na poziomie 12,2 µg/g s.m po przeliczeniu otrzymana w pracy zawartość tokoferolu jest niższa.

### **Wnioski**

1. Ekologiczne pieczywo z samopszy na zakwasie stanowi atrakcyjną propozycję dla świadomych konsumentów wybierających pieczywo o wysokiej wartości odżywczej i walorach sensorycznych ale preferujących pieczywo jasne, ponieważ pieczywo z mąki z samopszy, nawet o wysokiej zawartości popiołu, charakteryzuje się jasną –żółtawą barwą.
2. Warunkiem otrzymania dobrej jakości pieczywa z samopszy jest stosowanie mąki o odpowiednich parametrach. W innym przypadku możliwe jest zastosowanie dodatków technologicznych lub wykorzystanie w recepturze mąki pszennej.
3. Ze względu na wysoką lepkość i rozplywalność ciasta z samopszy zaleca się produkcję chleba formowego
4. Pieczywo z samopszy charakteryzuje się znacznie wyższą aktywnością antyoksydacyjną i zawartością związków fenolowych w porównaniu do pieczywa pszennego, jest więc bardzo dobrą alternatywą dla tradycyjnych wyrobów pszennych.

### **Piśmiennictwo:**

1. Abbo S, Lev-Yadun S, Heun M, Gopher A.; 2013. On the 'lost' crops of the neolithic Near East. *J Exp Bot.* 2013 Feb;64(4):815-22.
2. Abdel-Aal ESM, Young JC, Wood PJ, Rabalski M., Hucl P., Falk D.,Frégeau-Reid J. ; 2002. Einkorn: A potential candidate for developing high lutein wheat. *International Cereal Chemistry*, 2002, 79, 3, 455-457
3. Alvarez-Jubete L., Wijngaard H., Arendt E.K., Gallager E.;2010, Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa, buckwheat and wheat as affected by sprouting and backing. *Food Chemistry*.119,770-778
4. Borkowska B. 2011, Jakość pieczywa pozyskiwanego z surowców ekologicznych. *Bromat. Chemia. Toksykol.*, 44, 3, 828-833
5. *Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C.:* Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss. U-Technol.*, 1995; 28: 25-30.
6. Dąbkowska E.; 2012, Przyczyny ponownego zainteresowania orkiszem. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 2, 6-7



7. Giambanelli E., Ferioli F., Koçaoglu B., Jorjadze M., Alexieva I., Darbinyan N., D'Antuono F.; 2013. A comparative study of bioactive compounds in primitive wheat populations from Italy, Turkey, Georgia, Bulgaria and Armenia. *Journal of the Science of Food and Agriculture* ,2013, 93, 14: 3490-3501
8. Hidalgo A, Brandolini A.; 2008. Kinetics of carotenoids degradation during the storage of einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) and bread wheat (*Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum*) flours. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, 56 (23), pp 11300–11305
9. Hidalgo A., Brandolini. A, Ratti S. 2009. Influence of Genetic and Environmental Factors on Selected Nutritional Traits of *Triticum monococcum*. *J. Agric. Food Chem.*, **2009**, 57 (14), pp 6342–6348
10. Hidalgo A, Brandolini A. Nutritional properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.). *J Sci Food Agric*. 2013 Sep 10. doi: 10.1002/jsfa.6382. [Epub ahead of print]
11. Lachman J., Orsak M., Pivec V., Jiru K.; 2012. Antioxidant activity of grain of einkorn (*Triticum monococcum* L.) emmer (*Triticum dicoccum* Schuebl [schrack]) and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Plant Soil Environ*. 50.2012 (1):15-21
12. Jankowska M., Kędzior Z., Pruska-Kędzior A., Chojnacka E., Binder M.; 2011. Porównanie właściwości funkcjonalnych glutenu z pszenicy samopszy i pszenicy zwyczajnej *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 6 (79), 79 – 90
13. Kahkonen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J., Rauha J-P., Pihlaja K., Kujala T.S., Hainonen M.: Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 1999; 47: 3954-3962.
14. Krawczyk P., Ceglińska A., Izdebska K.; 2008, porównanie właściwości reologicznych ciasta i jakości pieczywa otrzymanego z mąki orkiszowej i pszenicy zwyczajnej. *Żywność, Nauka. Technologia. Jakość* 2008, 4, (59), 141-151
15. Molyneux P.: The use of stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakar J. Sci. Technol.*, 2004; 26(2): 211-219.
16. Majewska K., Dąbkowska E.; 2011, Ocena możliwości wykorzystania mąki z ziarna płaskurki. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2011, 6, 36-37
17. Nakamura A, Tanabe S, Watanabe J, Makino T.; 2005. Primary screening of relatively less allergenic wheat varieties. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 2005 Jun;51(3):204-6
18. Pizzuti D, Buda A, D'Odorico A, D'Inca R, Chiarelli S., Curioni A., Martines D.; 2006. Lack of intestinal mucosal toxicity of *Triticum monococcum* in celiac disease patients. Vol. 41, No. 11 , Pages 1305-1311
19. Ragaee Sanaa, El –Sayed M., Abdel Aal, Maher Noaman.; (2006) Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry*, 98,32-38
20. Ruibal-Mendieta N., Delacroix D., Mignolet E., Pycke J, Marques C., Rozenberg R., Petitjean G., Habib-Jivan J., Meures M., Quetin-Leclercq J., Delzenne N., Larondelle Y.; 2005. Spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) as a source of breadmaking flours and bran naturally enriched in oleic acid and mineral but not phytic acid. *J.Agric. Food Chem*. 53, 2751-2759

## Streszczenie

Przedmiotem badań było opracowanie technologii pieczywa z samopszy-pierwotnej odmiany pszenicy. Materiał do badań stanowiły mąki z samopszy wyprodukowane przez firmę Wytwórnia Makaronu "BIO" Aleksandra i Mieczysław Babalscy" z Pokrzywowa, dla porównania wykonano również wstępne badania z użyciem mąki z samopszy pochodzącej z Włoch. Przeprowadzono charakterystykę mąki pod względem wskaźników fizykochemicznych, właściwości farinograficznych oraz oceny mikrobiologicznej. Stwierdzono, że jakość białek z badanych partii mąki z samopszy była bardzo niska na co wskazywały wyniki testu sedymentacyjnego Zeleny'ego, również ilość glutenu mokrego, była znacznie niższa niż dla mąki z pszenicy zwyczajnej oraz niższa od min. poziomu wymaganego dla mąk na chleb (25%). Ponadto gluten wymyty z próbek mąki z samopszy zdecydowanie różnił się od glutenu z pszenicy zwyczajnej, który odznaczał się plastyczno-elastycznymi właściwościami, charakterystycznymi dla wchodzących w jego skład frakcji białka gliadyny i gluteniny. Gluten z samopszy wykazywał dużą lepkość i plastyczność - cechy charakterystyczne dla gliadyny, które powodowały, że był bardzo trudny do wymycia. Te właściwości znalazły odzwierciedlenie również w wysokiej rozplywalności glutenu uzyskanego z próbek mąki z samopszy. Białka mąki z samopszy charakteryzowały się niską zdolnością pęcznienia, obniżoną sprężystością, wysoką lepkością i rozplywalnością, co może skutkować obniżoną zdolnością zatrzymywania gazów podczas fermentacji ciasta oraz uzyskaniem chleba o obniżonej objętości. Poziom aktywności enzymatycznej próbek mąki z samopszy mierzony liczbą opadania można określić jako średni i odpowiedni dla mąki chlebowej.

W mąkach z samopszy stwierdzono niską liczbę bakterii fermentacji mlekowej, co wskazuje na konieczność inicjowania fermentacji poprzez zastosowanie kultur starterowych. Spośród szczepów autochtonicznych dla mąki z samopszy polskiej wyselekcjonowano bakterie fermentacji mlekowej (LAB) do kultury starterowej. Szczepy LAB i zestawione z nich kultury starterowe, oceniono (screening) pod względem wybranych cech biotechnologicznych; zdolności do syntezy kwasu mlekowego i octowego, a także do syntezy związków wpływających na smak i zapach pieczywa. Żaden ze szczepów wyizolowanych z samopszy nie wykazywał aktywności fungicydalnej. Oceniono indywidualną zdolność szczepów LAB i kultur do kształtowania cech zakwasów. Na podstawie tych badań do zastosowania w przygotowywaniu wypieków wybrano kulturę zawierającą szczepy *L. plantarum* MA, *W. confusa* II D, *W. cibaria* I A.

Na podstawie próbnych wypieków laboratoryjnych opracowano skład recepturowy i proces technologiczny pieczywa z udziałem mąki z pierwotnej odmiany pszenicy. Następnie w piekarniach ekologicznych przeprowadzono próby otrzymania wypieków/ wyrobów z udziałem mąki z samopszy.

Otrzymane wypieki charakteryzowały się dobrą jakością organoleptyczną. W przypadku wypieków ze 100% samopszy nieco niższą ocenę tekstury równoważyła wysoka ocena dotycząca aromatu i smaku pieczywa. Pieczywo z samopszy na bazie ciast zakwasowych z zastosowaniem wyselekcjonowanych bakteryjnych kultur starterowych, charakteryzuje się żółtawą barwą miękiszu sugerującą inny skład w porównaniu do pieczywa ze zwykłej pszenicy. Zastosowanie samopszy nadaje pieczywu cechy funkcjonalne, z wartością dodaną w postaci podwyższonej zawartości związków polifenolowych i aktywnością przeciwutleniającą.



**INSTYTUT BIOTECHNOLOGII  
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO  
im. prof. Waława Dąbrowskiego**

## **WYTYCZNE DLA ROLNIKÓW I PRODUCENTÓW EKOLOGICZNYCH OPRACOWANE NA PODSTAWIE BADAŃ REALIZOWANYCH W 2014 R.**

**Dokumentacja techniczno technologiczna (instrukcja technologiczna)  
chleba ekologicznego z samopszy - prastarej formy pszenicy**

Wynikająca z realizacji zadania w zakresie rolnictwa ekologicznego w 2014 r.

*„Praktyczne aspekty produkcji pieczywa, produktów zbożowych i cukierniczych oraz metody  
wydłużania trwałości, świeżości i parametrów przechowalniczych tych wyrobów”*



.....  
pieczęć i podpis wnioskodawcy

## Dokumentacja techniczno technologiczna chleba ekologicznego z samopszy - prastarej formy pszenicy

### Receptura 1

#### A. Opis

Chleb ekologiczny z samopszy, produkowany z surowców rolnictwa ekologicznego, na zakwasie uzyskanym w procesie fermentacji zapoczątkowanej poprzez dodatek kultur starterowych bakterii mlekowych, z dodatkiem, drożdży i soli do ciasta, w bochenkach fermentujących w formach.

#### B. Receptura

1. mąka z samopszy ekologiczna - 100,00 kg
2. drożdże ekologiczne - 3,00 kg
3. sól - 1,70 kg
4. kultura starterowa - 0,1 kg
5. olej jadalny do smarowania form - do 0,30 kg

#### C. Wydajność średnia przy masie jednostkowej 0,45 kg (bochenki fermentujące w formach) – ok. 140 %

#### D. Wymagania jakościowe - wg ZN -1/2014

#### E. Informacje żywieniowe:

Wartość energetyczna i składniki odżywcze w 100 g wyrobu:

|                                   |                             |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| wartość energetyczna              | <b>877,8 kJ/ 209,5 kcal</b> |
| tłuszcz                           | 0,7                         |
| - w tym kwasy tłuszczowe nasycone | 0,3                         |
| węglowodany                       | 41,2                        |
| - w tym cukry                     | 0,5                         |
| błonnik                           | 3,2                         |
| białko                            | 8,0                         |
| sól                               | 1,1                         |

### Receptura 2

#### A. Opis

Chleb ekologiczny z samopszy i mąki pszennej produkowany z surowców rolnictwa ekologicznego, na zakwasie uzyskanym w procesie fermentacji zapoczątkowanej poprzez dodatek kultur starterowych bakterii mlekowych, z dodatkiem, drożdży i soli do ciasta, w bochenkach fermentujących w formach.

#### B. Receptura

1. mąka z samopszy ekologiczna - 70,00 kg
2. mąka pszenna typ 550 ekologiczna - 30,00 kg
3. drożdże ekologiczne - 3,00 kg
4. sól - 1,70 kg

- 5. kultura starterowa - 0,1 kg
- 6. olej jadalny do smarowania form - do 0,30 kg

C. Wydajność średnia przy masie jednostkowej 0,45 kg (bochenki fermentujące w formach) – ok. 140 %

D. Wymagania jakościowe - wg ZN -2/2014

E. Informacje żywieniowe:

Wartość energetyczna i składniki odżywcze w 100 g wyrobu:

|                                   |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|
| wartość energetyczna              | <b>829,6 kJ/198,0 kcal</b> |
| tłuszcz                           | 0,4                        |
| - w tym kwasy tłuszczowe nasycone | 0,28                       |
| węglowodany                       | 38,5                       |
| - w tym cukry                     | 0,5                        |
| błonnik                           | 2,8                        |
| białko                            | 8,7                        |
| sól                               | 1,1                        |

## 2. Wymagania dotyczące surowców

Surowce ekologiczne muszą posiadać aktualne certyfikaty zgodności z wymogami rolnictwa ekologicznego, wystawione przez jednostki certyfikujące, zatwierdzone w państwach UE.

Mąka z samopszy ekologiczna dostępna na rynku charakteryzuje się zróżnicowaną, często słabą jakością. W przypadku niskiej wartości wypiekowej mąki z samopszy, utrudniającej uzyskanie pieczywa dobrej jakości, zaleca się zastosowanie do ciasta sporządzanego wg receptury nr 1 dodatku suchego glutenu witalnego w ilości ok. 3-5% lub wypiekanie z takiej mąki chleba mieszanego z samopszy i pszenicy zwyczajnej wg receptury nr 2. Zastosowanie dodatku glutenu pociąga za sobą konieczność korekty wydajności ciasta i pieczywa.

## 3. Proces technologiczny

Instrukcja opisuje proces otrzymywania pieczywa ekologicznego. Proces technologiczny obejmuje wyłącznie metody tradycyjne: sporządzanie ciasta w wyniku mieszenia, dojrzewanie poszczególnych faz ciasta na drodze fermentacji, obróbkę termiczną. Powinien być kontrolowany na każdym etapie począwszy od przyjmowania surowców po dostarczanie gotowych wyrobów do sprzedaży detalicznej. W szczególności należy zabezpieczyć oddzielenie surowców i produktów ekologicznych od konwencjonalnych w przypadku równoległej produkcji wyrobów konwencjonalnych i ekologicznych. Produkcja taka powinna być rozdzielona w przestrzeni (osobne budynki lub linie technologiczne) lub czasie (wyroby ekologiczne i konwencjonalne powinny być produkowane w inne dni). W przypadku wykorzystania tej samej linii produkcyjnej do dwóch rodzajów produkcji, przed produkcją wyrobów ekologicznych urządzenia muszą być dokładnie oczyszczone i fakt ten musi być odnotowywany w dokumentacji. Fakt prowadzenia procesu produkcji chleba z samopszy ekologicznego wyłącznie metodami ekologicznymi musi być potwierdzony certyfikatem zgodności wydanym przez upoważnione jednostki certyfikujące. Certyfikaty wydawane są na

podstawie kontroli w piekarniach z produkcją ekologiczną przeprowadzanych co najmniej raz w roku.

### 3.1. Wytwarzanie ciasta

Ciasto wytwarzane jest metodą dwufazową. Zakwas stanowi 1. fazę fermentacji i sporządzany jest z mąki ekologicznej z samopszy i wody w proporcji 1:1, zatem jego wydajność wynosi 200. Ilość mąki wprowadzanej do zakwasu wynosi 20% mąki przewidzianej recepturą. Do zapoczątkowania fermentacji stosuje się kulturę starterową bakterii mlekowych (w badaniach stosowano kulturę zawierającą szczepy *Lactobacillus plantarum* MA *Weissella cibaria* IC w ilości 0,5% w stosunku do mąki użytej do sporządzenia zakwasu. Fermentację zakwasu należy prowadzić przez 16-24 godziny w temperaturze 30°C, co pozwala na uzyskanie jego pełnej dojrzałości.

Ciasto przygotowywane jest z dojrzałego zakwasu, do którego dodawane są pozostałe składniki przewidziane recepturą i woda. Drożdże powinny być dodawane do ciasta po rozplawieniu w wodzie a sól w postaci wodnego roztworu. Ciasto należy miesić do uzyskania optymalnego rozwoju. Temperatura ciasta po mieszeniu powinna wynosić ok. 28°C. Fermentację ciasta w masie należy prowadzić przez 30 min. Schematy fermentacyjne ciasta ze 100 kg mąki przedstawiono w tabelach 1-2.

Tabela 1. Schemat fermentacji ciasta na chleb z samopszy ekologiczny wg receptury 1

| Nazwa fazy fermentacji | Faza poprzednia | Mąka z samopszy ekologiczna | Starter fermentacji | Woda   | Drożdże*, sól            | Masa ogółem | Temperatura fermentacji | Czas fermentacji |
|------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------|--------|--------------------------|-------------|-------------------------|------------------|
|                        | kg              | kg                          | kg                  | l      | kg                       | kg          | °C                      | Godz./min        |
| zakwas                 | -               | 20                          | 0,1                 | 20     | -                        | 40,1        | 30                      | 24 godz.         |
| ciasto                 | 40,1            | 80                          | -                   | ok. 44 | Drożdże - 3<br>Sól - 1,7 | ok. 168,8   | 28-30                   | 30 min.          |

\*Surowce rolnictwa ekologicznego

Tabela 2. Schemat fermentacji ciasta na chleb tostowy ekologiczny wg receptury 2

| Nazwa fazy fermentacji | Faza poprzednia | Mąka pszenna ekologiczna typ 550* | Mąka z samopszy ekologiczna* | Starter fermentacji | Woda   | Drożdże ekologiczne*, sól | Masa ogółem   | Temperatura fermentacji | Czas fermentacji |
|------------------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------|--------|---------------------------|---------------|-------------------------|------------------|
|                        | kg              | kg                                | kg                           | kg                  | l      | kg                        | kg            | °C                      | Godz./min        |
| zakwas                 | -               | -                                 | 20                           | 0,1                 | 20     | -                         | 40,1          | 30                      | 24 godz.         |
| ciasto                 | 40,1            | 30                                | 50                           | -                   | ok. 44 | Drożdże* 3<br>Sól - 1,7   | ok.<br>200,53 | 28-30                   | 30 min           |

\*Surowce rolnictwa ekologicznego

### 3.2. Dzielenie ciasta i fermentacja kęsów

Dojrzałe ciasto na chleb dzieli się za pomocą dzielarki lub ręcznie na kęsy o masie zwiększonej w stosunku do żądanej masy gotowego wyrobu o wielkość ubytku masy podczas wypieku i studzenia chleba. Kęsy z dzielarki mogą być podawane bezpośrednio do forem. Kęsy ciasta na chleb poddaje się fermentacji końcowej w komorze fermentacyjnej o temperaturze ok. 35°C i wilgotności względnej powietrza 75%.

### 3.3. Wypiek

Wypiek chleba prowadzi się sposobem tradycyjnym dwustopniowym - zapiekanie w temperaturze wyższej, dopiekanie w temperaturze niższej, z zastosowaniem parametrów uzależnionych od typu pieca, w czasie pozwalającym na uzyskanie upieku na poziomie ok. 12-13% w zależności od masy kęsa.

## 4. Znakowanie, pakowanie, przechowywanie i transport

### Pakowanie

Bochenki przeznaczone do pakowania należy wystudzić i zapakować - ręcznie lub za pomocą pakowarek.

### Znakowanie

Produkty rolnictwa ekologicznego muszą spełniać wymagania z zakresu jakości i oznakowania, ustanowione dla wszystkich artykułów rolno-spożywczych, wynikające z przepisów ogólnych a także wymagania dotyczące produktów ekologicznych.

Obowiązkowe oznaczenia wyrobów paczkowanych związane z ekologicznymi metodami produkcji:

- nazwa produktu z odniesieniem do jego ekologiczności,
- nazwa producenta,
- logo UE,
- miejsce produkcji surowców rolniczych (w tym samym polu widzenia co logo),
- nr kodowy organu kontroli lub jednostki certyfikującej,
- wskazanie składników ekologicznych w składzie surowcowym.

Projekty etykiet produktów ekologicznych powinny być zatwierdzone przez jednostkę certyfikującą.

W przypadku produkcji w zakładzie równoległe wyrobów ekologicznych i konwencjonalnych, ich etykiety powinny wyraźnie różnić się od siebie.

Przykład oznakowania składu surowcowego na etykiecie chleba wg receptury 1:

składniki: **mąka z samopszy ekologiczna\***, woda, drożdże ekologiczne\*, sól, olej jadalny, kultura starterowa

\* 99% składników rolniczych pochodzi z rolnictwa ekologicznego  
rolnictwo UE (ewentualnie: rolnictwo polskie)

### **Przechowywanie i transport**

Wyroby gotowe ekologiczne i konwencjonalne mogą być przechowywane w tych samych obiektach i transportowane w tych samych jednostkach transportowych pod warunkiem ich fizycznego rozdzielenia i właściwego oznakowania.

W transporcie do produktów musi być dołączona dokumentacja z odniesieniem do statusu produktu (czy ekologiczny), z informacją dotyczącą jednostki certyfikującej, danych producenta.

### **5. Okres minimalnej trwałości**

Okres minimalnej trwałości chleba ekologicznego z samopszy pakowanego należy ustalić na podstawie badań przechowalniczych pieczywa ekologicznego wyprodukowanego w danej piekarni.

### **6. Dokumenty związane**

Rozporządzenie (WE) Nr 834/2007 z późniejszymi zmianami.

Rozporządzenie (WE) Nr 889/2008 z późniejszymi zmianami.

Ustawa z dnia 25 czerwca 2009 r. o rolnictwie ekologicznym