

ANNA OSTASIEWICZ, ALICJA CEGLIŃSKA, SYLWIA SKOWRONEK

WPLYW WARUNKÓW PROWADZENIA ZAKWASU NA JAKOŚĆ PIECZYWA ŻYTNIEGO

Streszczenie

Celem pracy było porównanie jakości pieczywa żytniego uzyskanego z ciasta prowadzonego metodą trójfazową z wykorzystaniem różnych żurków: pochodzących z piekarń A i B, przygotowanego w laboratorium (próba kontrolna) oraz uzyskanego przy użyciu kultury starterowej. W pracy określono cechy fizykochemiczne mąki (wilgotność, kwasowość, zawartość białka, liczbę opadania i właściwości amyloliyczne) oraz kwasowość międzyproduktów w kolejnych fazach produkcji pieczywa. Otrzymane ciasto wypiekano w temperaturze 230 °C przez 35 min. Po 12 h obliczono wydajność, stratę piecową, zmierzono objętość i przeliczono ją na 100 g pieczywa oraz określono kwasowość. Przeprowadzono również ocenę organoleptyczną pieczywa.

Na podstawie oceny organoleptycznej oraz wartości wyróżników fizykochemicznych wykazano dobre właściwości wypiekowe użytej mąki. W poszczególnych fazach wytwarzania, w ciastach wystąpiły różnice kwasowości. Żurek pochodzący z piekarni A oraz przygotowany z niego kwas wykazywały wyższy stopień kwasowości niż żurek i kwas przygotowany metodą laboratoryjną. Natomiast ciasta przygotowane na żurkach pobieranych z obu piekarń i ciasta z kulturami starterowymi miały dwukrotnie wyższą kwasowość niż sporządzone metodą laboratoryjną.

Wydajność ciasta wytworzonego na żurku z piekarni B była największa. Natomiast największą wydajność pieczywa uzyskano z ciasta przygotowanego na bazie kultury starterowej. Poza tym dodanie kultury starterowej wpłynęło również na zwiększenie objętości 100 g pieczywa.

Na podstawie wyników stwierdzono, że zastosowanie kultur starterowych do fermentacji ciasta wpłynęło na lepszą jakość pieczywa. Poprawie uległy cechy smakowo-zapachowe, zwiększyła się objętość, a mięksiz uzyskał korzystniejszą strukturę.

Słowa kluczowe: pieczywo żytnie, kultura starterowa, metoda trójfazowa

Wprowadzenie

Proces technologiczny pieczywa żytniego jest bardzo pracochłonny i długi, co wynika ze specyficznych właściwości mąki żytniej. Tradycyjne ukwaszanie ciasta na drodze spontanicznej fermentacji mlekowo-etanolowej odbywa się pod wpływem ro-

dzimej mikroflory mąki. W ostatnich latach obserwuje się jednak tendencję upraszczania i skracania procesu prowadzenia ciasta poprzez wprowadzanie nowych praktyk do procesu technologicznego. Polegają one głównie na skróceniu czasu fermentacji ciasta, np. przez zastosowanie kultur starterowych. Kultury starterowe, o określonym składzie mikroflory, umożliwiają prawidłowy i powtarzalny przebieg fermentacji oraz poprawę jakości pieczywa. Stosowanie kultur starterowych w postaci czystej monokultury lub kultury mieszanej kilku szczepów bakterii fermentacji mlekowej, z drożdżami lub bez drożdży, ma na celu właściwe ukierunkowanie procesu fermentacji i ograniczenie działalności niezidentyfikowanej mikroflory pochodzącej z mąki, surowców pomocniczych i otoczenia [3, 15]. Ciasto prowadzone z udziałem bakterii fermentacji mlekowej i drożdży charakteryzuje się ponadto specyficznymi cechami sensorycznymi, dzięki gromadzeniu się związków będących produktami metabolizmu tych mikroorganizmów. Wykazuje ono także lepszą strawność, zachowanie składników bioaktywnych i większą dostępność makro- i mikroelementów [7, 9].

W porównaniu z tradycyjną metodą prowadzenia ciasta, technika stosowania kultur starterowych jest bardzo uproszczona, dzięki czemu można w krótkim czasie uzyskać powtarzalną i stabilną jakość ciasta żytniego oraz pieczywo o wyraźnym smaku i aromacie [3]. Dodatek wyselekcjonowanych kultur starterowych do produkcji pieczywa dostarcza wiele korzyści technologicznych, ekonomicznych i prozdrowotnych. Kultury starterowe zapewniają wysoką jakość pieczywa, przedłużają jego świeżość i opóźniają proces czerstwienia [1, 2, 5, 9]. Pieczywo produkowane z dodatkiem starterów fermentacji charakteryzuje się lepszym smakiem i zapachem, dzięki odpowiedniemu stosunkowi bakterii mlekowych i drożdży. Poza tym, produkty metabolizmu bakterii mlekowych w środowisku fermentacyjnym działają hamująco na rozwój bakterii patogennych i gnilnych, wpływając na czystość fermentacji [17] oraz obniżają ryzyko rozwoju w pieczywie mikroflory niepożądaną, głównie pleśni [18]. Stosowanie kultur starterowych wykazuje również działanie prozdrowotne, poprzez rozkład ewentualnych mikotoksyn pochodzących z zanieczyszczonej pleśniami mąki, redukcję kwasu fitynowego utrudniającego wchłanianie związków mineralnych oraz wspomaganie systemu immunologicznego człowieka [8].

Celem pracy było porównanie jakości pieczywa żytniego uzyskanego w wyniku prowadzenia ciasta metodą trójfazową z wykorzystaniem różnych żurków.

Material i metody badań

W doświadczeniu technologicznym ciasto wyprowadzano:

- z żurku przygotowanego z mąki żytniej typu 720 metodą laboratoryjną (próba kontrolna),
- z dwóch żurków pobieranych z piekarni A i B,
- przy użyciu kultury starterowej.

Kultura starterowa, zgodnie z deklaracją producenta, stanowiła wieloskładnikową kompozycję bakterii mlekowych skojarzoną z drożdżami. W 1 g zaczątku przygotowanym z udziałem tej kultury znajdowało się 2 - 4 mld bakterii mlekowych gatunku *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus sanfranciscensis*, *Lactobacillus brevis* oraz około 5 mln komórek drożdży gatunku *Saccharomyces cerevisiae*.

W ramach oceny cech fizykochemicznych mąki oznaczano: wilgotność metodą suszenia w temperaturze 130 °C przez 1 h, kwasowość miareczkową za pomocą miareczkowania roztworem 0,1 mol/dm³ wodorotlenku sodu kwasów zawartych w mące wobec 2 % alkoholowego roztworu fenoloftaleiny jako wskaźnika, zawartość białka ogółem metodą Kjeldahla [6] przy użyciu jednostki do mineralizacji firmy Foss Tecator, liczbę opadania w aparacie Hagberga-Pertena [11] i właściwości amyloリティczne z zastosowaniem amylografu Brabendera [12].

W kolejnym etapie badań przygotowywano ciasta żytnie, oceniając kwasowość miareczkową międzyproduktów (żurku, kwasu i ciasta). W próbie kontrolnej przygotowywano żurek o wydajności 300 %, który poddawano fermentacji przez 24 h w temperaturze 30 °C. Z dojrzałego żurku wyprowadzano kwas o wydajności 200 % z dodatkiem 1 % drożdży w stosunku do całej ilości użytej mąki. Po 3-godzinnej fermentacji kwasu dodawano przewidziane w recepturze ilości mąki, wody i soli (1,5 %), otrzymując ciasto o wydajności 172 %. Kęsy ciasta o masie 350 g poddawano rozrostowi końcowemu i wypiekano w piecu o temp. 230 °C przez 35 min. Metoda ta była również stosowana do przygotowania ciasta prowadzonego na żurkach z piekarni A i B. Wydajność tych żurków wynosiła 375 i 400 %, natomiast wydajność otrzymanych ciast 175 i 176 %. Pieczywo z użyciem kultur starterowych przygotowywano wg metody zaproponowanej przez producenta tych kultur. Żurek o wydajności 250 % sporządzano z zaczątku piekarskiego i pozostawiano go do fermentacji dwuetapowej na około 36 h. Następnie przygotowywano kwas z żurku z dodatkiem drożdży. Po fermentacji kwasu i dodaniu pozostałej ilości mąki, wody, drożdży i soli otrzymano ciasto o wydajności 170 %. Uformowane kęsy ciasta o masie 350 g po rozroście końcowym wypiekano w piecu w temp 230 °C przez 35 min.

Pieczywo oceniano po 12 h od wypieku. Obliczano stratę piecową (upiek), wydajność oraz mierzono objętość w aparacie Sa-Wy, przeliczając ją na 100 g pieczywa, kwasowość miareczkową, a także przeprowadzano ocenę organoleptyczną [6]. Oceniano następujące cechy pieczywa: wygląd zewnętrzny, cechy skórki i miękkiszu oraz zapach i smak.

Wszystkie oznaczenia przeprowadzono w trzech powtórzeniach. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, korzystając z programu Statgraphics Plus 4.1, metodą jednoczynnikowej analizy wariancji. NIR (najmniejsze istotne różnice) wyznaczono testem Tukey'a.

Wyniki i dyskusja

Przeprowadzona analiza cech fizykochemicznych mąki żytniej typu 720 wykazała, że charakteryzuje się ona dobrymi właściwościami wypiekowymi. Wartości wybranych wyróżników jakości mąki żytniej typu 720 przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1

Wyróżniki jakości mąki żytniej typu 720 użytej do wypieku.
Quality characteristics of rye flour type 720 used to bake bread.

Badane parametry Parameters determined	Mąka żytnia typu 720 Rye flour type 720
Wilgotność [%] Moisture Content [%]	13,8
Kwasowość [° kwasowości] Acidity [acidity degrees]	5,2
Zawartość białka [%] Protein content [%]	8,5
Liczba opadania [s] Falling number [s]	173

Wilgotność, zawartość białka i kwasowość użytej mąki żytniej odpowiadała zaleceniom normy [10]. Wartość technologiczna mąki żytniej określana jest jednak dokładniej przez właściwości skrobi, zwłaszcza jej zdolność do kleikowania i podatność na działanie enzymów amylolitycznych. Aktywność amylolityczna mąki oznaczona liczbą opadania wyniosła 173 s, co wskazuje na średnią aktywność α -amylaz. Optymalna do wypieku pieczywa liczba opadania powinna się zawierać w przedziale 100 – 200 s [14]. Użyta do wypieku mąka wykazała wartość tego parametru mieszczącą się w powyższym zakresie. Oceny właściwości amylolitycznych mąki dokonano na podstawie otrzymanego amylogramu. Temperatura początkowa kleikowania użytej do wypieku mąki wynosiła tylko 46 °C. Natomiast lepkość skleikowanej zawiesiny skrobi (650 j.B.) i temperatura końcowa kleikowania (64,8 °C) były zbliżone do optymalnych. Za optymalne dla mąki żytniej uważa się parametry: lepkość w przedziale 400 – 600 j.B. i temperaturę końcową kleikowania na poziomie 63 – 68 °C [14].

Wykazano statystycznie istotne różnice kwasowości stosowanych żurków. Kwasowość żurku kształtowała się w przedziale 4,2 – 13,4° kwasowości. Najwyższą jej wartość wykazano w żurku pochodzącym z piekarni A, natomiast najniższą w żurku przygotowanym metodą laboratoryjną (próba kontrolna). W badaniach prowadzonych przez Śimśeka i wsp. [13] kwasowość żurków stosowanych do produkcji pieczywa wahała się w przedziale 7,6 – 19,3° kwasowości. Według Dziugana [4] pieczywo uży-

skane z żurków o kwasowości z przedziału 9 – 11° kwasowości uzyskało najwyższe noty w ocenie sensorycznej. Kwasowość przygotowanych kwasów i ciast także wykazywała istotne różnice w zależności od pochodzenia żurku (tab. 2).

Tabela 2

Kwasowość międzyproduktów (żurku, kwasu, ciasta) i pieczywa.
Acidity of inter-products (fermented rye flour, mature sourdough, dough) and bread.

Metoda prowadzenia zakwasu Method of developing fermented rye flour	Kwasowość [° kwasowości] Acidity [acidity degrees]			
	Żurek Leaven	Kwas Active sourdough starter	Ciasto Dough	Pieczywo Bread
Metoda laboratoryjna (próba kontrolna) Laboratory method (control sample)	4,2 a ± 0,07	3,5 a ± 0,0	3,4 a ± 0,42	4,4 a ± 0,0
Metoda z użyciem kultur starterowych Method using starter cultures	11,65 b ± 0,49	8,1 b ± 0,14	7,55 b ± 0,07	10,6 c ± 0,28
Metoda z użyciem żurku z piekarni A Method using leaven from A bakery	13,4 c ± 0,0	8,9 c ± 0,14	7,25 b ± 0,35	9,2 b ± 0,28
Metoda z użyciem żurku z piekarni B Method using leaven from B bakery	12,7 bc ± 0,14	9,25 c ± 0,07	6,75 b ± 0,07	9,1 b ± 0,14
NIR / HSD ($\alpha=0.05$)	1,06	0,43	1,14	0,86

Objaśnienia: / Explanatory notes:

± odchylenie standardowe / standard deviation

a, b, c, d – te same litery w kolumnie oznaczają brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy wartościami średnimi ($p \geq 0,95$) / the same letters in one column denote lack of statistically significant differences among the means ($p \geq 0.95$)

W przypadku fazy „kwas” kwasowość mieściła się w przedziale 3,5 – 9,25° kwasowości. Kwas sporządzony na żurku z piekarni B wykazał najwyższy poziom kwasowości. Istotnie różniła się kwasowości ciasta otrzymanego metodą laboratoryjną a pozostałymi metodami. Kwasowość ciasta z dodatkiem kultur starterowych była największa i ponad dwukrotnie większa niż ciasta sporządzonego metodą laboratoryjną. Dodatek kultur starterowych wpłynął również na zwiększenie kwasowości ciasta w badaniach prowadzonych przez Ambroziaka i wsp. [1]. Uzyskana przez nich kwasowość ciasta wynosiła średnio 7,3° kwasowości. W niniejszej pracy uzyskano zbliżone wartości kwasowości. Według Ambroziaka i wsp. [1] spowodowana dodatkiem starterów

wyższa kwasowość ciasta umożliwia uzyskanie lepszych jego właściwości fizycznych, a w efekcie zapewnia korzystniejszą strukturę miększu, wpływa na bardziej pożądane cechy smakowo-zapachowe oraz przedłuża świeżość pieczywa.

Wydajność przygotowanego do wypieku ciasta kształtowała się w przedziale 170 – 176 %. Ciasto o największej wydajności sporządzono z dodatkiem żurku z piekarni B, a najmniejszą wydajność wykazało ciasto wytworzone z użyciem kultur starterowych. Wydajność ciasta jest ważnym parametrem technologicznym, od którego zależy tempo namnażania się bakterii i drożdży oraz stosunek wytwarzanego w trakcie fermentacji kwasu mlekowego i octowego. Ciasta o wydajności mieszczącej się w zakresie 150 – 170 %, charakteryzują się gęstą konsystencją i stanowią dobre środowisko do rozwoju bakterii w przewadze nad drożdżami. W efekcie uzyskane pieczywo ma bardziej ostry smak i zapach spowodowany wyższą zawartością kwasu octowego. W ciastach luźnych, o wydajności 200 – 220 %, następuje intensywniejszy rozwój drożdży, a pieczywo wykazuje łagodniejszy smak i zapach kwasowy [16].

Kwasowość uzyskanego pieczywa przedstawiono w tab. 2. Mieściła się ona w przedziale od 4,4° kwasowości w przypadku pieczywa uzyskanego z żurku przygotowanego metodą laboratoryjną do 10,6° kwasowości pieczywa otrzymanego na bazie kultur starterowych. Zbliżone wyniki kwasowości pieczywa (3,6 – 9,2° kwasowości) uzyskał Plessas i wsp. [9]. Autorzy stwierdzili również, że pieczywo z dodatkiem kultur starterowych odznacza się wyższą kwasowością niż pieczywo otrzymane metodą tradycyjną.

Wydajność pieczywa (tab. 3) sporządzonego metodą z użyciem żurku z piekarni B oraz pieczywa z dodatkiem kultur starterowych była największa i nie różniła się istotnie. Najmniejszą wydajność wykazano w przypadku pieczywa przygotowanego metodą z użyciem żurku z piekarni A, które cechowało się również największą stratą piecową. Stosowanie kultur starterowych wpłynęło na wzrost objętości pieczywa w przeliczeniu na 100 g jego masy. Pieczywo to wykazywało poza tym najmniejszą stratę piecową. Najmniejszą objętość w przeliczeniu na 100 g wykazywało pieczywo wytworzone na żurku metodą laboratoryjną (tab. 3).

Zastosowanie metody trójfazowej wytwarzania ciasta pozwoliło uzyskać pieczywo o prawidłowym wyglądzie zewnętrznym i kształcie nadanym formą. We wszystkich przypadkach skórka była rumiana i błyszcząca, ściśle przylegająca do miększu i pozbawiona pęknięć. Miększ pieczywa otrzymanego na bazie kultury starterowej był najbardziej elastyczny i wykazywał równomierną porowatość. Pieczywo wytworzone na żurkach pobieranych z piekarni miało miększ z większą liczbą nieregularnych porów. Próba kontrolna, czyli pieczywo wyprowadzone z żurku sporządzonego w warunkach laboratorium charakteryzowało się miększem bardziej zwartym, z mniejszą zawartością porów, a także mniejszą elastycznością. Porównując smak i zapach uzyskanego pieczywa, najlepiej oceniono pieczywo na bazie kultur starterowych. Smak tego

rodzaju pieczywa był odpowiednio kwaśny, a zapach właściwy, łagodny kwasowy. W badaniach prowadzonych przez Plessasa i wsp. [9] zastosowanie kultur starterowych wywarło również pozytywny wpływ na cechy organoleptyczne pieczywa w porównaniu z pieczywem otrzymanym metodą tradycyjną.

Tabela 3

Ocena uzyskanego pieczywa żytniego.

Assessment of the rye bread produced.

Metoda prowadzenia zakwasu Method of developing fermented rye flour	Wydajność pieczywa Yield of bread [%]	Upiek Baking loss [%]	Objętość Volume [cm ³ /100 g]
Metoda laboratoryjna (próba kontrolna) Laboratory method (control sample)	142,9 ab	13,3 b	203,2 a
Metoda z użyciem kultur starterowych Method using starter cultures	143,7 b	10,0 a	268,8 c
Metoda z użyciem żurku z piekarni A Method using leaven from A bakery	139,8 a	14,4 b	223,2 b
Metoda z użyciem żurku z piekarni B Method using leaven from B bakery	143,9 b	12,5 b	218,1 ab
NIR / HSD ($\alpha=0,05$)	3,5	2,3	17,7

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b, c, d – te same litery w kolumnie oznaczają brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy wartościami średnimi ($p \geq 0,95$) / the same letters in one column denote the lack of statistically significant differences among the means ($p \geq 0,95$)

Wnioski

1. W porównaniu z metodą laboratoryjną zastosowanie kultur starterowych i żurków z piekarni A i B wpłynęło na wzrost kwasowości międzyproduktów w poszczególnych fazach ciasta oraz pieczywa żytniego.
2. W metodzie z użyciem kultur starterowych uzyskano największą objętość pieczywa (wzrost o 32,3 %) przy najmniejszym upieku. Nastąpiła także wyraźna poprawa cech smakowo-zapachowych, co wiązało się z uzyskaną kwasowością pieczywa.

Praca była prezentowana podczas XIII Ogólnopolskiej Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Łódź, 28 - 29 maja 2008 r.

Literatura

- [1] Ambroziak Z., Staszewska E., Słowik E.: Nowe technologie wytwarzania chleba trwałego. *Przegl. Piek. Cukier.*, 1999, **2**, 14-16.
- [2] Corsetti A., Gobetti M., Balestrieri F., Paoletti F., Russi L., Rossi J.: Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. *J. Food Sci.*, 1998, **63**, 2, 347-51.
- [3] Diowksz A.: Zakwas piekarski jako złożony układ biologiczny. *Przegl. Piek. Cukier.*, 2003, **9**, 16, 18-19.
- [4] Dziugan P.: Fermentacja zakwasów piekarskich. *Cukier. Piek.*, 2006, **5**, 40-42.
- [5] Gül H., Özcelik S., Sagdic O., Certel M.: Sourdough bread production with lactobacilli and *S. cerevisiae* isolated from sourdoughs. *Process Biochemistry.*, 2005, **40**, 691-697.
- [6] Jakubczyk T., Haber T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wyd. SGGW, Warszawa 1983.
- [7] Piasecka-Jóźwiak K., Chabłowska B., Słowik E., Rozmierska J., Stecka K.: Zastosowanie kultur starterowych (wyselekcjonowanych szczepów bakterii mlekowych) do poprawy jakości pieczywa mieszanego i żytniego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 2006, **1 (46)**, Supl., 100-113.
- [8] Piesiewicz H.: Wzrost znaczenia czystych kultur starterowych. *Przegl. Piek. Cukier.*, 2005, **4**, 14-17.
- [9] Plessas S., Fisher A., Koureta K., Psarianos C., Nigam P., Koutinas A.: *Application of Kluyveromyces marxianus, Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus and L. helveticus for sourdough bread making.* *Food Chem.*, 2008, **106**, 985-990.
- [10] PN-86/A-74032. Przetwory zbożowe. Mąka żytnia.
- [11] PN-ISO 3093/AK:1996. Zboża – oznaczanie liczby opadania.
- [12] PN-ISO 7973:2001. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe – oznaczanie lepkości mąki. Metoda z zastosowaniem amylografu.
- [13] Şimşek Ö., Con A., Tulumoglu Ş.: Isolating lactic starter cultures with antimicrobial activity for sourdough processes. *Food Control*, 2006, **17**, 263-270.
- [14] Słowik E.: Właściwości technologiczne i metody oceny żyta. *Przegl. Piek. Cukier.*, 2005, **3**, 6-9.
- [15] Staszewska E., Janik M.: Zastosowanie kultur starterowych w piekarstwie. *Przegl. Piek. Cukier.*, 1999, **2**, 6-9.
- [16] Staszewska E., Piesiewicz H.: Kierowanie procesem fermentacji i kształtowanie smaku chleba. *Przegl. Piek. Cukier.*, 2005, **12**, 2-5.
- [17] Włodarczyk M., Diowksz A.: Liofilizowana kultura starterowa do produkcji chleba. *Przegl. Piek. Cukier.*, 1998, **4**, 10.
- [18] Włodarczyk M., Diowksz A.: Piekarskie kultury starterowe – szansa zdrowotna i ekonomiczna. *Przegl. Piek. Cukier.*, 1998, **8**, 5-7.

INFLUENCE OF THE CONDITIONS OF SOURDOUGH PRODUCTION PROCESS ON THE RYE BREAD QUALITY

S u m m a r y

The objective of the study was to compare the quality of rye breads made of the dough developed using a three-phase method with various leavens, i.e. leavens from A and B bakeries, a leaven made in the laboratory (control sample), and a leaven made using a starter culture.

Under this study, the physical-chemical parameters of flour were determined (moisture content, acidity, protein content, falling number, and amylolytic properties), as well as the acidity of inter-products during each phase of the bread production. The dough made was baked at 230 °C for 35 min. Twelve (12) hours after the baking process accomplished, the yield and baking loss were calculated, the volume was measured and expressed in 100 g of bread, and the acidity was determined. Furthermore, the organoleptic evaluation of the breads was performed.

Based on the organoleptic evaluation and the values of physical-chemical characteristics, it was proved that the baking properties of the flour used were good. During the individual phases of the manufacturing process, differences in the acidity of dough occurred. The leaven from the A bakery and the active sourdough starter made thereof showed a higher acidity degree than the leaven and active sourdough starter developed under the laboratory method. On the other hand, the doughs prepared on the basis of leavens from the two bakeries, and the doughs with starter cultures had a doubled acidity level than the doughs made using the laboratory method.

The yield of bread doughs made using the leaven from the B bakery was the highest. The highest yield of bread was achieved in the case of dough made on the basis of starter culture. Moreover, the starter culture added caused the volume of 100 g of bread to increase.

Based on the study results, it was found that the application of starter cultures had an effect on the better quality of bread. The taste and flavour properties were improved, the bread volume increased, and the bread crumb showed a more approving texture.

Key words: rye bread, starter culture, three-phase method 