УДК 664 DOI:10.31677/2072-6724-2020-30-4-28-34

БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗДРОЖЖЕВОГО ХЛЕБА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНОГО ШТАММА *STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS* СЕЛЕКЦИИ ГОРСКОГО ГАУ И ДИКОРАСТУЩЕГО В РСО-АЛАНИЯ ХМЕЛЯ

С. А. Гревцова, кандидат биологических наук
Э. И. Рехвиашвили, профессор
М. К. Айлярова, старший преподаватель
М. Ю. Кабулова, кандидат биологических наук
И. Э. Солдатова, кандидат биологических наук

[1]Горский государственный аграрный университет
[2]Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства
E-mail: grevzovasvetlana@yandex.ru

Ключевые слова: бездрожжевой хлеб, хмель дикорастущий, лактобактерии местной селекции.

Реферат. *Современная пищевая промышленность предлагает потребителю хлеб, выпеченный на закваске с использованием различных биологически активных компонентов растительного происхождения. При производстве бездрожжевого хлеба целесообразно использовать закваску из биологически активных штаммов Streptococcus thermophilus селекции Горского ГАУ. Авторами составлена закваска из местных штаммов молочнокислых микроорганизмов селекции НИИ биотехнологии Горского ГАУ. Исследования проводились на кафедре биологической и химической технологии Горского ГАУ. Использованы также шишки дикорастущего хмеля из ботанического сада Горского ГАУ с той целью, что горькие кислоты, присутствующие в хмеле, подавляют гнилостную микрофлору, не оказывают пагубного действия на местные штаммы молочнокислых микроорганизмов и позволяют увеличивать продуктивность хмелевой закваски. Бездрожжевой хлеб легко усваивается организмом, не вредит кишечной микрофлоре, сохраняет полезные свойства в процессе хранения. Использованная в эксперименте мука соответствовала требованиям ГОСТ 26574–85. При использовании дикорастущего хмеля в производстве хлеба определяли входящие в его состав полезные вещества, способные повысить качество и безопасность хлеба. Содержание альфа-кислот составило 6,0%, а эфирных масел – 0,7%, что соответствует ГОСТ 32912–2014. В работе были использованы два штамма молочнокислого микроорганизма местной селекции – Streptococcus thermophilus. Хмель экстрагировали 30 мин при температуре 96 °С. Лабораторную выпечку хлеба проводили по ГОСТ 27669–88. Проведенные исследования показали, что хлеб, приготовленный с использованием местного штамма Streptococcus thermophilus селекции Горского ГАУ и дикорастущего хмеля, имеет высокое качество.*

BIOTECHNOLOGY OF PRODUCTION OF YEAST-FREE BREAD USING THE LOCAL STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS STRAIN BREEDED BY GORSK GAU AND WILD HOP IN RNO-ALANIA

S. A. Grevtsova, Candidate of Biological Sciences
E. I. Rekhviashvili, Professor
M. K. Ailyarova, Senior Lecturer
M. Yu. Kabulova, Candidate of Biological Sciences
I. E. Soldatova, Candidate of Biological Sciences

[1]Gorsk State Agrarian University
[2]North Caucasian Research Institute of Mining and Piedmont Agriculture

Key words: yeast-free bread, hop sourdough.

Abstract. *The modern food industry offers the consumer bread baked with sourdough using various biologically active components of plant origin. In the production of yeast-free bread, it is advisable to use a sourdough from biologically active strains of Streptococcus thermophilus selected by the Gorsk State Agricultural University. The authors have compiled a starter culture from local strains of lactic acid microorganisms selected by the Research Institute of Biotechnology of the Gorsky State Agrarian University. Research was carried out at the Department of Biological and Chemical Technology of the Gorsky State Agrarian University. We also used cones of wild-growing hops from the botanical garden of the Gorsky State Agrarian University in order that the bitter acids present in the hops suppress the putrefactive microflora, do not have a detrimental effect on local strains of lactic acid microorganisms and allow increasing the productivity of the hop starter culture. Yeast-free bread is easily absorbed by the body, does not harm the intestinal microflora, retains useful properties during storage. The flour used in the experiment met the requirements of GOST 26574–85. When using wild-growing hops in the production of bread, useful substances included in its composition were determined that could increase the quality and safety of bread. The content of alpha acids was 6.0%, and that of essential oils was 0.7%, which corresponds to GOST 32912–2014. We used two strains of a lactic acid microorganism of local selection – Streptococcus thermophilus. Hops were extracted for 30 min at a temperature of 96 °C. Laboratory baking of bread was carried out in accordance with GOST 27669–88. Studies have shown that bread prepared using a local strain of Streptococcus thermophilus selected by the Gorsky State Agricultural University and wild-growing hops is of high quality.*

Профилактические продукты, содержащие функциональные ингредиенты, усиливают физиологические функции организма и укрепляют иммунитет. Обогащение функциональными ингредиентами хлебных изделий, насыщающих организм биологически активными компонентами, – актуальная проблема современной хлебопекарной промышленности. Пищевая ценность и качество хлеба зависят от введения в рецептуру натуральных ингредиентов, содержащих биологически активные вещества растительного происхождения и пробиотики [1–3].

Для производства бездрожжевого хлеба традиционно используют молочнокислые бактерии, которые ферментируют углеводы с образованием кислот. Они различаются по метаболизму и характеру результатов ферментации углеводов, что влияет на конечное качество теста. Гетероферментативные бактерии, которые наряду с молочной кислотой образуют значительное количество летучих кислот, в том числе уксусную, этиловый спирт, углекислый газ и другие соединения, вызывают образование ароматического комплекса [4, 5].

Для производства бездрожжевого хлеба используют закваску на основе хмеля, приготовленную завариванием хмелевого мучного бульона в соотношении 1 : 2 при температуре 83–85 °С. Хмелевая закваска обладает антибактериальным действием, которое зависит от флавоноида ксантогумола, обусловливающего длительность хранения хлеба и его функциональные свойства [4, 6].

Исследования проводились на кафедре биологической и химической технологии Горского ГАУ.

Материалом для исследования послужили штаммы местной селекции *Streptococcus thermophilus,* хмель дикорастущий (*Humulus),* пшеничная мука.

Исследования по разработке биотехнологии производства бездрожжевого хлеба с использованием лактобактерий местной селекции – *Streptococcus thermophilus* и хмеля дикорастущего были разделены на три основных этапа:

а) анализ муки по ГОСТ 9404–60, ГОСТ 20239–74, ГОСТ 27558–87;

б) химический анализ хмеля и хмелевой закваски по ГОСТ 26226–95;

ГОСТ 13496.4 (28074–89 ГОСТ 13496.15;

а) разработка технологии выпечки бездрожжевого хлеба с использованием хмелевой закваски.

Для получения заявленного продукта необходимо было определить физико-химические и технологические свойства пшеничной муки. Органолептическая оценка пшеничной муки высшего сорта проводилась путем определения цвета, вкуса и запаха (табл. 1).

Мука стандартная пшеничная обладает слабовыраженным приятным чуть сладковатым вкусом, приятным слабовыраженным запахом. Цвет муки определяли по ГОСТ 27558–87. Мука имеет белый цвет, без вкраплений, без частиц и оболочек зерна. Крупность помола муки определяли просеиванием навески муки через сита и устанавливали массу прохода через нижнее сито.

Размер крупинок муки тесно связан с такими ее свойствами, как водопоглотительная способность, скорость тестообразования, сахаробразующая способность и др. Примесей в муке не обнаружено, мука не заражена и соответствует требованиям ГОСТ 26574–85. Мука пшеничная хлебопекарная.

Таблица 1

Органолептические и физико-химические показатели пшеничной муки

Свойства	Исследуемая мука	Мука пшеничная высшего сорта, ГОСТ 26574–85
Цвет	Соответствует	Светло-желтый, без вкраплений, частиц, оболочек зерна
Запах	Соответствует	Без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый
Вкус	Соответствует	Без посторонних привкусов, не кислый, не горький
Минеральная примесь	Соответствует	Отсутствует хруст
Зараженность и загрязненность вредителями	Соответствует	Отсутствует
Металломагнитные примеси	Соответствует	Не обнаружено
Крупность муки,%	Соответствует	Остаток на сите 0,09–7 %, проход через сито из шелковой ткани по ГОСТ 4403 (размер пор 1 мм) – 64,3.

На следующем этапе исследований был изучен химический состав пшеничной муки,% на сухое вещество:

Вода	14,0
Зола	0,5
Белки	10,3
Жир	1,1
Моно- и дисахариды	1,6
Крахмал	68,5
Клетчатка	0,2

Мука, используемая в исследованиях, соответствует требованиям ГОСТ 26574–85.

Возможность использования дикорастущего хмеля в производстве хлеба определяют входящие в его состав полезные вещества, способные повысить качество и безопасность хлеба.

Для использования в хлебопекарном производстве хмель должен пройти органолептическую оценку согласно ГОСТ 32912–2014. Хмелепродукты. Общие технические условия. Это позволяет судить о пригодности сырья для использования в хлебопечении (табл. 2).

Таблица 2

Органолептические свойства дикорастущего хмеля

Номер образца	Цвет	Запах	Плесень	Хмелевые примеси
1	Желтовато-зеленый	Специфический, ароматно-бальзамический	Не обнаружено	Не обнаружено
2	Золотисто-зеленый	Специфический, ароматно-бальзамический	Не обнаружено	Не обнаружено
3	Желтовато-коричневый	Специфический, ароматно-бальзамический	Не обнаружено	Не обнаружено

Согласно проведенным исследованиям, хмель имеет желтовато-зеленый цвет, специфический ароматно-бальзамический запах, плесень не обнаружена, не выявлены осыпавшиеся лепестки, семена, кусочки стебля.

Химический состав хмеля, используемого в приготовлении хмелевой закваски, имеет следующие показатели (%):

Зола	5,0
Сырая клетчатка	13,0
Сырой протеин	39,4
Сырой жир	1,3
БЭВ	46,5
Содержание эфирных масел	0,7
Содержание дубильных веществ	3,5
Содержание органических кислот	2,6
Альфа-кислоты	6,0

Содержание альфа-кислот в исследуемом хмеле составило 6 %, что является оптимальным для приготовления хмелевой закваски.

В работе мы использовали лактобактерию местной селекции *Streptococcus thermophilus*, которая обладает морфологическими свойствами, приведенными в табл. 3.

Таблица 3

Культурально-морфологические свойства штамма Streptococcus thermophilus

Свойства штамма	Показатели
Способ дыхания	Факультативный анаэроб
Форма клеток	Кокки
Окраска по Грамму	Грамположительный
Диаметр, мкм	0,80±0,03
Подвижность	Неподвижный
Расположение клеток	Цепочки кокков
Образование эндоспор	Эндоспор не образует
Форма колоний	Круглая
Размер	Мелкий
Характер контура края	Ровный
Рельеф	Плоский
Поверхность	Гладкая, блестящая
Цвет	Беловатый
Структура	Зернистая
Консистенция	Пастообразная
Скорость свертывания молока	6 ч при температуре 38 °С
Предельная кислотообразующая способность в молоке	120 °Т
Растет при температуре	30–45 °С

Для выпечки изучаемого хлеба был выбран опарный способ с применением хмелевой закваски. Хлеб приготовлен из теста на опаре с использованием оптимального технологического режима с учетом хлебопекарных свойств муки.

Хмелевая закваска определяет бродильную активность теста. Продолжительность брожения составила в контроле 160–180 мин, а в экспериментальном образце – 230 мин.

Для теста рассчитано необходимое количество сырья (муки, хмеля, воды, соли), температура воды для замеса теста, определена влажность муки (табл. 4).

Лабораторную выпечку хлеба проводили по ГОСТ 27669–88.

Таблица 4

Параметры процесса приготовления теста и рецептура

Показатели	Контроль	Бездрожжевой хлеб с использованием хмелевой закваски
Мука пшеничная высшего сорта, г	100	100
Хмель, г	-	0,02
Соль поваренная пищевая, г	1,3	1,2
Вода, г	200	250
Влажность,%	44	43,5
Температура начальная, ºС	32–34	28–33
Продолжительность замеса, мин	5–7	5–9
Продолжительность брожения, мин	160–180 мин	230 мин
Кислотность конечная, град., не более	3,0–3,2	2,1–2,3

Таблица 5

Влияние хмелевой закваски на показатели хлеба

Показатели	Контроль	Бездрожжевой хлеб с использованием хмелевой закваски
Пористость,%	65	68
Кислотность мякиша, град.	4,9	4,3
Влажность мякиша,%,	47	52
Объемный выход, см^3	243	225

В табл. 5 показано влияние хмелевой закваски на физико-химические показатели хлеба. Бездрожжевой хлеб с использованием хмелевой закваски по пористости превосходил контроль в 1,05 раза, удельный объем был в 1,08 раза меньше контроля. Охлаждение готового хлеба осуществляли естественным путем при комнатной температуре.

Проведенные исследования показали, что внесение хмелевой закваски благотворно сказывается на сроках хранения полученного продукта по сравнению с контрольными образцами. Изменений физико-химических показателей в течение 72 ч хранения не установлено (табл. 6).

Таблица 6

Органолептическая оценка хлеба

Органолептический показатель	Коэффициент значимости	Максимальный балл	Значение показателя, баллов			
			хлеб свежевыработанный	хлеб после хранения в течение, ч		
				24	48	72
Формоустойчивость готового хлеба	3,0	3,0	9,0	9,0	9,0	8,8
Состояние поверхности корки	1,5	3,0	4,5	4,5	4,5	4,4
Состояние мякиша	2,0	3,0	6,0	6,0	5,8	5,4
Запах	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,7
Вкус	2,5	3,0	7,5	7,5	7,3	6,9
Общая оценка, баллов	-	-	30,0	30,0	29,6	28,2

Результаты, приведенные в табл. 7, показывают, что хлеб, приготовленный из пшеничной муки с добавлением закваски из *Streptococcus thermophilus* и хмелевой закваски на основе дикорастущего хмеля, обладал незначительно повышенной питательностью и меньшей калорийностью, чем хлеб, изготовленный из пшеничной муки высшего сорта по традиционной технологии.

Таблица 7

Питательность хлеба на хмелевой закваске

Показатели	Контрольный хлеб	Бездрожжевой хлеб с использованием хмелевой закваски и *Streptococcus thermophilus*
Содержание,%		
белка	7,2	5,76
жира	2,3	0,51
клетчатки	0,33	0,25
крахмала	79,5	63,4
золы	1,67	1,46
сахара	53,0	47,1
Калорийность, кал/100 г	262,5	216,8

Добавление хмелевой закваски и местных штаммов лактобактерий оказало положительное влияние на органолептические свойства хлеба (табл. 8). Экспериментальный хлеб получился без посторонних запахов и вкусов, цвет, форма, вид корки, пористость и промес при визуальном осмотре идентичны контрольному образцу.

Таблица 8

Органолептические показатели хлеба

Показатель	Контрольный хлеб	Бездрожжевой хлеб с использованием хмелевой закваски и *Streptococcus thermophilus*
Вкус	Сладковатый	Слегка сладковатый
Цвет	Светло-желтый	Светло-желтый
Запах	Свойственный данному виду продукции, без постороннего запаха	Свойственный данному виду продукции, без постороннего запаха
Аромат	Аромат соответствует аромату свежего хлеба с приятным запахом	Аромат соответствует аромату свежего хлеба с приятным запахом
Форма	Правильная	Правильная, без вываливания и впадин
Вид корки	Гладкая без разрывов	Гладкая, практически без разрывов
Промес	Без комочков и следов непромеса	Без комочков и следов непромеса
Пористость	Развитая, без пустот и уплотнений	Развитая, без пустот и уплотнений

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование дикорастущего хмеля и местного штамма лактобактерий в бездрожжевом хлебе улучшает его органолептические показатели и физико-химические свойства, повышая биологическую ценность хлеба.

Бездрожжевой хлеб с использованием хмелевой закваски по своим физико-химическим свойствам: вкусу, цвету, запаху, аромату, виду корки, влажности, пористости и кислотности – соответствует требованиям, предъявляемым к хлебным изделиям, и способствует расширению ассортимента продукции лечебно-профилактического назначения. Пищевая и физиологическая ценность полученного продукта обусловлена наличием альфа-кислот, определяющих уровень горечи, обладающих антисептическим действием на многие группы бактерий. Содержание альфа-кислот в исследуемом хмеле составило 6 %, что является оптимальным для использования дикорастущего хмеля в приготовлении хмелевой закваски.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Современная* технология производства чурека осетинского / М. К. Айлярова, Э. И. Рехвиашвили, С. А. Гревцова, М. Ю. Кабулова // Достижения науки – сельскому хозяйству: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (заоч.). – Владикавказ, 2017. – С. 249–251.

2. *Белокурова Е. В*. Разработка технологии использования хмелевого экстракта в производстве хлебобулочных изделий: дис. … канд. техн. наук. – М., 2008. – 205 с.

3. *Гревцова С.А., Манукян А.Р.* Влияние лактобактерий на качество получаемого хлеба // Студенческая наука – агропромышленному комплексу: науч. тр. студентов Горского гос. аграр. ун-та. – Владикавказ, 2017. – С. 227–229.

4. *Гревцова С.А, Манукян А.Р.* Производство пшеничного хлеба с добавлением водной вытяжки из топинамбура // Вестник научных трудов молодых учёных, аспирантов и магистрантов ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». – Владикавказ, 2016. – С. 113–115.

5. *Биотехнологические* аспекты производства хлеба с добавлением порошка календулы лекарственной *(Calendula officinalis)* / Э.И. Рехвиашвили, С.А. Гревцова, М.Ю. Кабулова, М.К. Айлярова // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 1 (119). – С. 63–65.

6. *Пат. 2257086* Российская Федерация, МПК7 А 21 D 8/02. Способ приготовления бездрожжевого хлеба / Л.П. Пащенко, И.А. Никитин, Н.В. Павлова; заявитель ГОУ ВПО «Воронежская государственная технологическая академия»; опубл. 20.08.2005.

REFERENCES

1. Sovremennaya tekhnologiya proizvodstva chureka osetinskogo / M.K. Ajlyarova, E.I. Rekhviashvili, S.A. Grevcova, M.YU. Kabulova // Dostizheniya nauki – sel'skomu hozyajstvu: materialy Vseros. nauch. – prakt. konf. (zaoch.). – Vladikavkaz, 2017. – S. 249–251.

2. Belokurova E.V. Razrabotka tekhnologii ispol'zovaniya hmelevogo ekstrakta v proizvodstve hlebobulochnyh izdelij: dis. … kand. tekhn. nauk. – M., 2008. – 205 s.

3. Grevcova S.A., Manukyan A.R. Vliyanie laktobakterij na kachestvo poluchaemogo hleba // Studencheskaya nauka – agropromyshlennomu kompleksu: nauch. tr. studentov Gorskogo gos. agrar. un-ta. – Vladikavkaz, 2017. – S. 227–229.

4. Grevcova S.A, Manukyan A.R. Proizvodstvo pshenichnogo hleba s dobavleniem vodnoj vytyazhki iz topinambura // Vestnik nauchnyh trudov molodyh uchyonyh, aspirantov i magistrantov FGBOU VO «Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet». – Vladikavkaz, 2016. – S. 113–115.

5. Biotekhnologicheskie aspekty proizvodstva hleba s dobavleniem poroshka kalenduly lekarstvennoj (Calendula officinalis) / E.I. Rekhviashvili, S.A. Grevcova, M.YU. Kabulova, M.K. Ajlyarova // Agrarnyj vestnik Urala. – 2014. – № 1 (119). – S. 63–65.

6. Pat. 2257086 Rossijskaya Federaciya, MPK7 A 21 D 8/02. Sposob prigotovleniya bezdrozhzhevogo hleba / L.P. Pashchenko, I.A. Nikitin, N.V. Pavlova; zayavitel» GOU VPO «Voronezhskaya gosudarstvennaya tekhnologicheskaya akademiya»; opubl. 20.08.2005.