

OCENA WPŁYWU KULTURY STARTEROWEJ *WEISSELLA CIBARIA* ZFJ3
NA WŁAŚCIWOŚCI LEPKIE ZAKWASÓW GRYCZANYCH
I JAKOŚĆ PIECZYWA BEZGLUTENOWEGO

Katarzyna Piasecka-Jóźwiak, Elżbieta Słowik, Danuta Kotyrba

Zakład Technologii Fermentacji
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego
ul. Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa
e-mail: katarzyna.piasecka@ibprs.pl

Streszczenie. Celem pracy była ocena możliwości zastosowania bakteryjnej kultury starterowej, zawierającej szczep *Weissella cibaria* ZFJ3 syntetyzujący egzopolisacharydy, do poprawy jakości bezglutenowego pieczywa gryczanego. Porównano właściwości lepkie oraz fizykochemiczne zakwasów gryczanych uzyskanych z tym szczepem z zakwasami ze szczepem *Pediococcus pentosaceus* ZFG2 (wchodzącym w skład komercyjnej kultury starterowej do chleba gryczanego) oraz zakwasem spontanicznie fermentującym (bez kultur starterowych). Stwierdzono, że zakwas otrzymany z *W. cibaria* ZFJ3 charakteryzował się najwyższą lepkością spośród badanych. Pieczywo otrzymane z tym szczepem oceniono jako atrakcyjne sensorycznie, a jego parametry fizykochemiczne jako lepsze lub zbliżone do pieczywa stanowiącego próbę kontrolną.

Słowa kluczowe: pieczywo bezglutenowe, lepkość, zakwasy, egzopolisacharydy

WSTĘP

Obserwowane w ostatnich latach zwiększone zainteresowanie pieczywem otrzymywanym z surowców bezglutenowych, w tym pseudozbóż, mączek skrobiowych oraz zbóż nie będących dotychczas surowcami piekarskimi, jest związane z rosnącą liczbą osób pozostających z wyboru lub z konieczności (osoby chore na celiakię) na diecie bezglutenowej. Jednakże długotrwała dieta eliminująca zboża zawierające gluten może prowadzić do niedoboru składników pokarmowych, niewystarczającego poziomu witamin z grupy B, niektórych mikroelementów (Fe, Zn) oraz błonnika pokarmowego, nadmiernej konsumpcji tłuszczu i białka w stosunku do węglowodanów, ogólnego braku zbilansowania zapotrzebowania organizmu na składniki odżywcze (Coda i in. 2014, Gallager i in. 2004). W żywności

bezglutenowej brakuje często błonnika oraz innych cennych składników biologicznie czynnych pochodzenia roślinnego, jak np. związki fenolowe. Z tego powodu pieczywo bezglutenowe powinno być produkowane w sposób zapewniający jak najwyższą „gęstość” odżywczą oraz jakość sensoryczną zachęcającą do konsumpcji.

Bogatym źródłem składników odżywczych, których obecność nadaje pieczywu bezglutenowemu cechy funkcjonalne, są mąki ze zbóż niechlebowych (np. owsiana) oraz z pseudozbóż (np. gryczana). Wykorzystanie w produkcji pieczywa bezglutenowego gryki pozwala na dostarczenie organizmowi człowieka oprócz węglowodanów i białek także związków fenolowych (flawony, flawonoidy, fitosterole), witamin oraz błonnika pokarmowego (Bonafacia i in. 2003, Alvarez-Jubete i in. 2010).

Pieczywo bezglutenowe charakteryzuje się często obniżoną smakowością i gorszą teksturą w stosunku do pieczywa tradycyjnego. Stosowanie mączek skrobiowych do otrzymywania chleba powoduje kruszenie się miękiszu oraz przyspiesza proces czerstwienia (Gallagher i in. 2004, Moroni i in. 2010). W związku z tym do produkcji pieczywa z surowców bezglutenowych często używane są dodatki strukturotwórcze, w tym gumy i hydrokoloidy pochodzenia naturalnego, roślinnego lub mikrobiologicznego oraz syntetyczne celulozowe (CMC – karboksymetyloceluloza, HPMC hydroksypropylometyloceluloza) (Ahlborn i in. 2005, Gambus i in. 2001, Hager i in. 2013, Lazaridou i in. 2007, Mariotti i in. 2013), a także enzymy (transglutaminaza) (Dłużewska i Marciniak-Lukasiak 2014). Próby poprawy jakości pieczywa bezglutenowego obejmują również stosowanie zakwasów piekarskich, w tym otrzymywanych z udziałem specyficznych kultur starterowych bakterii fermentacji mlekowej (lactic acid bacteria – LAB) (Moroni i in. 2010, Galle i in. 2012, Wolter i in. 2014b).

Niektóre gatunki LAB charakteryzują się zdolnością do syntetyzowania egzopolisacharydów (EPS), które korzystnie wpływają na teksturę pieczywa. EPS są polimerami sacharydowymi, które pełnią rozmaite funkcje w komórkach bakteryjnych, między innymi chronią je przed niekorzystnym wpływem środowiska, czynnikami biologicznymi lub ułatwiają kolonizację nowego środowiska. Wyróżnia się dwie główne grupy polisacharydów: homopolisacharydy oraz heteropolisacharydy (Górska i in. 2007). Do homopolisacharydów zaliczane α -D-glukany (należą do nich dekstrany) β -D-glukany, fruktany (lewan, fruktan) oraz inne, np. poligalaktany. Heteropolisacharydy powstają w wyniku polimeryzacji składających się z różnych monosacharydów podjednostek prekursorowych wytwarzanych w cytoplazmie. Struktura, skład i lepkość EPS zależą od rodzaju szczepu bakterii, składu podłoża hodowlanego, obecności soli mineralnych i pierwiastków śladowych, a także warunków hodowli, tj. pH i temperatury (Di Cagno i in. 2006, Tiekling i Gänzle 2005). Kluczową rolę w produkcji EPS odgrywają enzymy z grupy glukanosacharaz, na których aktywność wpływa skład węglowodanów mąki, zwłaszcza obecność efektywnych akceptorów węglowodanów – jak maltoza

i fruktoza (Górska 2007, Galle i in. 2011, Wolter i in. 2014a). Syntetyzowane przez bakterie egzopolisacharydy (EPS) zapobiegają utracie wody i poprawiają teksturę żywności bez zmiany właściwości produktu (De Vuyst i in. 2001). Ze względu na swoje właściwości EPS mogą oddziaływać jako hydrokoloidy, stanowiąc dobrą alternatywę w stosunku do innych dodatków tej grupy, wpływają na poprawę lepkości i stabilności produktów (Lazaridou i in. 2007, Hager i in. 2013). Wykorzystanie egzopolisacharydów pochodzenia mikrobiologicznego w żywności może być szczególnie cenne, gdy bierze się pod uwagę tendencję do eliminowania wszelkich substancji dodatkowych – zasada „clean label”, jest także możliwe do zastosowania w produkcji żywności ekologicznej. Znane są również właściwości prozdrowotne EPS polegające na selektywnym stymulowaniu wzrostu i metabolizmu bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* bytujących w jelitach człowieka i w efekcie na stymulacji układu odpornościowego (Tieking i Gänzle 2005).

Użycie szczepów LAB syntetyzujących egzopolisacharydy w piekarskich kulturach starterowych jest korzystne, ponieważ EPS wpływają pozytywnie na właściwości reologiczne ciasta i sprzyjają powstawaniu właściwej tekstury pieczywa (Korakli i in. 2001, Katina i in. 2009, Kadizky i Vogel 2008). Jak dotychczas najlepsze rezultaty poprawy tekstury uzyskano z użyciem szczepów bakterii syntetyzujących dekstran (Galle i in. 2012, Wolter i in. 2014b). Właśnie dzięki temu rodzajowi EPS tradycyjne włoskie pieczywo typu Panettone uzyskuje charakterystyczną teksturę i długą trwałość. Wykorzystanie szczepów LAB syntetyzujących egzopolisacharydy w kulturach starterowych ma na celu nie tylko poprawę jakości pieczywa, lecz również jego standaryzację. W pieczywie pszennym i żytnim zastosowanie kultur starterowych dekstranotwórczych polepsza odczucia smakowe i objętość pieczywa (Korakli i in. 2001, Katina i in. 2009). Podczas fermentacji ciasta chlebowego efekt związany z syntezą egzopolisacharydów może być jednak ograniczony ze względu na wzrastające zakwaszenie środowiska, co prowadzi do zwiększenia twardości miękiszu pieczywa (Palomba i in. 2012). Z kolei zastosowanie czystego dekstranu do produkcji pieczywa pszennego na zakwasie może mieć negatywny wpływ na jego objętość (Katina i in. 2009). Synteza egzopolisacharydów przez bakterie jest szczególnie pożądana w przypadku produkcji pieczywa z mąk charakteryzujących się niską zawartością lub brakiem glutenu.

Celem pracy było zastosowanie szczepu LAB, charakteryzującego się zdolnością do wydzielania EPS, do otrzymywania zakwasów gryczanych oraz ocena wpływu EPS syntetyzowanych *in situ* na lepkość zakwasów gryczanych. Przeprowadzono również próby wypiekowe pieczywa gryczanego z ich udziałem.

MATERIAŁY I METODY

Materiały i mikroorganizmy

W doświadczeniach zastosowano mąkę gryczaną ekologiczną z wytwórni BioBabalscy (wilgotność 13,5%, zawartość białka 12,4% s.m., popiołu 1,31% s.m.). Do wypieków użyto również mąkę ryżową (Organic) i skrobię ziemniaczaną (Melvit).

Do inicjowania kwasowej fermentacji ciast gryczanych zastosowano monokultury dwóch szczepów bakterii fermentacji mlekowej, uprzednio ocenione *in vitro* pod względem zdolności do syntezy EPS. Szczep *Weissella cibaria* ZFJ3 charakteryzował się zdolnością do wydzielania EPS, natomiast szczep *Pediococcus pentosaceus* ZFG2 nie wykazywał tej właściwości, był jednak z powodzeniem stosowany we wcześniejszych badaniach jako kultura starterowa do pieczywa gryczanego (Piasecka-Jóźwiak i in. 2016), a obecnie znalazł zastosowanie jako składnik komercyjnej kultury starterowej. Biomasa bakterii kultur starterowych otrzymywano po odwirowaniu 24-godzinnej hodowli bakterii w podłożu płynnym MRS (Merck).

Przygotowanie pieczywa na zakwasie

Zakwasy piekarskie sporządzano z mąki gryczanej i wody, które mieszano w proporcji 1:1,5 (wydajność 250%). Fermentację zakwasów inicjowano poprzez dodatek biomasy bakterii (monokultury badanych szczepów LAB) w ilości 0,5% w stosunku do mąki lub prowadzono spontanicznie, to jest bez dodatku biomasy bakterii. Zakwasy prowadzono z 10% dodatkiem cukru (oznaczone *) w celu wspierania tworzenia EPS lub bez dodatku cukru. Fermentację prowadzono przez 24 h w komorze fermentacyjnej IBIS KFK w temperaturze 30°C. Po zakończeniu fermentacji zakwasów przeprowadzono ich analizę fizykochemiczną i określono ich lepkość.

Tabela 1. Skład ciasta na chleb gryczano-ryżowy
Table 1. The composition of buckwheat-rice bread

Składniki ciasta / Ingredients of dough	g
Zakwas A (<i>W. cibaria</i> ZFJ3) lub B (<i>P. pentosaceus</i> ZFG2)	150
Sourdough A (<i>W. cibaria</i> ZFJ3) or B (<i>P. pentosaceus</i> ZFG2)	
Mąka gryczana / Buckwheat flour	60
Mąka ryżowa / Rice flour	36
Mąka ryżowa zaparzana / Rice flour flooded with hot water	90
Skrobia ziemniaczana / Potato starch	48
Drożdże / Yeast	9,6
Olej / Oil	7,2
Sól / Salt	4,8
Woda / Water 40°C	82

Dojrzałe zakwasy piekarskie wykorzystano do przygotowania ciasta zawierającego 25% mąki ukwaszonej w stosunku do mąki ogółem. Przygotowywano pieczywo gryczano-ryżowe z dodatkiem mąki ziemniaczanej na zakwasie gryczanym zgodnie ze zoptymalizowaną (wyniki nie publikowane) pod względem organoleptycznym recepturą. Składniki ciasta podano w Tabeli 1. Mieszanie prowadzono w mieszarce planetarnej (Kitchen Aid) za pomocą płaskiego mieszadła do luźnych ciast. Bezpośrednio po wymieszaniu 370 g ciasta odważano do form wypiekowych, które umieszczano w komorze fermentacyjnej (temperatura 40°C, wilgotność względna powietrza 80%) na ok. 30 min, do czasu uzyskania optymalnego rozrostu kęsów.

Przeprowadzono analizę fizykochemiczną uzyskanych ciast, oznaczając: pH, kwasowość ogólną oraz temperaturę. Wypiek chleba prowadzono w piecu elektrycznym (Piccolo firmy Winkler Wachtel) przez 40 minut, w temperaturze 250°C ze spadkiem do 220°C przy początkowym zaparowaniu komory wypiekowej.

Analizy fizykochemiczne

Ocenę wyróżników technologicznych zakwasów piekarskich i ciast przeprowadzono zgodnie z metodami ujętymi w normie PN-A-74100:1992, oznaczając pH i kwasowość ogólną metodą miareczkową (ilość ml 0,1 m NaOH potrzebna do zobojętnienia 10 g ciasta).

Ocena jakości pieczywa została przeprowadzona po 24 h od wypieku według PN-A-74108:1996. Wykonano analizę fizykochemiczną, w ramach której oznaczano: objętość chleba (V_{100}) – za pomocą aparatu Sa-Wy, wilgotność i kwasowość miękkiszu.

Twardość miękkiszu pieczywa zmierzono przy pomocy aparatu Instron 1140 zgodnie z instrukcją producenta, (stosując test TPA) przy prędkości przesuwu głowicy 50 mm·min⁻¹ i obciążeniu 50 N. Próbkę miękkiszu o wysokości 30 mm i średnicy 30 mm pobierane ze środkowej części bochenka poddawano naciskowi aluminiowego próbnika o średnicy 35 mm. Twardość wyrażono jako siłę (N) niezbędną do uzyskania 50% odkształcenia miękkiszu pieczywa, określoną na podstawie wysokości wykreślonej krzywej (Kulczak i in. 2014).

Ocenę organoleptyczną pieczywa przeprowadził zespół przeszkolonych degustatorów, według PN-A-74108:1996.

Ocena lepkości zakwasów

Badania lepkości w **warunkach ścinania** przeprowadzono przy użyciu wiskozymetru rotacyjnego Brookfield. Cylinder napełniano ciastem do objętości 16 ml i następnie wykonywano pomiar lepkości poprzez opór, na jaki napotyka **czujnik zaopatrzony w końcówkę pomiarową** – wrzeczono

SC4-25. Pomiar lepkości zakwasów przeprowadzono po ich 24-godzinnej fermentacji w temperaturze 30°C (w zakresie temperatur stosowanych podczas wytwarzania i fermentacji ciasta w procesie produkcyjnym), przy zwiększaniu i zmniejszaniu obrotów wrzeciona od 10 do 250 obrotów na minutę (RPM) i z powrotem do 10 (RPM). Dane pomiarowe, tj. wartości lepkości (mPa·s), były rejestrowane co 15 sekund.

Metody statystyczne

Badania wykonano w dwóch niezależnych doświadczeniach, każde w trzech powtórzeniach. Wszystkie wyniki zamieszczone w pracy stanowią średnie z przeprowadzonych pomiarów.

Analizę statystyczną wyników lepkości zakwasów przeprowadzono, konstruując wykresy rozrzutu lepkości względem obrotów wrzeciona lepkościomierza. Następnie do uzyskanych danych dopasowano linie trendu za pomocą wielomianu drugiego stopnia. Ocenę istotności różnic średnich wartości parametrów zakwasów przeprowadzono z zastosowaniem analizy wariancji i testów post hoc. Wszystkie analizy wykonano przy $\alpha = 0,05$ z wykorzystaniem oprogramowania Statistica 8.

WYNIKI I DYSKUSJA

Charakterystykę fizykochemiczną zakwasów z udziałem dwóch różnych szczepów bakterii, w porównaniu do zakwasu fermentującego spontanicznie, przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wpływ rodzaju kultury starterowej na ukwaszanie zakwasu gryczanego

Table 2. Effect of starter culture on buckwheat sourdough acidity

Kultura starterowa Starter culture	Dodatek sacharozy Addition of sucrose	pH	Kwasowość (stopnie) Titrable acidity (degrees)
<i>P. pentosaceus</i> ZFG2	A	3,9±0,2ab	17,5±1,1a
	A*	3,9±0,1a	18,9±0,6a
<i>W. cibaria</i> ZFJ3	B	3,9±0,2a	17,8±1,4a
	B*	4,0±0,1ab	17,6±1,5a
Fermentacja spontaniczna Spontaneous fermentation	K	4,6±0,7b	11,0±0,9b
	K*	4,1±0,1ab	11,8±0,4b

* – dodatek sacharozy 10% w stosunku do mąki / addition of sucrose in the amount of 10% in relation to flour; Odmiennymi literami w kolumnach zaznaczono wartości średnie różniące się statystycznie ($p < 0,05$) / Statistically significant differences of mean values in columns (at $p < 0.05$) are marked with different letters

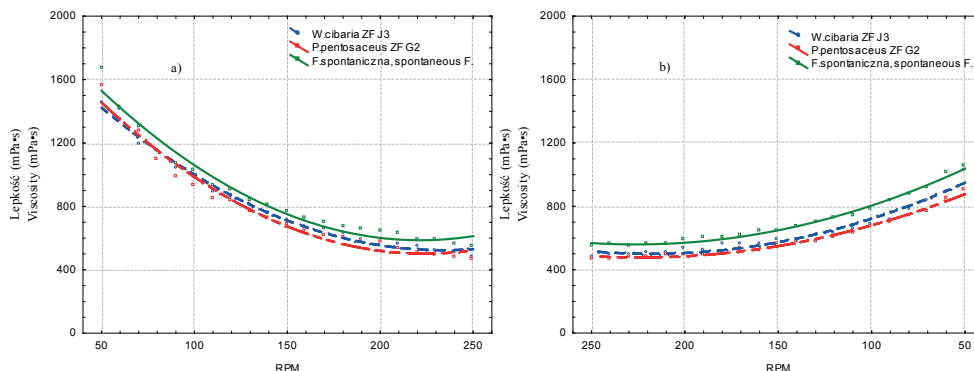
Zakwasy piekarskie otrzymane z zastosowaniem kultur starterowych szczepów LAB charakteryzowały się zróżnicowaną kwasowością oraz pH, przy czym w przypadku zakwasów z udziałem *P. pentosaceus* ZFG2 zaobserwowano nieco wyższą kwasowość w zakwasach z dodatkiem cukru niż bez niego. Różnice te były jednak nieistotne statystycznie. Taką tendencję zaobserwowano w innych badaniach

prowadzonych nad zastosowaniem zakwasów do produkcji pieczywa bezglutennego (Galle i in. 2012, Wolter i in. 2014b). Obniżenie pH w zakwasach wpływa również na zmiany ładunku protein, aktywuje endogenne proteiny i powoduje rozluźnienie ciasta pszennego, które staje się bardziej miękkie. Za wysoką kwasowość miareczkową są natomiast odpowiedzialne powstające kwasy organiczne (mlekowy oraz octowy). W ciastach gryczanych poziom maltozy jest stosunkowo niski w porównaniu do ciast z maki pszennej, co jest związane z niską aktywnością enzymów (amylaz) degradujących skrobię mąki (Wolter i in. 2014b). Obecność i stężenie maltozy i innych węglowodanów będących akceptorami elektronów w zakwasach zależy od składu węglowodanów oraz aktywności enzymów w mące i wpływa na ilość powstających podczas fermentacji EPS i oligosacharydów (Galle i in. 2011, Palomba i in. 2012, Wolter i in. 2014a).

W przypadku inicjowania fermentacji zakwasu z dodatkiem sacharozy przy użyciu szczepu *W. cibaria* ZFJ3 są prawdopodobnie syntetyzowane egzopolisacharydy (EPS), co tłumaczy jego nieco niższą kwasowość w stosunku do zakwasu bez dodatku sacharozy. W zakwasach z dodatkiem sacharozy i bez niej poziom pH był zbliżony. Rozmiękczenie ciasta po fermentacji, według Wolter i in. (2014b) można zatem wiązać raczej z produkcją dekstranu, a nie obecnością kwasów organicznych. Powstawanie EPS z sacharozy prowadzi równolegle do zwiększenia stężenia kolejnych metabolitów bakterii w zakwasach. Heterofermentacyjne LAB (w tym *W. cibaria*) wykorzystują maltozę i fruktozę jako zewnętrzne akceptory elektronów, czego efektem jest powstawanie mannitolu i octanu (Galle i in. 2012). Zwiększony poziom octanu po dodatku sacharozy wpływa negatywnie na jakość pieczywa pszennego (Kaditzky i in. 2008).

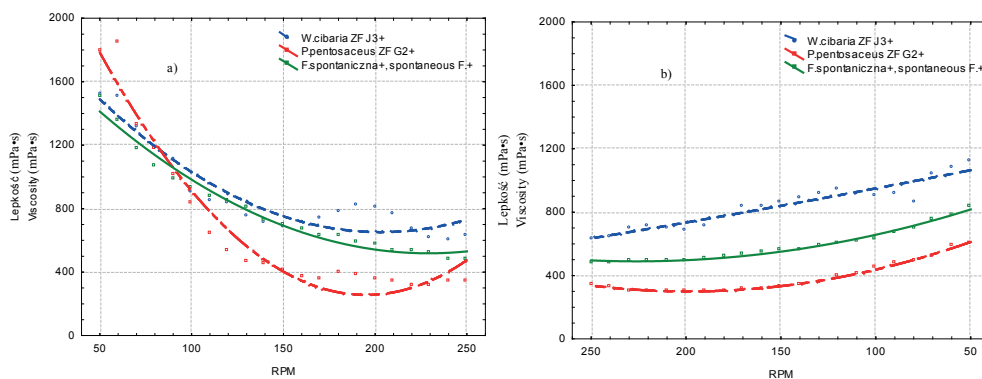
Badania wpływu fermentacji mlekowej inicjowanej przez różne kultury starterowe LAB na właściwości zakwasów gryczanych (z dodatkiem sacharozy i bez niej) wykonano, prowadząc obserwację ich lepkości (rys. 1 i 2).

Podczas stopniowego zwiększania obrotów wrzeciona wiskozymetru (do 250 RPM) obserwowano zmniejszanie się lepkości zakwasów, a następnie w miarę zmniejszania obrotów wrzeciona i związanego z tym zmniejszania się siły ścinającej, lepkość zakwasów ulegała ponownemu wzrostowi. Krzywe lepkości przedstawiono oddzielnie przy rosnących i malejących RPM, ponieważ nie pokrywają się one; pojawia się histereza, przy tej samej szybkości ścinania otrzymywane są dwie różne wartości (dwa punkty) lepkości (Schramm 1998).



Rys. 1. Porównanie lepkości zakwasów otrzymanych z kulturami starterowymi i zakwasu spontanicznego podczas zwiększania (a) oraz zmniejszania (b) obrotów wrzeciona (RPM)

Fig. 1. Comparison of viscosity of sourdough obtained with starter cultures and spontaneous sourdough at increasing (a) or decreasing (b) spindle speed (RPM)



Rys. 2. Porównanie lepkości zakwasów z dodatkiem sacharozy, otrzymanych z kulturami starterowymi i zakwasu spontanicznego podczas zwiększania (a) oraz zmniejszania (b) obrotów wrzeciona wiskozymetru (RPM)

Fig. 2. Comparison of viscosity of sourdough with added sucrose, obtained with starter cultures, and spontaneous sourdough at increasing (a) or decreasing (b) spindle speed (RPM)

Zaobserwowano różnice w lepkości zakwasów przygotowanych z udziałem kultur starterowych i zakwasu fermentującego spontanicznie. Były one szczególnie widoczne przy zmniejszaniu obrotów wrzeciona pomiarowego. Stwierdzono, że lepkość zakwasów, których fermentację inicjowano z udziałem starterów była niższa niż zakwasu fermentującego spontanicznie (odpowiednio *W. cibaria* ZFJ3 – 486,6 mPa·s, *P. pentosaceus* ZFG2 – 472,2 mPa·s oraz lepkość zakwasu fermentującego spontanicznie – 546,1 mPa·s). Dodatek 10% cukru do zakwasów spowodował obniżenie lepkości prób z wyjątkiem zakwasu z udziałem *W. cibaria* ZFJ3, która wzrosła do 625,8 mPa·s, porównując lepkości przy 250 RPM wrzeciona.

Obniżenie lepkości zakwasów z dodatkiem sacharozy w przypadku fermentacji inicjowanej z udziałem *P.pentosaceus* ZFG2 wynosiło 130,5 mPa·s, a przy fermentacji spontanicznej 58,5 mPa·s, mierzone przy obrotach wrzeciona 250 RPM.

Przyjmuje się, że ciasta na zakwasie w porównaniu do nieukwaszonych wykazują niższą lepkość ze względu na zmiany strukturalne w cieście, natomiast obecność EPS syntetyzowanych przez bakterie zwiększa lepkość zakwasów (Katina i in. 2009). Palomba i in. (2012) nie zaobserwowali różnic we właściwościach lepko-sprężystych ciast na zakwasie otrzymanych z udziałem różnych gatunków LAB, dopiero po dodaniu sacharozy, w ilości 5%, stwierdzili poprawę właściwości sprężystych ciast z udziałem szczepów wytwarzających egzopolisacharydy. Ponadto stwierdzono, że najbardziej wydajna synteza EPS występuje przy optymalnym stężeniu sacharozy, a wydłużenie fermentacji do 30 godzin spowodowało wręcz zmniejszenie sprężystości. Z kolei Wolter i in. (2014b), w wyniku zastosowania do fermentacji szczepu tworzącego egzopolisacharydy, po przeprowadzeniu testów oscylacyjnych zaobserwowali zmniejszenie się wytrzymałości ciasta, jednak udział mąki wprowadzonej w postaci zakwasu (20%) był niższy niż w niniejszych doświadczeniach.

Obniżenie pH poprzez prowadzenie ciasta na zakwasie powoduje obniżenie lub zahamowanie aktywności amylaz w cieście żytnim i pszennym. Aktywność amylaz wpływa na stężenie maltozy, która jest silnym akceptorem dla dekstransacharaz i fermentacja w obecności maltozy i sacharozy jako substratów sprzyja powstawaniu oligosacharydów (panoza) kosztem formowania dekstranu (Galle i in. 2011). Takie oligosacharydy nie wpływają na reologię ciast i teksturę pieczywa, natomiast mogą mieć znaczenie jako prebiotyki. Produkcja/synteza dekstranu przez LAB jest odwrotnie proporcjonalna do formowania oligosacharydów. Według Wolter i in. (2014a) znaczenie dla powstawania dekstranu ma również rodzaj zastosowanego szczepu bakterii, co określa, w jakim stopniu jest on przystosowany do środowiska.

Porównanie charakterystyki pieczywa na zakwasie gryczanym, otrzymanego z różnymi szczepami bakterii i z dodatkiem sacharozy (tab. 3) wskazuje, że wykorzystanie zakwasu ze szczepem syntetyzującym egzopolisacharydy *W. cibaria* ZFJ3 (B*) w niewielkim stopniu wpłynęło na poprawę jakości pieczywa.

Zwiększenie lepkości zakwasu otrzymanego z tym szczepem bakterii skutkowało zmniejszeniem twardości i zwiększeniem wilgotności miękkiszu pieczywa. Chleb uzyskał również wyższą ocenę organoleptyczną niż pieczywo z kulturą starterową *P. pentosaceus* ZFG2 (A*). W odniesieniu do pieczywa pszennego i z sorga, wyniki badań wskazują na zwiększenie objętości pieczywa po zastosowaniu bakterii zdolnych do syntezy EPS (Katina i in. 2009, Galle i in. 2012). W przypadku pieczywa gryczanego zaobserwowano natomiast (Wolter i in. 2014b) zmniejszenie objętości chlebów otrzymanych z udziałem *W. cibaria*. Taki efekt wystąpił również w niniejszych doświadczeniach. Jakkolwiek poprawa jakości pieczywa dotyczyła

tylko niektórych wyróżników, należy zaznaczyć, że porównanie przeprowadzano w stosunku do kultury starterowej ze szczepem *P. pentosaceus* ZFG2 dobrze sprawdzającej się w piekarni. Duża liczba punktów przyznana podczas oceny organoleptycznej bezglutenowego pieczywa na zakwasie związana była przypuszczalnie z pozytywnym wpływem obydwu szczepów LAB na aromat pieczywa.

Tabela 3. Charakterystyka jakościowa chleba

Table 3. Characteristic of bread quality

Parametry jakości pieczywa / Bread quality parameters	z A*	z B*
Wydajność (g·100 g ⁻¹ mąki) / Yield (g·100 g ⁻¹ flour)	165,4±1,2	167,8±1,7
Objętość 100 g pieczywa V ₁₀₀ (cm ³ ·100 g ⁻¹ pieczywa) Volume of 100 g bread (cm ³ 100 g ⁻¹ bread))	211,1±3,3	199,4±2,6
Objętość pieczywa ze 100 g mąki, (cm ³ ·100 g ⁻¹ mąki) Bread volume of 100 g flour, (cm ³ 100 g ⁻¹ flour)	349,2±2,0	334,6±4,4
Wilgotność mięksizu (%) / Moisture of crumb (%)	49,5±0,6	51,3,0±0,4
Kwasowość (°) / Acidity (°)	5,3±0,1	4,8±0,1
Twardość mięksizu (N) po 24 h / Hardness (N) after 24 h	41,7±0,8	35,3±2,0
Ocena organoleptyczna (punkty) / Organoleptic assessment (scores)	33±3,2	34±1,8

± sd. – odchylenie standardowe dla trzech niezależnych oznaczeń / standard deviation for three independent determinations; (A*) – zakwas z dodatkiem sacharozy, na bazie *P. pentosaceus* ZFG2 / sourdough with sucrose addition, based on *P. pentosaceus* ZFG2, (B*), zakwas z dodatkiem sacharozy, na bazie *W. cibaria* ZFJ3 / sourdough with sucrose addition, based on *W. cibaria* ZFJ3

Uzyskane pieczywo odznaczało się stosunkowo wysoką twardością mięksizu, zbliżoną jednak do pieczywa otrzymanego w doświadczeniach Wolter i in. (2014b). Wilgotność mięksizu była na takim samym poziomie, pomimo większego udziału mąki wprowadzonej w zakwasie (25%) w powyżej omawianych doświadczeniach.

WNIOSKI

Zastosowanie szczepu *Weissella cibaria* ZFJ3 syntetyzującego egzopolisacharydy do inicjowania fermentacji zakwasów gryczanych, przy dodatku 10% sacharozy w stosunku do mąki, wpływa na zwiększenie lepkości ciast w stosunku do otrzymanych z udziałem *Pediococcus pentosaceus* ZFG2 (kulturą stosowaną w piekarni) oraz zakwasu fermentującego spontanicznie. Inicjowanie fermentacji przy udziale *W. cibaria* ZFJ3 pozwoli na otrzymanie pieczywa bezglutenowego charakteryzującego się wysokimi walorami organoleptycznymi i potencjalnie powtarzalną jakością.

PIŚMIENNICTWO

- Ahlborn G., Pike O., Hendrix S., Hess W., Huber C., 2005. Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free breads. *Cereal Chem.*, 82(3), 328-335.

- Alvarez-Jubete L., Wijngaard H., Arendt E., Gallagher E., 2010. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chem.*, 119(2), 770-778.
- Bonafacia G., Marocchini M., Kreft I., 2003. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chem.*, 80(1), 9-15.
- Coda R., Di Cagno R., Gobbetti M., Rizzello C., 2014. Sourdough lactic acid bacteria: exploration of non-wheat cereal-based fermentation. *Food Microbiol. Lett.*, 37, 51-58.
- De Vuyst L., De Vin Vanderveken F., Degeest B., 2001. Recent developments in the biosynthesis and applications of heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *Int. Dairy J.* 11, 687-707.
- Di Cagno R., De Angelis M., Limitone A., Minervini F., Carnevali P., Corsetti A., Gobbetti M., 2006. Glucan and fructan production by sourdough *Weissella cibaria* and *Lactobacillus plantarum*. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 9873-9881.
- Dłużewska E., Marciniak-Lukasiak K., 2014. Właściwości teksturalne pieczywa bezglutenowego. *Acta Agroph.*, 21(4), 433-443.
- Gallagher E., Gormley T., Arendt E., 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends Food Sci. Tech.*, 15(3), 143-152.
- Galle S., Schwab C., Arendt E., Gänzle S., 2011. Structural and rheological characterization of heteropolysaccharides produced by lactic acid bacteria in wheat and sorghum sourdough. *Food Microbiol.*, 28, 547-553.
- Galle S., Schwab C., Dal Bello F., Coffey A., Gänzle S., Arendt E., 2012. Influence of *in-situ* synthesized exopolysaccharides on the quality of gluten-free sorghum sourdough bread. *Int. J. Food Microbiol.*, 155, 105-112.
- Gambuś H., Gambuś F., Ziobro R., Gumul D., Sikora M., 2001. The effect of use of guar gum with pectin mixture in gluten free bread. *Elektron. J. Polish Agric. Univ.*, 4, 1-13.
- Górska S., Grycko P., Rybka J., Gamian A. 2007. Egzopolisacharydy bakterii kwasu mlekowego – biosynteza i struktura. *Postępy Hig. Med. Dośw.* 61, 805-818.
- Hager A.S., Arendt E.K., 2013. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids*, 32(1), 195-203.
- Kadizky S., Vogel R.F., 2008. Optimization of exopolysaccharide yield in sourdoughs fermented by lactobacilli. *Eur. Food Res. Technol.* 228, 291-299.
- Katina K, Ndegawa H., Juvonen R., Flander L., Johansson L., Virkki L., Tenkannen M., Latilla A., 2009. *In situ* production and analysis of *Weissella confusa* dextran in wheat sourdough. *Food Microbiol.* 26, 734 -743.
- Korakli M., Rossman A., Gänzle M.G., Vogel R.F., 2001. Sucrose metabolism and exopolysaccharide production in wheat and rye sourdoughs by *Lactobacillus sanfranciscensis*. *J. Agric. Food Chem.* 49, 5194 -5200.
- Kulczak M., Błasińska I., Słowik E., 2014. Wybrane cechy fizyczne chleba bezglutenowego z udziałem preparowanej mąki grochowej i przetworów gryczanych. *Acta Agroph.*, 21(4), 445-456.
- Lazaridou A., Duta D., Papageorgiou M., Belc N., Biliaderis C., 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *J. Food Eng.* 79(3), 1033-1047.
- Mariotti M., Pagani A., Lucisano M., 2013. The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures. *Food Hydrocolloid.* 30, 393-400.
- Moroni A. V., Arendt E. K., Morrissey, J. P., Dal Bello, F., 2010. Development of buckwheat and teff sourdoughs with the use of commercial starters. *Int. J. Food Microbiol.*, 142(1), 142-148.

- Palomba S., Cavella S., Torrieri E., Piccolo A., Mazzei P., Blaiotta G., Pepe O., 2012. Polyphasic screening, homopolysaccharide composition, and viscoelastic behavior of wheat sourdough from a *Leuconostoc lactis* and *Lactobacillus curvatus* exopolysaccharide-producing starter culture. *App. Environ. Microbiol.*, 78(8), 2737-2747.
- Piasecka-Jóźwiak K., Słowik E., Rozmierska J., Chabłowska B., 2016. Development of organic buckwheat gluten-free bread, characterized by high level of bioactive compounds. *J. Res. Applic. Agric. Eng.*, 61(4), 110-116.
- PN-A-74100:1992. Półprodukty piekarskie – Metody badań.
- PN-A-74108:1996. Pieczywo – Metody badań.
- Schramm G., 1998 *Reologia. Podstawy i zastosowania*. Ośrodek Wydawnictw Naukowych. Poznań
- Tieking, M., Gänzle, M. G., 2005. Exopolysaccharides from cereal-associated lactobacilli. *Trends Food Sci. Technol.*, 16(1), 79-84.
- Wolter A., Hager A. Zannini E., Galle S., Gänzle M. Waters D., Arendt E. 2014 a. Evaluation of exopolysaccharide producing *Weissella cibaria* MG1 strain for the production of sourdough from various flours. *Food Microbiol.*, 37, 44-50.
- Wolter A., Hager A. Zannini E., Zannini E., Czerny M., Arendt E., 2014 b. Influence of dextran-producing *Weissella cibaria* on baking properties and sensory profile of gluten-free and wheat breads. *Int. J. Food Microbiol.*, 172, 83-91.

EVALUATION OF THE EFFECT OF *WEISSELLA CIBARIA* ZFJ3 STARTER CULTURE ON VISCOSITY OF BUCKWHEAT SOURDOUGH AND QUALITY OF GLUTEN-FREE BREAD

Katarzyna Piasecka-Jóźwiak, Elżbieta Słowik, Danuta Kotyrba

Department of fermentation Technology
Prof. Waław Dąbrowski Institute of Agricultural and Food Biotechnology
Warszawa 02-532, ul. Rakowiecka 36
e-mail: katarzyna.piasecka@ibprs.pl

Abstract. The aim of the study was to evaluate the efficiency of application of a bacterial starter culture, containing the strain *Weissella cibaria* ZFJ3 producing exopolysaccharides, to improve the quality of gluten-free buckwheat. The viscosity and physicochemical properties of buckwheat sourdough obtained with this strain, with lees of *Pediococcus pentosaceus* ZFG2 (included in the commercial starter culture) and spontaneous sourdough (without starter culture), were compared with the highest viscosity obtained from *W. cibaria* ZFJ3. The bread obtained with this strain was evaluated as having attractive sensory values, and its physicochemical parameters as better or similar to the control bread.

Key words: Gluten-free bread, viscosity, sourdough, exopolysaccharide