

**ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНАЯ
ОЦЕНКА ПОЛНОЦЕННОСТИ
ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ**
**VETERINARY SANITARY ASSESSMENT
FULLNESS OF FOOD PRODUCTS**

УДК 664.65

DOI:10-31677/2311-0651-2020-27-1-28-35

**ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МУЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ**

Е. С. Красникова, доктор ветеринарных наук, доцент
А. В. Красников, доктор ветеринарных наук, доцент
В. А. Бабушкин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Мичуринский государственный аграрный университет
E-mail: krasnikovaes77@yandex.ru

Ключевые слова: мультизлаковый хлеб, чечевичная мука, пшенная мука, хлебопекарные дрожжи, подъемная сила, удельная скорость роста, физико-химические свойства хлеба, органолептические свойства хлеба.

Реферат. Изучено влияние мучных композиционных смесей из пшеничной, чечевичной и пшенной муки в различных пропорциях на технологические свойства хлебопекарных дрожжей. Показано, что мультизлаковый хлеб с добавлением 5–10% чечевичной/пшенной муки обладает лучшими сенсорными качествами, чем традиционный пшеничный хлеб. Выявлено, что введение в мучную смесь 20 или 30% чечевичной или пшенной муки оказывает лучший стимулирующий эффект для роста дрожжей. В частности, добавление средних объемов чечевичной или пшенной муки сопровождается увеличением удельной скорости роста дрожжей в 5 раз. Установлено, что введение 40% чечевичной муки и формирование сложной трехкомпонентной мучной смеси снижает удельную скорость роста хлебопекарных дрожжей в 1,5–2 раза по сравнению с контролем. Наилучшие физико-химические показатели зафиксированы в образцах, содержащих 30% пшенной или чечевичной муки.

**IMPACT OF COMPOSITE FLOUR MIXTURES ON BAKER'S YEAST
TECHNOLOGICAL PROPERTIES**

E. S. Krasnikova, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor
A. V. Krasnikov, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor
V. A. Babushkin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Michurinsk State Agrarian University

Key words: multigrain bread, lentil flour, millet flour, baker's yeast, yeast rising power, specific growth rate, bread physicochemical properties, bread organoleptic properties.

Abstract. The influence of flour composite mixes from wheat, lentil and millet flours in different proportions on baker's yeast biotechnological properties is studied. It is shown, that multigrain bread with 5–10% lentil/millet flour addition has better sensory qualities than traditional wheat bread. It is revealed, that introduction of 20 or 30% lentil or millet flour into the flour mixture has the best stimulating effect for the yeast growth. In particular, the addition of average volumes of lentil or millet flour is accompanied by an increase in yeasts' rising power 5 times. It is established, that introduction of 40% lentil flour and complex three-component flour mixture formation reduces the specific growth rate of baker's yeast by 1.5–2 times compared with the control. The best physicochemical parameters are recorded in samples, containing 30% millet or 30% lentil flour.

Повышенное внимание потребителей к здоровому питанию обусловило высокую популярность хлебобулочных изделий с целебными свойствами. Это привело к разработке разнообразных продуктов с частичным вытеснением пшеницы из мучной смеси. В частности, замена пшеницы рожью, овсом, сорго и просом положительно повлияла на содержание волокон, упругость, эластичность и структуру конечного продукта [1]. Было проведено много исследований, направленных на снижение калорийности и повышение пищевой ценности хлеба. С этой целью использовали добавление катехинов зеленого чая, муки сорго, гуаровой камеди, семян мальвы, экстракта белой фасоли, обогащенной β -глюканом муки ячменя, пищевых волокон и дикорастущих фруктов. Замена пшеничной муки мукой из пурпурного ямса оказала влияние на переваримость крахмала хлеба *in vitro*: содержание быстро и медленно перевариваемого крахмала уменьшалось с добавлением муки из пурпурного ямса [2]. Установлено, что обогащение зерновых продуктов бобовой мукой дает пищевые преимущества, например, улучшает аминокислотный баланс и снижает содержание клейковины, а также изменяет технологические свойства полуфабриката и многие параметры конечного продукта (цвет, текстуру, структуру, сенсорную приемлемость) [3].

В настоящее время среднелюбовое потребление продуктов питания в Российской Федерации имеет тенденцию к росту. Подушное потребление хлебных продуктов стабилизировалось на уровне 119 кг/год [4]. Рецептуры новых хлебобулочных изделий с повышенной пищевой ценностью в настоящее время находятся в тренде на рынке, но, чтобы охватить более широкую аудиторию, их сенсорные атрибуты все еще нуждаются в улучшении. Для улучшения целебных свойств и сенсорных признаков хлеба можно комбинировать различные независимые переменные: изменение состава мучной смеси [5], добавление натуральных биологически активных компонентов, таких как проросшие зерна и семена [6], управление процессами брожения и выпечки [7].

Как пищевая ценность, так и сенсорные свойства хлеба зависят от многих факторов. Но качество хлебобулочных изделий в первую очередь определяется технологическими свойствами дрожжей. Технологическая и функциональная роль дрожжей заключается в разрыхляющем действии производимого ими углекислого газа, который придает определенные свойства тесту и конечному продукту, а также образованию этанола и других молекул, участвующих в формировании вкуса и аромата хлебобулочных изделий. Известно, что определяющим фактором в продукции клеточных ферментов является субстрат, в частности, для хлебопекарных дрожжей это могут быть пропорции мучных композиционных смесей [2, 5, 6].

Цель исследования – изучение влияния мучных композиционных смесей из пшеничной, чечевичной и просяной муки в различных пропорциях на технологические свойства хлебопекарных дрожжей. В задачи исследования входило определение удельной скорости роста и подъемной силы хлебопекарных дрожжей, а также кислотности, влажности, пористости и сенсорных свойств готового продукта.

Чечевичную и пшеничную цельнозерновую муку получали с помощью лабораторной мельницы Quadrumat Junior фирмы Brabender (Германия). Мучные композиции были пригото-

лены путем смешивания пшеничной, чечевичной и просяной муки в различных пропорциях (табл. 1).

Таблица 1

Матрица эксперимента																
Номер пробы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Комбинация муки в смеси, %																
Пшеничная мука, %		100	0	0	90	80	70	60	90	80	70	60	90	80	70	60
Чечевичная мука	100															
	5			+									+			
	10				+									+		
	15														+	
	20					+										+
	30						+									
	40							+								
Пшеничная мука	100		+													
	5												+			
	10								+					+		
	15														+	
	20									+						+
	30										+					
	40											+				

Удельную скорость роста дрожжей рассчитывали по общепринятой методике [8]. С этой целью 0,06 г сухих хлебопекарных дрожжей эмульгировали в 10 мл физиологического раствора с 0,06 г мучной смеси и 1,12 г сахара. Разведения 1:10² готовили на стерильном физиологическом растворе из всех образцов, и по 0,1 мл каждого разведения распределяли на поверхности агар Сабуро в 3 чашках Петри параллельно. После 1,5-часовой выдержки при температуре 35±2 °С готовили разведения 1: 10⁴ и инокулировали 3 чашки Петри с агаром Сабуро по 0,1 мл из каждой пробы. Посевы на чашках Петри инкубировали в термостате в течение 48 ч при температуре 35±2 °С. Затем подсчитывали колонии дрожжей. По полученным данным рассчитывали удельную скорость роста дрожжей или коэффициент роста (K_p, КОЕ/ч) по следующей формуле:

$$K_p = 2,303 (\lg A_2 - \lg A_1) / (t_2 - t_1),$$

где A₁ – количество дрожжевых клеток при первом высеве, КОЕ / мл;

A₂ – количество дрожжевых клеток при втором высеве, КОЕ / мл;

(t₁ – t₂) – интервал времени между посевами, ч.

Подъемную силу дрожжей определяли ускоренным методом согласно ГОСТ Р 54731–2011. Для определения подъемной силы осуществляли пересчет сухой дрожжевой массы, соответствующей массе прессованных дрожжей, по формуле

$$m = m_{pr} (100 - W_{pr}) / (100 - W),$$

где m_{pr} – масса прессованных дрожжей, г;

$W_{\text{пр}}$ – влажность прессованных дрожжей, %;

W – влажность сухих дрожжей, %.

Время всплывания приготовленного специальным образом тестового шарика умножали на эмпирический коэффициент 3,5, а полученное значение принимали за подъемную силу дрожжей.

Затем проводили выпечку всех образцов хлеба и анализировали их физико-химические и органолептические свойства. Для приготовления теста опарным способом использовали следующие ингредиенты: 215 г мучной смеси, 12,5 г сахара, 7,5 г соли, 150 мл воды и 12 мл подсолнечного рафинированного масла на 1 пробу (500 г). Тесто выпекали в печи Унох (Италия) при температурах 160 °С (верхний нагреватель) и 220 °С (нижний нагреватель) в течение 30–40 мин.

Влажность хлеба определяли по ГОСТ 21094–75, кислотность хлебного мякиша – по ГОСТ 5670–96, пористость – по ГОСТ 5669–96. Органолептические показатели хлеба оценивали согласно ГОСТ 5667–65.

Данные по удельной скорости роста дрожжей в различных мучных смесях представлены в табл. 2.

Таблица 2

Удельная скорость роста дрожжей

Номер пробы	Состав мучной композиции	Удельная скорость роста, КОЕ/ч
1	Пшеничная мука 100 %	3,65±0,34
2	Чечевичная мука 100 %	2,53±0,23*
3	Пшеничная мука 100 %	2,62±0,25*
4	Пшеничная мука 90 % + чечевичная мука 10 %	3,06±0,31*
5	Пшеничная мука 80 % + чечевичная мука 20 %	3,47±0,32
6	Пшеничная мука 70 % + чечевичная мука 30 %	3,35±0,33
7	Пшеничная мука 60 % + чечевичная мука 40 %	2,35±0,22*
8	Пшеничная мука 90 % + пшеничная мука 10 %	2,58±0,25*
9	Пшеничная мука 80 % + пшеничная мука 20 %	3,30±0,31
10	Пшеничная мука 70 % + пшеничная мука 30 %	3,52±0,33
11	Пшеничная мука 60 % + пшеничная мука 40 %	3,28±0,32*
12	Пшеничная мука 90 % + пшеничная мука 5 % + чечевичная мука 5 %	3,02±0,30*
13	Пшеничная мука 80 % + пшеничная мука 10 % + чечевичная мука 10 %	2,79±0,26*
14	Пшеничная мука 70 % + пшеничная мука 15 % + чечевичная мука 15 %	2,69±0,26*
15	Пшеничная мука 60 % + пшеничная мука 20 % + чечевичная мука 20 %	2,01±0,20*

Примечание. Здесь и в табл. 2: *различие статистически достоверно между экспериментальной и контрольной пробами ($P \leq 0,05$ при t критическом 2,10).

Наилучшие показатели удельной скорости роста были зафиксированы в образцах 5 и 10 при добавлении в мучную смесь 20 % чечевичной или 30 % пшеничной муки. Хорошие результаты были получены при добавлении в мучную смесь 30 % чечевичной или 20 % пшеничной муки. Можно предположить, что добавление в пшеничную муку среднего объема муки из других злаков усиливает дрожжевую активность. Введение меньшего количества мучной примеси, вероятно, недостаточно для этого. Введение большого количества чечевичной муки в состав смеси и образование сложной трехкомпонентной мучной смеси отрицательно сказалось на росте дрожжей.

Данные об изменении подъемной силы дрожжей в различных составах мучной композиции проиллюстрированы на рис. 1.

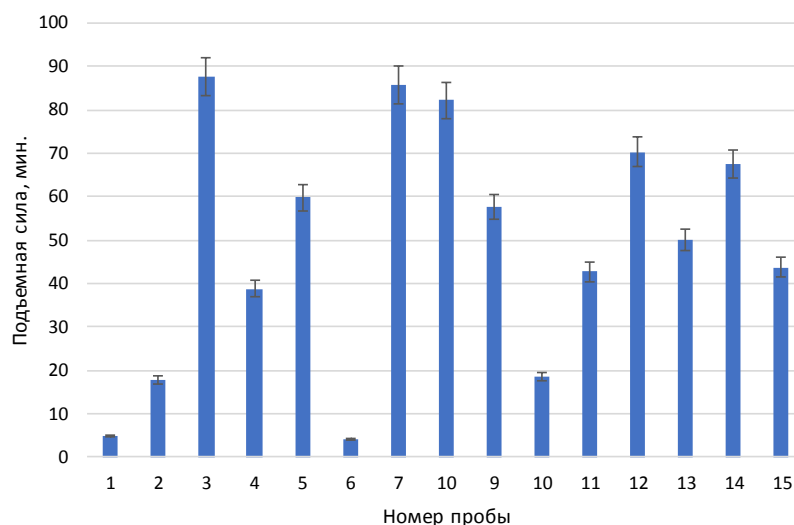


Рис. 1. Подъемная сила дрожжей

В образцах 5 и 10 (добавлено 20% чечевичной или 30% просяной муки) были получены наилучшие результаты по подъемной силе дрожжей. Хорошие результаты были получены при добавлении в мучную смесь 30% чечевичной или 20% пшеничной муки. Соответственно время созревания теста в этих образцах сокращалось, это связано с увеличением количества и активности дрожжей.

Физико-химические свойства хлебного мякиша, выпеченного из различных составов муки, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Физико-химические свойства хлебного мякиша

Номер пробы	Влажность, %	Кислотность, град.	Пористость, %
1	43,5±2,2	1,5±0,1	68,0±3,3
2	42,5±2,1	5,0±0,2*	50,0±2,6*
3	34,5±1,5*	2,0±0,1*	51,0±2,5*
4	35,0±1,6*	2,0±0,1*	70,0±3,4
5	36,5±1,8*	2,0±0,1*	62,0±3,1
6	35,0±1,4*	3,0±0,1*	65,0±3,2
7	38,5±1,6*	2,5±0,1*	63,0±3,1
8	37,0±1,8*	3,5±0,1*	56,0±2,3*
9	39,0±1,8*	7,0±0,2*	56,0±2,2*
10	35,5±1,6*	2,5±0,1*	63,0±3,2
11	40,5±1,9	2,0±0,1*	54,0±2,4*
12	40,5±2,1	2,5±0,1*	62,0±3,1
13	37,0±1,7*	2,0±0,1*	65,0±3,3
14	39,0±1,9*	1,5±0,1	65,0±3,2
15	37,5±1,6*	2,5±0,1*	67,0±3,4

Как следует из данных, представленных в табл. 3, хлеб с добавлением пшеничной и чечевичной муки имел влажность на 4,5–8,5% ниже, чем классический образец пшеничного хлеба. Для трехкомпонентного хлеба отмечена тенденция к снижению влажности хлебного мякиша с увеличением примеси непшеничной муки. Введение чечевичной муки практически не влияло на кислотность хлебного мякиша, в то время как с увеличением количества пшеничной муки в составе смеси кислотность хлебного мякиша снижалась. Кислотность трехкомпонентного хлебного

мякиша существенно не изменялась при изменении состава смеси. Пористость хлебного мякиша несколько уменьшилась в двух композитных образцах и увеличилась в трех композитных образцах с увеличением примесной муки. В целом наилучшие физико-химические показатели были зафиксированы в образцах, содержащих 30% пшениной или 30% чечевичной муки.

Органолептические свойства хлеба из различных комбинаций муки представлены на рис. 2–4.

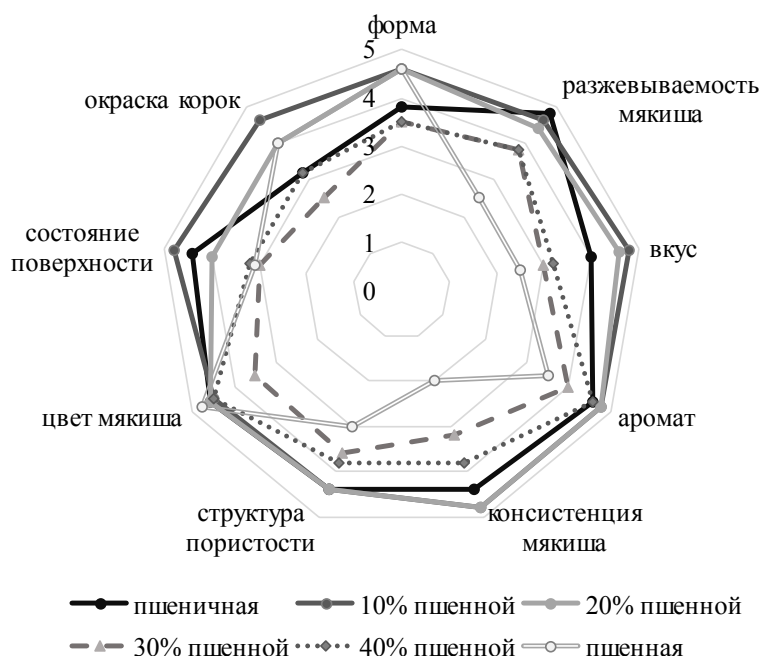


Рис. 2. Органолептические свойства хлеба с добавлением пшениной муки

Как показано на рис. 2, хлеб из чистой пшеничной муки имел удовлетворительные органолептические свойства, но его консистенция и вкусовые качества не были привлекательными для дегустаторов. Лучшие показатели имел хлеб с добавлением 10 и 20 % пшеничной муки.

Хлеб из чечевичной муки (рис. 3) также имел удовлетворительные органолептические свойства, но его вкус не был привлекателен для дегустаторов. Лучшие сенсорные характеристики имел хлеб с добавлением 10 % чечевичной муки.



Рис. 3. Органолептические свойства хлеба с добавлением чечевичной муки

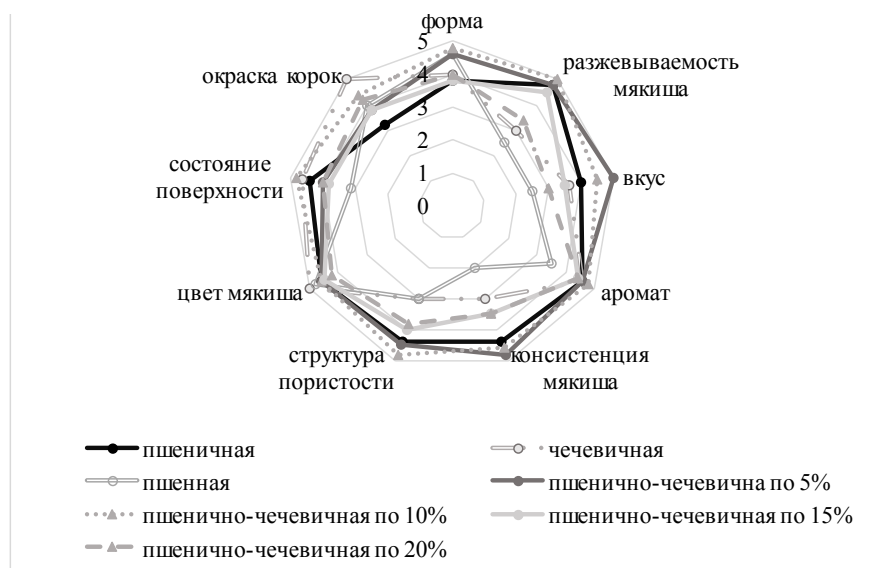


Рис. 4. Органолептические свойства хлеба с добавлением чечевичной и пшеничной муки

Как видно из рис. 4, многозерновой хлеб с добавлением небольшого количества чечевичной и пшеничной муки (5–10%) обладал еще лучшими сенсорными качествами, чем пшеничный хлеб. Однако увеличение примесной муки в составе смеси значительно снижало приемлемость хлеба.

Таким образом, введение в мучную смесь 20% или 30% чечевичной или пшеничной муки оказывало наилучшее стимулирующее действие на рост дрожжей. Введение 40% чечевичной муки и формирование сложной трехкомпонентной мучной смеси снижало удельную скорость роста хлебопекарных дрожжей в 1,5–2 раза по сравнению с контролем. Добавление средних объемов (20–30%) чечевичной или пшеничной муки сопровождалось увеличением удельной скорости роста дрожжей в 5 раз и улучшением физико-химических показателей хлебного мякиша по сравнению с контролем. Мультизерновой хлеб с добавлением 5–10% чечевичной/пшеничной муки обладал лучшими сенсорными качествами, чем традиционный пшеничный хлеб. Наши данные коррелируют с результатами других исследователей, показывающих положительное влияние сложных составов муки на технологические свойства дрожжей и качество выпекаемого хлеба [9, 10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Torbica A., Belović M., Tomić J. Novel breads of non-wheat flours // Food Chemistry. – 2019. – N 282. – P. 134–140.
2. Effect of purple yam flour substitution for wheat flour on in vitro starch digestibility of wheat bread / X. Liu, K. Lu., J. Yu [et al.] // Food Chemistry. – 2019. – N 284. – P. 118–124.
3. Legume enriched cereal products: A generic approach derived from material science to predict their structuring by the process and their final properties / A.F. Monnet, K. Laleg, C. Michon, V. Micard // Trends in Food Science & Technology. – 2019. – N 86. – P. 131–143.
4. Станчин И.М. Уровень потребления продуктов питания населением Российской Федерации: историко-сравнительное исследование // Инновации и продовольственная безопасность. – 2015. – № 2 (8). – С. 76–81.
5. Chaudhary K. Use of *Saccharomyces cerevisiae* strains for breadmaking from different cereal flour blends // Journal of Food Science and Technology-Mysore. – 2018. – N 36 (3). – P. 256–260.
6. A comparative study of gluten-free sprouts in the gluten-free breadmaking process / S.W. Horstmann, J.J. Atzler, M. Heitmann [et al.] // European Food Research and Technology. – 2019. – N 245. – P. 617–629.

7. Gezgin Y., Kara U. The effect of exopolysaccharide producing *Lactobacillus plantarum* strain addition on sourdough and wheat bread quality // *Quality assurance and safety of crops & foods*. – 2019. – N 11 (1). – P. 95–106.

8. Панова Т.М. Получение и анализ этанола: метод. указания. – Екатеринбург, 2008. – С. 6–7.

9. Erben M., Osella C.A. Optimization of mold wheat bread fortified with soy flour, pea flour and whey protein concentrate // *Food Sci Technol Int*. – 2017. – N 23 (5). – P. 457–468.

10. *Mixture Design Applied to the Development of Chickpea-Based Gluten-Free Bread with Attractive Technological, Sensory, and Nutritional Quality* / F.G. Santos, C. Fratelli, D.G. Muniz, V.D. Capriles // *J. Food Sci*. – 2018. – N 83 (1). – P. 188–197.

REFERENCES

1. Torbica A., Belović M., Tomić J. Novel breads of non-wheat flours // *Food Chemistry*. – 2019. – N 282. – P. 134–140.

2. Effect of purple yam flour substitution for wheat flour on in vitro starch digestibility of wheat bread / X. Liu, K. Lu., J. Yu [et al.] // *Food Chemistry*. – 2019. – N 284. – P. 118–124.

3. Legume enriched cereal products: A generic approach derived from material science to predict their structuring by the process and their final properties / A.F. Monnet, K. Laleg, C. Michon, V. Micard // *Trends in Food Science & Technology*. – 2019. – N 86. – P. 131–143.

4. Stanchin I.M. Uroven» potrebleniya produktov pitaniya naseleniem Rossijskoj Federacii: istoriko-sravnitel'noe issledovanie // *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost*. – 2015. – № 2 (8). – S. 76–81.

5. Chaudhary K. Use of *Saccharomyces cerevisiae* strains for breadmaking from different cereal flour blends // *Journal of Food Science and Technology-Mysore*. – 2018. – N 36 (3). – P. 256–260.

6. A comparative study of gluten-free sprouts in the gluten-free breadmaking process / S.W. Horstmann, J.J. Atzler, M. Heitmann [et al.] // *European Food Research and Technology*. – 2019. – N 245. – P. 617–629.

7. Gezgin Y., Kara U. The effect of exopolysaccharide producing *Lactobacillus plantarum* strain addition on sourdough and wheat bread quality // *Quality assurance and safety of crops & foods*. – 2019. – N 11 (1). – P. 95–106.

8. Panova T.M. Poluchenie i analiz etanola: metod. ukazaniya. – Ekaterinburg, 2008. – S. 6–7.

9. Erben M., Osella C.A. Optimization of mold wheat bread fortified with soy flour, pea flour and whey protein concentrate // *Food Sci Technol Int*. – 2017. – N 23 (5). – P. 457–468.

10. *Mixture Design Applied to the Development of Chickpea-Based Gluten-Free Bread with Attractive Technological, Sensory, and Nutritional Quality* / F.G. Santos, C. Fratelli, D.G. Muniz, V.D. Capriles // *J. Food Sci*. – 2018. – N 83 (1). – P. 188–197.