



Сравнительный анализ хмелевых заквасок для цельнозернового хлеба



Анна Е. Ковалева	¹	a.e.kovaleva@yandex.ru	 0000-0001-7807-1755
Эльвира А. Пьяникова	¹	alia1969@yandex.ru	 0000-0003-4424-7323
Екатерина И. Быковская	¹	ekaterina.bykovskaya@inbox.ru	
Ефим Ю. Сидоров	¹	efim.sidmod@rambler.ru	

¹ Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия

Аннотация. В последнее время во всем мире возрождается традиция выпечки хлеба на закваске. Промышленная революция в корне изменила технологию приготовления хлебобулочных изделий. Информация о вреде быстроразмножающихся дрожжей стремительно распространяется, что заставляет потребителя задуматься о пользе потребляемых продуктов. Технологию хлебопекарной отрасли, в свою очередь, это заставляет возвращаться к истокам и разрабатывать рецептуры для полезного традиционного хлеба согласно международным стандартам. В ходе исследований были разработаны три образца рецептур заквасок для хлеба цельнозернового на основе отваров из хмелевых шишек. Хмелевые шишки способствуют получению оптимальной закваски и успешному размножению в ней дрожжевой флоры. Они помогают активизировать процесс брожения. В них содержится большое количество антиоксидантов, что увеличивает сроки хранения хлеба и позволяет его обогатить. Был проведен сравнительный анализ активности дрожжевых клеток в разрабатываемых хмелевых заквасках с использованием камеры Горяева. Подсчет дрожжевых клеток показал, что в образцах хмелевых заквасок №1 и 2 их количество отличается незначительно и составляет $6,75 \cdot 10^8$ и $6,25 \cdot 10^8$ кл/см³ соответственно. В образце №3 содержание дрожжевых клеток оказалось немного меньше, чем в других. Это свидетельствует о том, что при производстве хлеба с применением данной хмелевой закваски операция брожения будет протекать более длительное время. Анализ технологического процесса приготовления заквасок образцов №2 и №3 показал, что у образца №3 он достаточно трудоемкий и продолжительный по времени. Полученные результаты по разработке образцов хмелевых заквасок свидетельствуют о возможности их применения в технологии цельнозерновых хлебных изделий.

Ключевые слова: хмелевые шишки, закваска, технология производства, камера Горяева, дрожжевые клетки.

Comparative analysis of hop starter cultures for whole grain bread

Anna E. Kovaleva	¹	a.e.kovaleva@yandex.ru	 0000-0001-7807-1755
Elvira A. Pyanikova	¹	alia1969@yandex.ru	 0000-0003-4424-7323
Katherine I. Bykovskaya	¹	ekaterina.bykovskaya@inbox.ru	
Efim Yu. Sidorov	¹	efim.sidmod@rambler.ru	

¹ South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia

Abstract. Recently, the tradition of baking sourdough bread has been revived all over the world. The Industrial Revolution has radically changed the technology of making bakery products. Information about the dangers of high-speed yeast is rapidly spreading, which makes the consumer think about the benefits of the products consumed. Technologists of the baking industry, in turn, this forces them to return to their origins and develop recipes for healthy traditional bread according to international standards. During the research, three samples of starter cultures for whole-grain bread based on decoctions from hop cones were developed. Hop cones contribute to obtaining an optimal starter culture and the successful reproduction of yeast flora in it. They help to activate the fermentation process. They contain a large amount of antioxidants, which increases the shelf life of bread and allows it to be enriched. A comparative analysis of the activity of yeast cells in the hop ferments being developed using the Goryaev chamber was carried out. Counting of yeast cells showed that in the samples of hop starter cultures No. 1 and No. 2, their number differs slightly and amounts to $6.75 \cdot 10^8$ cl/cm³ and $6.25 \cdot 10^8$ cl/cm³, respectively. In sample No. 3, the content of yeast cells turned out to be slightly less than in the others. This indicates that in the production of bread with the use of this hop starter, the fermentation operation will take a longer time. The analysis of the technological process of preparing starter cultures of samples No. 2 and No. 3 showed that in sample No. 3 it is quite time-consuming and time-consuming. The results obtained on the development of samples of hop starter cultures indicate the possibility of their application in the technology of whole grain bread products.

Keywords: rye-wheat bread, iodine, pectin, malic lumpectomy extract, spectrophotometer..

Для цитирования

Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А., Быковская Е.И., Сидоров Е.Ю. Сравнительный анализ хмелевых заквасок для цельнозернового хлеба // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 4. С. 39–48. doi:10.20914/2310-1202-2022-4-39-48

For citation

Kovaleva A.E., Pyanikova E.A., Bykovskaya E.I., Sidorov E.Yu. Comparative analysis of hop starter cultures for whole grain bread. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 4. pp. 39–48. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-4-39-48

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Использование процесса закваски является одним из старейших биотехнологических процессов в производстве продуктов питания [1]. Закваска – это древний процесс, первоначально используемый для закваски хлеба, путем ферментации молотых злаков и воды сложной смесью микроорганизмов, включая дрожжи и молочнокислые бактерии. Размножение закваски включает в себя несколько этапов освежения, при этом часть ранее ферментированных злаков и воды используется для инокуляции свежих злаков и воды. После многократного освежения развивается стабильная экосистема дрожжей и бактерий, которые затем можно использовать при производстве изделий из дрожжевого теста [2]. Основная функция закваски заключается в разрыхлении для получения более газообразного теста и, как следствие, более аэрированного хлеба. В последние годы традиционное производство хлеба на закваске пользуется популярностью в связи с постоянно растущим спросом потребителей на более натуральные, вкусные и полезные продукты [3]. Обеспечить качество закваски сложно при длительном времени размножения, поскольку оно сильно зависит от микрофлоры, присутствующей в муке, и температуры в пекарнях, которая может меняться в разные сезоны. Поэтому приготовление закваски с использованием отобранных культур и термообработанной муки для ферментации может обеспечить стабильное разнообразие лактобацилл, определенные свойства закваски и стабильное качество.

Хмель обыкновенный (*Humulus lupulus* L., Cannabaceae) – многолетнее двудомное растение, произрастающее в природе в Евразии и Северной Америке. Растение хмеля выращивают для сбора

плодов, называемых шишками хмеля, использование которых признано безопасными для приема внутрь [4]. Биологические свойства шишек *Humulus*, включая консервирующее, противомикробное, мягкое седативное тесно связано с их химическим составом [5]. Они содержат флавоновые гликозиды и катехины [6]. В состав эфирного масла хмеля входят многочисленные летучие компоненты, такие как монотерпены (мирцен) и сесквитерпены, которые составляют до 57–82% от всего содержания. Из-за широкого спектра биологической активности соединений, содержащихся в хмеле, они являются потенциальными антиоксидантами. Полифенолы обладают защитным действием и могут ингибировать процессы старения организма, поскольку эти соединения проявляют в четыре раза большую антиоксидантную активность, чем витамин С. В настоящее время хмель и его экстракты широко используются в пивоварении, также, в меньших масштабах, они используются в фармацевтической промышленности, пищевых добавках и косметике [7].

Следует отметить, что продолжающиеся исследования хмеля и его ингредиентов создают возможности его использования в хлебопечении и других отраслях пищевой промышленности.

Цель работы – разработка рецептур хмелевых заквасок для цельнозернового хлеба.

Материалы и методы

Ключевым вводимым ингредиентом в закваске для цельнозернового хлеба являются хмелевые шишки. В первую очередь следует рассчитать и рассмотреть рецептурный состав представленных образцов заквасок. Рецептуры заквасок представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Рецептуры заквасок

Table 1.

Starter cultures

Ингредиенты Ingredients	Контрольный образец Control sample	Образец № 1 Sample No1	Образец № 2 Sample No2	Образец № 3 Sample No3
Мука ржаная, г Rye flour, g	250	–	–	–
Мука пшеничная высшего сорта, г Wheat flour of the highest grade, g	–	75	300	300
Корень солодки, г Licorice root, g	–	–	–	30
Сахар, г Sugar, g	–	20	–	–
Вода питьевая, мл Drinking water, ml	250	450	1100	750
Хмель, г Hops, g	–	80	15	50
Солод неферментированный, г Unfermented malt, g	–	–	6	–

Хмелевая закваска не является заменителем дрожжей, поскольку действующим веществом хмелевой закваски являются те же дрожжи, так же, как и в ржаной закваске. Кроме

дрожжей закваски содержат комплекс молочнокислых бактерий и некоторые другие микроорганизмы, характерные для нормальной бродильной микрофлоры.

Для изучения активности развития дрожжевых клеток в хмелевых заквасках была использована методика с применением счетной камеры Горяева. Счетная камера Горяева представляет собой толстое предметное стекло, разделенное четырьмя прорезями на три поперечно расположенные площадки. Центральная площадка продольной прорезью делится пополам. На каждой половинке выгравирована микроскопическая сетка. Сетка разделена на большие и малые квадраты: площадь большого квадрата равна $1/25 \text{ мм}^2$, малого – $1/400 \text{ мм}^2$. Боковые площадки расположены на 0,1 мм выше центральной и служат для притирания покровного стекла.

При работе с камерой необходимо соблюдать определенный порядок ее заполнения. Вначале углубление с сеткой нужно покрыть специальным шлифованным покровным стеклом и, слегка прижимая, сместить покровное стекло в противоположные стороны до появления колец Ньютона. После этого заполнить камеру исследуемой суспензией. Подсчет клеток производится через 3–5 минут после заполнения камеры, чтобы клетки осели и при микроскопировании были видны в одной плоскости.

Камеру следует поместить на предметный столик и рассматривать в затемненном поле зрения с объективами вначале на $\times 8$, а затем на $\times 40$, а затем подсчитать количество дрожжевых клеток.

Количество клеток в 1 см^3 исследуемой суспензии вычисляется по формуле

$$M = a \cdot n \cdot 10^3 / S \cdot h,$$

где M – число клеток в 1 см^3 дрожжевой суспензии; a – среднее число клеток в квадрате сетки; n – разведение дрожжевой суспензии (если оно применялось); S – площадь квадрата сетки, мм^2 ; h – глубина камеры [8].

Следует определить по данной формуле число клеток в 1 см^3 дрожжевой суспензии разработанных заквасок. Данные исследования позволяют определить наиболее активную закваску, влияющую на бродильную способность теста и непосредственно технологический процесс производства хлеба.

Результаты и обсуждение

Для производства образцов хмелевых заквасок было использовано следующее сырье: мука пшеничная высшего сорта, мука ржаная, сахар-песок, вода питьевая, хмелевые шишки, солод неферментированный и корневище солодки.

Технология приготовления ржаной закваски (контрольный образец): в качестве основных компонентов в ржаной закваске для контрольного образца хлеба была использована ржаная мука. Муку и воду в равных пропорциях перемешивали, смесь накрывали и ставили на 48 часов в теплое место температурой около $27\text{--}30^\circ\text{C}$.

Спустя 48 часов закваску проверяли на наличие в ней бродильного процесса. В процессе брожения закваска увеличивалась в объеме в 2–2,5 раза и по всей поверхности появлялись пузырьки. От готовой исходной закваски отбирали $2/3$ или $3/4$ ее объема, а к оставшейся $1/3$ или $1/4$ добавляли такое количество муки и воды, чтобы восстановить прежний объем. Готовность закваски определяли по конечной кислотности и подъемной силе.

После каждого освежения, которое рекомендуется делать каждый день в определенное время на протяжении трех дней, закваска становилась более кислой благодаря увеличению количества бактерий, вызывающих закисание теста. Смешивая муку и воду и поддерживая определенную температуру, создаются благоприятные условия для размножения бактерий.

В качестве основного компонента для разрабатываемых образцов заквасок использовались шишки хмеля.

Шишки хмеля содержат эфирное масло (до 1,8%), полифенольные соединения (2–5%) и от 5 до 26% горечей (смолистых веществ). Среди смолистых веществ выделены: лупулин, гумуленовая кислота, гумулон, лупулон и др. Также хмель содержит флавоноиды (до 0,85%), воски, кумарины, дубильные вещества, ароматические соединения, витамины группы В, холин, эстрогеноподобные вещества, алкалоидоподобное вещество (гумулин).

Достоинствами шишек хмеля, которые являются основой закваски, являются желчегонное, снотворное, успокаивающее, противовоспалительное, отхаркивающее, спазмолитическое действия, а также повышение аппетита [9].

Хлебобулочные изделия на закваске превращаются в легкодоступный и полезный для организма пробиотик. Закваски способствуют мягкому и постепенному всасыванию глюкозы и снижают скорость усвоения крахмала, содержащего в пшеничной муке высшего сорта, и резкое повышение сахара в крови не происходит. В процессе ферментации огромное количество витаминов группы В, А, Е, Н и РР, и все, практически необходимые человеку минеральные вещества, формируются с высокой скоростью [10–20]. Активному наращиванию дрожжевой микрофлоры способствует не только состав, но и приемы введения хмелевой закваски для хлеба.

Достоинства хмелевого хлеба:

- более устойчив к картофельной болезни;
- содержит меньше посторонних (не участвующих в брожении) микроорганизмов;
- имеет хороший вкус и приятный аромат;
- лучше хранится;

– содержит некоторое количество лекарственных компонентов, которые присутствуют в отваре хмеля.

Технология приготовления хмелевой закваски (образец № 1) осуществляется в два этапа. На первом этапе сухие шишки хмеля заливают холодной водой, доводят до кипения, кипятят 30 минут и настаивают в течение 24 ч. На втором этапе снова доводят до кипения, кипятят 10 минут и процеживают полученный раствор. Вытяжкой хмеля с температурой 95 °С заваривают пшеничную муку, после чего, охладив до температуры 60–65 °С, добавляют сахар и тщательно перемешивают. Полученная смесь бродит 40 ч при температуре 30–35 °С. По истечению данного времени смесь должна покрыться множеством мелких пузырьков и увеличиться в объеме в 2–3 раза. Полученную закваску перемешивают и перемещают в плотно закрытую емкость.

Технология приготовления хмелевой закваски с добавлением солода неферментированного (образец № 2) предусматривает приготовление водного отвара хмеля и его смешивание с мукой и заваркой из пшеничной муки с добавлением 2%-го неферментированного солода. Для приготовления хмелевой заварки 15 г. сухих шишек хмеля смешивают с 500 мл воды и кипятят на водяной бане в течение 15–20 минут с последующим настаиванием смеси не менее 10 ч, после этого смесь процеживают. В полученный водный отвар хмеля вносят муку пшеничную для образования смеси густоты сметаны, смесь выдерживают в тепле в течение 1,5–2 суток, оставляют до появления на поверхности мелких пузырьков, при этом смесь в процессе брожения периодически перемешивают для обогащения ее кислородом.

Во время брожения смеси готовят заварку из пшеничной муки с добавлением 2%-го неферментированного солода: пшеничную муку соединяют с кипящей водой в соотношении 1:3, остужают до 65 °С и соединяют с 2 г неферментированного солода. Оставляют при 65 °С на осахаривание на 3–4 часа. Затем соединяют подготовленную хмелевую заварку с заваркой из пшеничной муки с добавлением солода. Полученную смесь перемешивают и оставляют в состоянии покоя на протяжении 14–16 часов при 32–33 °С. За это время происходит активация микроорганизмов и их накопление.

Для хмелевой закваски готовят новую заварку с 4%-ым неферментированным солодом: пшеничную муку соединяют с кипящей водой в соотношении 1:3, остужают до 65 °С и соединяют с 4 г неферментированного солода. Оставляют при температуре 65 °С на осахаривание на 3–4 часа.

Затем осахаренную заварку соединяют с 4%-м неферментированным солодом со смесью

заварки из шишек хмеля и 2%-м неферментированным солодом.

Образовавшуюся смесь выдерживают в закрытой емкости на протяжении 6–9 часов при 32 °С до получения хмелевой закваски. Через 2–3 дня (время зависит от температуры в помещении, рекомендуемая температура – 27–30 °С) на поверхности закваски происходит образование пузырьков и увеличение закваски в объеме в 2,5–3 раза. Полученную закваску тщательно перемешивают и переносят в плотно закрывающуюся емкость для хранения.

Технология приготовления хмелевой закваски на отваре корня солодки (образец № 3) начинается с приготовления отвара из корневища солодки измельченного. Для этого 30 г. корней солодки помещают в эмалированную емкость, заливают 200 мл охлажденной кипяченой воды, закрывают крышкой и нагревают на кипящей водяной бане в течение 30 минут, охлаждают при комнатной температуре 10 минут, процеживают, оставшееся сырье отжимают. Доводят объем полученного отвара до первоначального (200 мл) необходимым количеством кипяченой воды.

50 г. сухих шишек хмеля заливают водой и кипятят на водяной бане в течение 15–20 минут. Отвар процеживают и остужают до температуры 35–40 °С. Соединяют отвары корня солодки, шишек хмеля и муку пшеничную и тщательно перемешивают до получения консистенции густой сметаны. Оставляют полученную смесь в закрытом состоянии в теплом месте на 36–48 часов. По истечении этого времени закваска увеличивается в объеме в 2–3 раза, ее поверхность покрывается слоем маленьких пузырьков. Полученная закваска перемешивается и закладывается на хранение для дальнейшего использования.

С использованием камеры Горяева было изучено влияние хмелевых шишек на рост дрожжевых клеток. Результаты подсчета дрожжевых клеток в разработанных заквасках представлены в таблице 2.

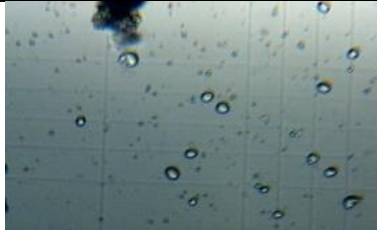

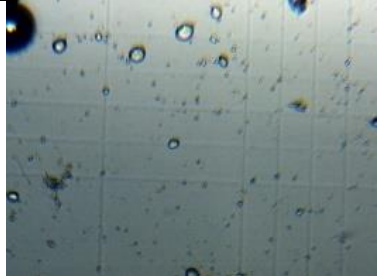

В ходе проведенного исследования было выявлено, что в суспензии ржаной закваски, являющейся контрольным образцом, находится $5,0 \cdot 10^8$ кл/см³. В разрабатываемых рецептурах заквасок число клеток в дрожжевой суспензии составило: для хмелевой закваски – $6,75 \cdot 10^8$ кл/см³, для хмелевой закваски с солодом – $6,25 \cdot 10^8$ кл/см³, для хмелевой закваски с корнем солодки – $4,75 \cdot 10^8$ кл/см³. В ходе проведенного исследования, можно сделать вывод, что в растворе хмелевой закваски количество дрожжевых клеток превышает количество клеток в остальных растворах заквасок – $6,75 \cdot 10^8$ кл/см³. Это означает, что данная закваска наиболее активная в действии, а, следовательно, тесто с ее добавлением будет быстрее созревать.

Таблица 2.

Результаты подсчета дрожжевых клеток в заквасках

Table 2.

Results of counting yeast cells in starter cultures

Закваски Starter cultures	Внешний вид Appearance	Среднее число клеток в квадрате сетки The average number of cells in the grid square	Число клеток в 1 см ³ дрожжевой суспензии Number of cells in 1 cm ³ yeast suspension
Контроль (Ржаная) Control (Rye)		20	$5,0 \cdot 10^8$
Образец № 1 (Хмелевая) Sample No1 (Hop)		27	$6,75 \cdot 10^8$
Образец № 2 (Хмелевая с добавлением солода неферментированного) Sample No2 Hop with the addition of unfermented malt		25	$6,25 \cdot 10^8$
Образец № 3 (Хмелевая с добавлением корня солодки) Sample No3 Hop with the addition of licorice root		19	$4,75 \cdot 10^8$

Заключение

В ходе проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

- полученные образцы хмелевых заквасок можно использовать для приготовления цельнозерновых хлебных изделий;
- с учетом подсчета дрожжевых клеток видно, что значение их у образцов № 1 и № 2 отличаются незначительно;

– количество дрожжевых клеток у образца № 3 меньше, чем у контрольного образца, а, следовательно процесс брожения теста будет протекать более длительное время;

– при анализе технологического процесса приготовления заквасок образцов № 2 и № 3 выявлено, что у образца № 2 он достаточно трудоемкий и продолжительный по времени.

Литература

- 1 Hadaegh H., Seyyedain Ardabili S.M., Tajabadi Ebrahimi M. et al. The impact of different lactic acid bacteria sourdoughs on the quality characteristics of toast bread // Journal of Food Quality. 2017. P. 1–11.
- 2 Warburton A., Silcock P., Eyres G.T. Impact of sourdough culture on the volatile compounds in wholemeal sourdough bread // Food Research International. 2022. V.161. P. 111885. doi: 10.1016/j.foodres.2022.111885
- 3 Пелевина А.И., Хатанов К.Ю. Хлеб на хмелевой закваске // Молодежь и наука. 2018. №. 2. С. 109-109.

- 4 Kramer B., Thielmann J., Hickisch A. et al. Antimicrobial activity of hop extracts against foodborne pathogens for meat applications // *J. Appl. Microbiol.* 2015. V. 118. P. 648–657.
- 5 Karabin M., Hudcova T., Jelinek L., Dostalek P. Biologically active compounds from hops and prospects for their use // *Comp. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2016. V. 15. P. 542–567.
- 6 Olšovská J., Bošťíková V., Dušek M., Jandovská V. et al. *Humulus lupulus* L. (hops) – a valuable source of compounds with bioactive effects for future therapies // *Mil. Med. Sci. Lett.* 2016. V. 85. P. 19–30. doi: 10.31482/mmsl.2016.004.
- 7 Almaguer C., Schönberger C., Gastl M., Arendt E.K. et al. Review article: *humulus lupulus* – a story that begs to be told // *J. Inst. Brew.* 2014. V. 120. P. 289–314.
- 8 Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Рязанцева А.С. Исследование влияния яблочных выжимок на активность хлебопекарных дрожжей // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания.* 2020. № 2. С. 65–71. doi: 10.24411/2311-6447-2020-10044
- 9 Савкина О.А., Кузнецова Л.И., Парахина О.И. и др. Исследование влияния хмелевого отвара на жизнедеятельность молочнокислых бактерий и дрожжей, биотехнологические показатели заквасок и качество хлебобулочных изделий // *Хлебопродукты.* 2020. № 9. С. 55–59. doi: 10.32462/0235-2508-2020-29-9-55-59
- 10 Худакова Л.В., Ротанова А.Н. Исследование рецептур хлебобулочных изделий с заквасками из цельнозерновой и пшеничной муки // ГАПОУ «Набережночелнинский технологический техникум». URL: <https://multiurok.ru/files/nauchnaia-statia-na-temu-issledovanie-retseptur-kh.html?ysclid=I9qpw72zf1832992357>
- 11 Попова Д.Е., Дышлюк Л.С. Производство и анализ бездрожжевого хлеба // *Пищевые инновации и биотехнологии.* 2021. С. 101–103.
- 12 Темираев Р.Б., Сатцаева И.К., Витюк Л.А., Кулова И.М. Качество и безопасность пшеничного хлеба, приготовленного на основе хмелевой закваски // *Известия Горского государственного аграрного университета.* 2012. Т. 49. № 4. С. 399–402.
- 13 Nionelli L., Pontonio E., Gobbetti M., Rizzello C.G. Use of hop extract as antifungal ingredient for bread making and selection of autochthonous resistant starters for sourdough fermentation // *International journal of food microbiology.* 2018. V. 266. P. 173–182. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.12.002
- 14 Irakli M., Mygdalia A., Chatzopoulou P., Katsantonis D. Impact of the combination of sourdough fermentation and hop extract addition on baking properties, antioxidant capacity and phenolics bioaccessibility of rice bran-enhanced bread // *Food chemistry.* 2019. V. 285. P. 231–239. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.01.145
- 15 Palomba S., Cavella S., Torrieri E., Piccolo A. et al. Polyphasic screening, homopolysaccharide composition, and viscoelastic behavior of wheat sourdough from a *Leuconostoc lactis* and *Lactobacillus curvatus* exopolysaccharide-producing starter culture // *Applied and environmental microbiology.* 2012. V. 78. № 8. P. 2737–2747. doi: 10.1128/AEM.07302-11
- 16 Milanović V., Osimani A., Garofalo C., Belleggia L. et al. Selection of cereal-sourced lactic acid bacteria as candidate starters for the baking industry // *PLoS One.* 2020. V. 15. № 7. P. e0236190. doi: 10.1371/journal.pone.0236190
- 17 Bockwoldt J.A., Fellermeier J., Steffens E., Vogel R.F. et al. β -Glucan production by *Levilactobacillus brevis* and *Pediococcus claussenii* for in situ enriched rye and wheat sourdough breads // *Foods.* 2021. V. 10. № 3. P. 547. doi: 10.3390/foods10030547
- 18 Wang Y., Zhao J., Xu F., Wu X. et al. GC-MS, GC-O and OAV analyses of key aroma compounds in Jiaozi Steamed Bread // *Grain & Oil Science and Technology.* 2020. V. 3. № 1. P. 9–17. doi: 10.1016/j.gaost.2019.11.003
- 19 Galle S., Schwab C., Dal Bello F., Coffey A. et al. Influence of in-situ synthesized exopolysaccharides on the quality of gluten-free sorghum sourdough bread // *International journal of food microbiology.* 2012. V. 155. № 3. P. 105–112. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.01.009
- 20 Galle S., Arendt E.K. Exopolysaccharides from sourdough lactic acid bacteria // *Critical reviews in food science and nutrition.* 2014. V. 54. № 7. P. 891–901. doi: 10.1080/10408398.2011.617474

References

- 1 Hadaegh H., Seyyedain Ardabili S.M., Tajabadi Ebrahimi M. et al. The impact of different lactic acid bacteria sourdoughs on the quality characteristics of toast bread. *Journal of Food Quality.* 2017. pp. 1–11.
- 2 Warburton A., Silcock P., Eyres G.T. Impact of sourdough culture on the volatile compounds in wholemeal sourdough bread. *Food Research International.* 2022. vol.161. pp. 111885. doi: 10.1016/j.foodres.2022.111885
- 3 Pelevina A.I., Khatanov K.Yu. Bread with hop sourdough. *Youth and science.* 2018. no. 2. pp. 109–109. (in Russian).
- 4 Kramer B., Thielmann J., Hickisch A. et al. Antimicrobial activity of hop extracts against foodborne pathogens for meat applications. *J. Appl. Microbiol.* 2015. vol. 118. pp. 648–657.
- 5 Karabin M., Hudcova T., Jelinek L., Dostalek P. Biologically active compounds from hops and prospects for their use. *Comp. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2016. vol. 15. pp. 542–567.
- 6 Olšovská J., Bošťíková V., Dušek M., Jandovská V. et al. *Humulus lupulus* L. (hops) – a valuable source of compounds with bioactive effects for future therapies. *Mil. Med. Sci. Lett.* 2016. vol. 85. pp. 19–30. doi: 10.31482/mmsl.2016.004.
- 7 Almaguer C., Schönberger C., Gastl M., Arendt E.K. et al. Review article: *humulus lupulus* – a story that begs to be told. *J. Inst. Brew.* 2014. vol. 120. pp. 289–314.
- 8 Pyannikova E.A., Kovaleva A.E., Ryazantseva A.S. Study of the influence of apple pomace on the activity of baker's yeast. 2020. no. 2. pp. 65–71. doi: 10.24411/2311-6447-2020-10044 (in Russian).
- 9 Savkina O.A., Kuznetsova L.I., Parakhina O.I. Study of the effect of hop broth on the vital activity of lactic acid bacteria and yeasts, biotechnological indicators of starter cultures and the quality of bakery products. *Khleboпродукты.* 2020. no. 9. pp. 55–59. doi: 10.32462/0235-2508-2020-29-9-55-59 (in Russian).

10 Khudakova L.V., Rotanova A.N. Study of recipes for bakery products with starter cultures from whole grain and wheat flour. Naberezhnochelninsky Technological College. Available at: <https://multiurok.ru/files/nauchnaia-statia-na-temu-issledovanie-retseptur-kh.html?ysclid=I9qpw72zf1832992357> (in Russian).

11 Popova D.E., Dyshlyuk L.S. Production and analysis of yeast-free bread. Food innovations and biotechnologies. 2021. pp. 101-103. (in Russian).

12 Temiraev R.B., Satsaeva I.K., Vityuk L.A., Kulova I.M. Quality and safety of wheat bread prepared on the basis of hop sourdough. Bulletin of the Gorsky State Agrarian University. 2012. vol. 49. no. 4. pp. 399-402. (in Russian).

13 Nionelli L., Pontonio E., Gobetti M., Rizzello C.G. Use of hop extract as antifungal ingredient for bread making and selection of autochthonous resistant starters for sourdough fermentation. International journal of food microbiology. 2018. vol. 266. pp. 173-182. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.12.002

14 Irakli M., Mygdalia A., Chatzopoulou P., Katsantonis D. Impact of the combination of sourdough fermentation and hop extract addition on baking properties, antioxidant capacity and phenolics bioaccessibility of rice bran-enhanced bread. Food chemistry. 2019. vol. 285. pp. 231-239. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.01.145

15 Palomba S., Cavella S., Torrieri E., Piccolo A. et al. Polyphasic screening, homopolysaccharide composition, and viscoelastic behavior of wheat sourdough from a *Leuconostoc lactis* and *Lactobacillus curvatus* exopolysaccharide-producing starter culture. Applied and environmental microbiology. 2012. vol. 78. no. 8. pp. 2737-2747. doi: 10.1128/AEM.07302-11

16 Milanović V., Osimani A., Garofalo C., Belleggia L. et al. Selection of cereal-sourced lactic acid bacteria as candidate starters for the baking industry. PLoS One. 2020. vol. 15. no. 7. pp. e0236190. doi: 10.1371/journal.pone.0236190

17 Bockwoldt J.A., Fellermeier J., Steffens E., Vogel R.F. et al. β -Glucan production by *Levilactobacillus brevis* and *Pediococcus claussenii* for in situ enriched rye and wheat sourdough breads. Foods. 2021. vol. 10. no. 3. pp. 547. doi: 10.3390/foods10030547


18 Wang Y., Zhao J., Xu F., Wu X. et al. GC-MS, GC-O and OAV analyses of key aroma compounds in Jiaozi Steamed Bread. Grain & Oil Science and Technology. 2020. vol. 3. no. 1. pp. 9-17. doi: 10.1016/j.gaost.2019.11.003

19 Galle S., Schwab C., Dal Bello F., Coffey A. et al. Influence of in-situ synthesized exopolysaccharides on the quality of gluten-free sorghum sourdough bread. International journal of food microbiology. 2012. vol. 155. no. 3. pp. 105-112. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.01.009


20 Galle S., Arendt E.K. Exopolysaccharides from sourdough lactic acid bacteria. Critical reviews in food science and nutrition. 2014. vol. 54. no. 7. pp. 891-901. doi: 10.1080/10408398.2011.617474

Сведения об авторах

Анна Е. Ковалева к.х.н., доцент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия, a.e.kovaleva@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7807-1755>

Эльвира А. Пьяникова к.т.н., доцент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия, alia1969@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4424-7323>

Екатерина И. Быковская магистр, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия, ekaterina.bykovskaya@inbox.ru

Ефим Ю. Сидоров студент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия, efim.sidmod@rambler.ru

Вклад авторов


Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Anna E. Kovaleva Cand. Sci. (Chem.), associate professor, commodity science, technology and examination of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, a.e.kovaleva@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7807-1755>

Elvira A. Pyanikova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, commodity science, technology and examination of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, alia1969@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4424-7323>

Katherine I. Bykovskaya master, commodity science, technology and examination of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, ekaterina.bykovskaya@inbox.ru

Efim Yu. Sidorov student, commodity science, technology and examination of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, efim.sidmod@rambler.ru

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 14/10/2020	После редакции 02/11/2020	Принята в печать 25/11/2020
Received 14/10/2020	Accepted in revised 02/11/2020	Accepted 25/11/2020