ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-470-479
УДК 664.642.2

Оригинальная статья
http://fptt.ru

Изучение свойств заквасок, приготовленных на основе нетрадиционных видов муки

С. С. Гурьев[1,*], В. С. Попов[2]

[1] *Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия*

[2] *Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия*

Поступила в редакцию: 27.04.2021
Принята после рецензирования: 03.06.2021
Принята в печать: 15.07.2021

**e-mail: v.popov@vir.nw.ru*
© С. С. Гурьев, В. С. Попов, 2021

Аннотация.
Введение. Хлеб и хлебобулочные изделия содержат физиологически необходимые для человека компоненты питания. Перспективным способом приготовления хлебобулочных изделий является использование стартовых культур. Цель исследования – изучение влияния нетрадиционных видов муки и их комбинаций с пшеничной мукой на активность, органолептические и физико-химические показатели заквасок на основе стартовых культур.
Объекты и методы исследования. Хлебные закваски на стартовых культурах компании «Lesaffre» (Saf-Levain LV1 и Saf-Levain LV4) с использованием чечевичной муки и муки из зеленой гречихи. Применяли органолептический, титриметрический, фотоколориметрический методы, а также метод всплытия «шарика» для определения бродильной активности заквасок и оценку изменение объема заквасок.
Результаты и их обсуждение. Введение муки из зеленой гречихи положительно сказывалось на активности заквасок, произведенных на стартовых культурах Saf-Levain LV4 и LV1. Органолептические показатели заквасок с введением нетрадиционных видов муки отличались от контрольных образцов по аромату, вкусу внешнему виду, интенсивности подъема. Кислотность образцов менялась в зависимости от используемой муки, ее количества и стартовой культуры. Наибольшее накопление кислот происходило в случае с введением 50 % муки из зеленой гречихи и с введением 25 и 50 % чечевичной муки для обеих стартовых культур. У заквасок с препаратом Saf-Levain LV4 в 1,5 раза больше кислотность, чем на Saf-Levain LV1. Интенсивное уменьшение количества редуцирующих сахаров наблюдалось в образцах с введением муки из зеленой гречихи в количествах 25 и 50 % (от 1,9 до 3,9 раз); в образцах с чечевичной мукой с введением 75 и 100 % (от 2,7 до 7,5 раз). В образцах со стартовой культурой LV1 разница больше, чем в образцах с LV4. Это можно объяснить различным видовым составом микроорганизмов. Подъемная сила всех образцов заквасок была выше, чем у контроля.
Выводы. Полученные закваски могут быть рекомендованы для изготовления различных видов хлеба, хлебобулочных изделий и использованы для дальнейших исследований. Введение заквасок на основе нетрадиционных видов муки с применением стартовых культур в хлебобулочные изделия позволит сократить продолжительность брожения теста, а также получить изделия с высокими потребительскими свойствами. За счет внесения нетрадиционных видов муки будет расширен ассортимент, а также повышена пищевая ценность выпускаемой продукции.

Ключевые слова. Хлебная закваска, стартовая культура, чечевичная мука, мука из зеленой гречихи, пшеничная мука, органолептические показатели, кислотность, редуцирующие сахара, фотоколориметрия, бродильная активность

Для цитирования: Гурьев С. С., Попов В. С. Изучение свойств заквасок, приготовленных на основе нетрадиционных видов муки // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 3. С. 470–479. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-470-479.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

Properties of Starter Cultures Based on Non-Traditional Flours

Sergey S. Gur'ev[1,*], Vitaly S. Popov[2]

[1] *ITMO University, St. Petersburg, Russia*

[2] *Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia*

Received: April 27, 2021

Accepted in revised form: June 03, 2021
Accepted for publication: July 15, 2021

*e-mail: v.popov@vir.nw.ru
© S.S. Gur'ev, V.S. Popov, 2021

Abstract.
Introduction. Bread and bakery products contain nutritional components that make an integral part of human diet. Starter cultures are a promising way to prepare bakery products. The research objective was to study the effect of non-traditional flours and their wheat mixes on the activity, sensory, and physicochemical properties of starter cultures.
Study objects and methods. The research featured Lesaffre starter cultures (Saf-Levain LV1 and Saf-Levain LV4) with lentil flour and green buckwheat flour. It involved organoleptic, titrimetric, and photocolorimetric methods, as well as the "ball surfacing" method, to determine the fermentation activity of starter cultures and to assess the changes in their volume. The acid content of the flour was determined by titrating the aqueous solution of the sample. The amount of reducing sugars was determined by the photocolorimetric method based on the interaction of carbonyl groups of sugars in an alkaline medium with copper glycerate; the optical density of the resulting solution was performed using a photoelectrocolorimeter. The change in the volume of the starter cultures was determined by a non-standard method of using measuring cups in the process of thermostating. The research also included a sensory evaluation of the semi-finished products.
Results and discussion. Green buckwheat flour had a positive effect on the activity of starter cultures based on Saf-Levain LV4 and LV1. The sensory properties of starter cultures with non-traditional flours differed from the control samples in aroma, taste, appearance, and inflation rate. The acidity of the samples varied depending on the flour, its quantity, and the starting culture. The greatest accumulation of acids occurred in the sample with 50% of green buckwheat flour and the samples with 25 and 50% of lentil flour. The most intense reduction in the amount of reducing sugars was observed in the samples with 25 and 50% of green buckwheat flour (from 1.9 to 3.9 times, depending on the sample). In the samples with lentil flour, it was 75 and 100% (from 2.7 to 7.5 times, depending on the sample). The difference in the samples with LV1 was greater than in the samples with LV4, which can be explained by the differences in their microbial composition. The inflation rate was higher in the test samples than in the control.
Conclusion. The resulting starter cultures can be recommended for baking industry and further research. Starter cultures based on non-traditional flours will eventually reduce the fermentation time and produce bakery products with high consumer properties. The non-traditional flours can expand the range of bakery products and increase their nutritional value.

Keywords. Lentil flour, green buckwheat flour, wheat flour, organoleptic parameters, acidity, reducing sugars, photocolorimetry, fermentation activity, bread sourdough, starter culture

For citation: Gur'ev SS, Popov VS. Properties of Starter Cultures Based on Non-Traditional Flours. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(3):470–479. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-470-479.

Введение

Расширение ассортимента функциональных продуктов питания необходимо для улучшения питания населения. Согласно ГОСТ Р 52349-2005 функциональный пищевой продукт предназначен для частого потребления здоровыми людьми разных возрастов. В его основе используются научно обоснованные свойства, снижающие риск развития алиментарных заболеваний. К функциональным пищевым продуктам можно отнести и натуральные природные источники пищи, и специально созданные продукты.

Хлеб и хлебобулочные изделия содержат физиологически необходимые компоненты питания. В России хлеб является продуктом повседневного спроса. Для улучшения качества питания населения страны эксперты советуют на 20–30 % расширить выпуск доступных продуктов с высокой пищевой ценностью, а также с повышенным содержанием белков, эссенциальных аминокислот, макро- и микронутриентов [1–3]. Поэтому важными являются исследования, нацеленные на разработку функциональных продуктов питания без потери качества и потребительских свойств хлебобулочных изделий.

В основе традиционных технологий хлебобулочных изделий лежат процессы, неразрывно связанные с биотехнологией. Они основаны на использовании различных видов заквасок. Микроорганизмы, в том числе дрожжи и молочнокислые бактерий, используются для приготовления напитков или пищи. В сообществах микроорганизмов возникают системы сложных взаимоотношений, сопровождающиеся симбиозом и антагонизмом. Микробиом хлебной закваски не является исключением. В производственном цикле приготовления закваски создаются оптимальные условия для ее развития. От вида закваски, используемой в производстве, будет зависеть сочетание видов и штаммов микроорганизмов [4].

Использование чистых культур дрожжей и молочнокислых бактерий – важный момент для выведения высококачественных хлебных заквасок. Применение чистых культур в оптимальном

количестве в процессе приготовления заквасок приводит к быстрому установлению доминирующей микрофлоры и к нормальному брожению, а также гарантирует производству защиту от случайностей, связанных с микрофлорой заквасок [5–7].

Микроорганизмы, используемые в закваскаx, формируют такие показатели, как кислотность, пористость, вкус и запах хлеба. Кроме того, они способствуют микробиологической чистоте изделия, что важно в случаях пролонгирования сроков хранения, а также при использовании обсемененной муки [8].

В соответствии с ГОСТ 32677-2014 закваску для хлебопекарного производства можно кратко описать, как полуфабрикат, полученный сбраживанием питательной смеси микроорганизмами (молочнокислыми бактериями, дрожжами и др.).

Хлебобулочные изделия, приготовленные с использованием заквасок, характеризуются высокими показателями качества. Они отличаются по вкусу, запаху, пищевой и биологической ценности, а также устойчивостью к порче. Это дает стимул выводить заквасочные культуры с заданными свойствами, а именно с физико-химическими и вкусо-ароматическими характеристиками [9].

В настоящее время можно говорить о «расцвете» производства хлеба на закваскаx. В России хлеб является продуктом повседневного спроса. Формирование ассортимента хлебобулочных изделий зависит от множества факторов, а также от уровня благосостояния населения. Согласно статистике потребительские предпочтения у населения страны постепенно меняются. Наблюдается тенденция к уходу от традиционных видов хлеба к видам с высокой добавленной стоимостью (сдоба, багеты, хлеб с различными наполнителями такими, как отруби, семенами льна и т. д.) [10–12].

Для поточного производства большой интерес имеют ускоренные способы приготовления. Хлебопечение является социально значимой отраслью экономики страны, поэтому производители хлеба стремятся решить задачу обеспечения населения дешевым хлебом. Одним из способов удешевления хлеба является метод, основанный на интенсификации биохимических процессов, происходящих при созревании теста. Это позволяет получить высококачественные изделия из пшеничной муки высшего и первого сортов.

Специалисты ВОЗ считают, что с хлебом человек получает все необходимые нутриенты. Массовое потребление рафинированных и несбалансированных продуктов приводит к развитию алиментарных заболеваний (ожирение, сахарный диабет и др.). Для улучшения качества хлебобулочных изделий проводят различные исследования. Например, ученые МГУПП установили, что пропионовокислые бактерии, внесенные в рецептуру пшеничного хлеба, предотвращают его микробиологическую порчу. На основе данных бактерий были разработаны соответствующие закваски. Их применение способствует устойчивости хлеба к «картофельной болезни», а также пролонгирует сроки хранения изделий [13].

Технология с использованием стартовых культур доказала свою эффективность в производстве заквасок. Стартовые культуры – чистые молочнокислые бактерии или смесь молочнокислых бактерий с дрожжами. Они позволяют существенно облегчить процесс выведения закваски, т. е. исключить такие фазы, как разведение и поддержание закваски. Таким образом, приготовление закваски сводится к одному этапу, что обеспечивает стабильность полуфабриката [14].

Еще одно многообещающее направление современного хлебопекарного производства – изготовление хлебобулочных изделий с применением многокомпонентных смесей из муки и добавок. Например, введение гороховой и фасолевой муки в количестве от 10 до 15 % позволило получить хлебобулочные изделия с повышенным содержанием белка и хорошими вкусовыми качествами [1, 15].

Исследования европейских ученых показали положительное влияние внесения в рецептуру хлеба таких видов муки, как гречневая, гороховая и ячменная. Замена пшеничной муки на смесь из гречневой, гороховой и ячменной обеспечила низкое содержание быстроусвояемого крахмала, а также увеличила содержание резистентного крахмала в хлебе [16].

Кроме того, оценена возможность улучшить характеристики хлеба обогащением картофельной мякотью с добавлением различных эмульгаторов и ферментов [17].

Целью исследования стало изучение влияния нетрадиционных видов муки и их комбинаций с пшеничной мукой на активность, органолептические и физико-химические показатели заквасок на основе стартовых культур.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются хлебные закваски на стартовых культурах компании «Lesaffre» (Saf-Levain LV1 и Saf-Levain LV4).

Культуры заквасок отличаются по видовому составу и количеству микроорганизмов: не менее 1 млрд клеток дрожжей и 1 млрд молочнокислых бактерий в 1 г закваски. В состав Saf-Levain LV1 входят молочнокислые бактерии *Lactobacillus brevis* и *Lactobacillus casei*, дрожжи *Saccharomyces chevalieri*. В составе Saf-Levain LV4 – молочнокислые бактерии *L. brevis* и дрожжи *S. chevalieri* [14].

В качестве исследуемых видов муки выбраны мука из зеленой гречихи и чечевичная мука. Данные виды муки содержат больше белков, витаминов,

незаменимых аминокислот и минеральных веществ, чем пшеничная мука.

Чечевичная мука богата полиненасыщенными жирными кислотами (такими как олеиновая, линоленовая, которые не синтезируются живыми организмами), содержит до 30 % белка, не накапливает нитратов, токсичных элементов, радионуклидов и может считаться экологически чистым продуктом. Витаминный состав чечевицы включает β-каротин, ниацин, а также ретинол и токоферол. Минеральный состав чечевичной муки представлен такими элементами, как K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu и Se. Селен выполняет важную роль в регуляторных и защитных функциях человеческого организма. Пищевые волокна, входящие в состав чечевицы, играют важную роль при сосудистых заболеваниях и диабете 2-го типа, а также в снижении уровня холестерина. Низкий гликемический индекс (25) можно отнести к достоинствам чечевицы [18–20].

Мука из зеленой гречихи – это мука, полученная при помоле гречневой крупы, которая не подвергалась термической обработке. Это говорит о сохранении значительной части витаминов и полезных свойств, которые теряются из-за термической обработки гречневой крупы. В углеводах зеленой гречихи содержится хироинозитол, который способен снижать уровень глюкозы в крови и активизировать инсулин. Также зеленая гречиха содержит много флавоноидов. Ценится гречиха и за высокое содержание рутина: витамина Р, витамина Е и витаминов группы В, а также антиоксидантов [21–23].

Таким образом, выбранные виды муки содержат большее количество белков, витаминов, незаменимых аминокислот и минеральных веществ, чем пшеничная. Это и послужило основанием для их выбора. Кроме того, ранее нами были проведены исследования биохимического состава муки совместно с Всероссийским институтом растениеводства имени Н. И. Вавилова [24].

В задачу исследования входило сравнение активности заквасок, полученных с применением стартовых культур «Lesaffre» (Saf-Levain LV1 и Saf-Levain LV4) и введением нетрадиционных видов муки, а именно муки из зеленой гречихи и чечевичной муки. В качестве контроля выступали закваски на пшеничной муке с применением стартовых культур «Lesaffre» (Saf-Levain LV1 и Saf-Levain LV4).

В работе титруемую кислотность определяли титрованием 5 г разведенной в 50 см^3 дистиллированной воды закваски 0,1Н гидроокисью натрия в присутствии индикатора.

Редуцирующие сахара устанавливали фотоколориметрическим методом, основанном на измерении оптической плотности полученного раствора на спектрофотометре с помощью калибровочной кривой, построенной по растворам глюкозы. Метод основан на взаимодействии карбонильных групп сахаров в щелочной среде с глицератом меди и измерении оптической плотности полученного раствора на фотоэлектроколориметре.

Подъемную силу определяли методом всплывания «шарика». Метод основан на определении скорости всплывания в воде шарика теста, замешенного из закваски и муки. Под подъемной силой полуфабриката условно понимается промежуток времени (в минутах) с момента опускания в воду шариков теста до момента всплывания их на поверхность.

Органолептическую оценку полуфабрикатов проводили, оценивая вкус, аромат, внешний вид и консистенцию.

Влажность муки определяли экспресс методом на анализаторе влажности АВГ-60 при 160 °С.

Изменение объема оценивали не стандартизированным методом, а используя мерные стаканы в процессе термостатирования.

Для приготовления закваски муку смешивали с предварительно разведенными в воде стартовыми культурами «Lesaffre», вносимыми в количестве

Таблица 1. Рецептуры заквасок на основе стартовых культур

Table 1. Starter culture formulations

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на полуфабрикаты, г в натуре									
		Контроль		3	4	5	6	11	12	13	14
		1	2*	(7*)	(8*)	(9*)	(10*)	(15*)	(16*)	(17*)	(18*)
Мука пшеничная высшего сорта	14,5	585	585	439	292	146	–	439	292	146	–
Мука чечевичная	8,5	–	–	–	–	–	–	137	273	375	546
Мука из зеленой гречихи	10,1	–	–	139	278	417	55,6	–	–	–	–
Стартовая культура Saf-Levain LV1 (LV4)	–	5,85	5,85	5,78	5,70	5,63	5,56	5,75	5,66	5,56	5,46
Вода	–	415	415	425	430	437	444	425	434	444	454
Выход	–	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

* образцы с применением стартовой культурой Saf-Levain LV1.

* samples with Saf-Levain LV1 starter culture.

Таблица 2. Влияние заквасок, вида и соотношения муки на органолептические показатели качества закваски

Table 2. Effect of starter cultures, type and ratio of flour on the quality sensory indicators

№ образца	Стартовая культура	Количество муки (на сухое вещество), %	Аромат	Вкус	Внешний вид, консистенция	Максимальное увлечение объема
Контроль (пшеничная мука)						
1	LV4	100	Кислый	Кислый	Жидкая, поверхность покрыта пузырьками, пористая	2,5
2	LV1	100	Кислый со сладкими нотками	Слабокислый	Жидкая, поверхность покрыта пузырьками, мелкие поры	2,5
Мука из зеленой гречихи						
3	LV4	25	Кислый со сладкими нотками	Кислый с гречневым привкусом	Жидкая, поверхность покрыта пузырьками, пористая	2,5
4		50	Кислый яблочный, после перемешивания гречневый	Кислый с гречневым привкусом	Густая, пористость и густота увеличиваются с количеством гречневой муки	2,8
5		75	Кислый гречневый	Кислый с сильным гречневым привкусом		2,0
6		100	Кислый гречневый	Кислый гречневый		1,5
7	LV1	25	Яблочный	Слабокислый	Жидкая, поверхность покрыта пузырьками, пористая	2,6
8		50	Ярко выраженный яблочный, после перемешивания гречневый	Кислый с гречневым привкусом	Густая, пористость и густота увеличиваются с количеством гречневой муки	3,0
9		75	Ярко выраженный яблочный, после перемешивания гречневый	Кислый с сильным гречневым привкусом		2,7
10		100	Гречневый с яблочными нотами	Кислый гречневый		1,2
Мука чечевичная						
11	LV4	25	Кислый, бобовый	Кислый, слабовыраженный вкус сырых бобов	Жидкая, поверхность покрыта пузырьками, пористая	2,5
12		50	Кислый, бобовый	Сырых бобов	Густая, густота увеличивается с количеством чечевичной муки, пористость уменьшается	3,0
13		75	Кислый, бобовый	Сырых бобов		2,0
14		100	Кислый, бобовый	Сырых бобов		1,5
15	LV1	25	Бобовый, дрожжевой	Кислый, слабовыраженный вкус сырых бобов	Жидкая, поверхность покрыта пузырьками, пористая	3,0
16		50	Бобовый	Сырых бобов	Густая, густота увеличивается с количеством чечевичной муки, пористость уменьшается	3,0
17		75	Бобовый	Сырых бобов		2,0
18		100	Бобовый	Сырых бобов		1,5

0,1 % к массе муки. Количество вносимой воды определяли исходя из влажности муки (14,5 % для пшеничной, 8,5 % для чечевичной и 10,1 % для муки из зеленой гречихи) и влажности закваски (50 %). В качестве контрольных образцов выступали закваски с использованием 100 % пшеничной муки. Опытные образцы готовились с введением 25, 50, 75 % нетрадиционных видов муки, а также с полной заменой пшеничной муки.

Рецептуры заквасок на основе стартовых культур приведены в таблице 1.

Термостатирование заквасок проводили при 28 °С в течение 24 ч.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследования определялся ряд показателей до и после брожения в исследуемых полуфабрикатах, а именно кислотность и содержание редуцирующих сахаров, увеличение объема. Кроме того, были определены органолептические показатели полученных полуфабрикатов. Результаты представлены в таблицах 2 и 3.

Анализируя данные таблицы 2, стоит отметить, что показатели заквасок с введением нетрадиционных видов муки отличаются от контрольных образцов по аромату, вкусу, внешнему виду и интенсивности подъема.

При использовании муки из зеленой гречихи в аромате образца № 3 ощущались сладкие нотки, а в образцах № 7–10 – яблочный аромат разной интенсивности. Кроме того, все образцы приобретали гречневый и кислый вкус.

Все образцы заквасок с чечевичной мукой имеют бобовый аромат. В образцах со стартовой культурой LV1 присутствуют кислые ноты, а в образцах с культурой LV4 кислые ноты отсутствуют. Вкус у всех образцов, кроме № 11 и 17, бобовый.

Характерный вкус нетрадиционных видов муки проявляется при смешивании с пшеничной мукой 50 и 75 % чечевичной муки и 75% муки из зеленой гречихи.

Кроме того, опытные образцы, по сравнению с контрольными, обладают густой консистенцией. Это связано с высокой водопоглощающей способностью нетрадиционных видов муки [24]. Данное явление можно отнести к положительным сторонам, т. к. с точки зрения технологии производства это облегчает работу с закваской, ее дозированием.

Как видно из таблицы 3, кислотность до термостатирования растет с увлечением количества муки из зеленой гречихи или чечевичной муки, вводимой в закваску. Это объясняется их большей кислотностью, а также высоким содержанием

Таблица 3. Влияние заквасок, вида и соотношения муки на химические показатели качества закваски

Table 3. Effect of starter cultures, type and ratio of flour on chemical quality indicators

№ образца	Стартовая культура	Количество муки (на сухое вещество), %	Кислотность, град. кисл. (начальная)	Кислотность, град. кисл. (конечная)	Разница кислотности, град. кисл.	Редуцирующие сахара, % (начальные)	Редуцирующие сахара, % (конечные)	Разница редуцирующих сахаров, %
Контроль								
1	LV4	Контроль	0,9	11,6	+10,7	0,87	1,28	+0,59
2	LV1	Контроль	0,8	8,3	+7,5	0,88	1,27	+0,39
Мука из зеленой гречихи								
3	LV4	25	1,3	11,3	+10,0	0,86	0,26	–0,60
4		50	1,7	12,8	+11,1	0,83	0,21	–0,62
5		75	2,8	13,5	+10,7	0,78	0,39	–0,39
6		100	3,2	14,0	+10,8	0,75	0,31	–0,44
7	LV1	25	1,3	7,1	+5,8	0,87	0,28	–0,59
8		50	1,7	9,3	+7,6	0,84	0,44	–0,40
9		75	2,8	8,9	+6,1	0,80	0,35	–0,45
10		100	3,2	8,0	+4,8	0,77	0,48	–0,29
Мука чечевичная								
11	LV4	25	2,1	13,6	+11,5	0,88	0,74	–0,14
12		50	3,1	14,7	+11,6	0,84	0,1	–0,31
13		75	4,8	12,7	+9,9	0,82	0,11	–0,60
14		100	5,5	12,0	+6,5	0,87	0,12	–0,55
15	LV1	25	2,1	10,0	+7,9	0,88	0,83	–0,05
16		50	3,1	10,0	+6,9	0,89	0,58	–0,31
17		75	4,9	8,1	+3,2	0,83	0,23	–0,60
18		100	5,5	8,7	+3,2	0,87	0,32	–0,55

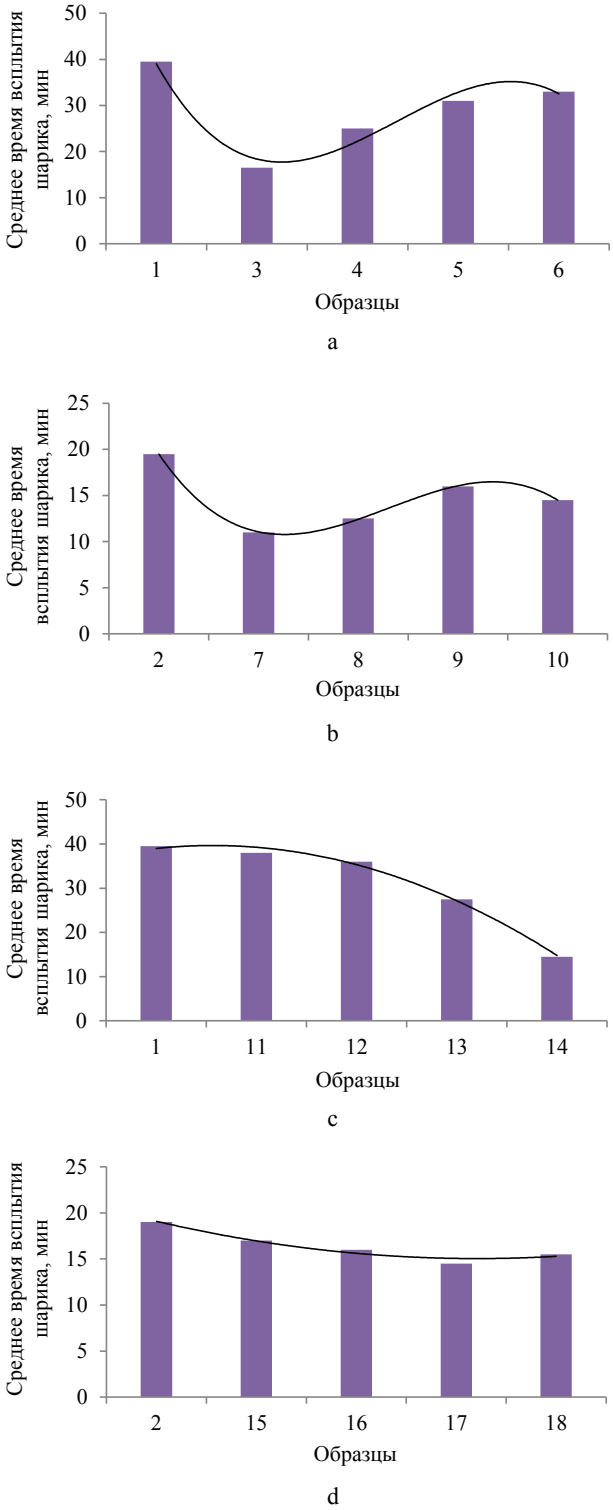

Рисунок 1. Определение подъемной силы методом «шарика»: a) LV4 – контроль и мука из зеленой гречихи; b) LV1 – контроль и мука из зеленой гречихи; c) LV4 – контроль и чечевичная мука; d) LV1 – контроль и чечевичная мука

Figure 1. Inflation rate by the "ball" method: a) LV4 – control and green buckwheat flour; b) LV1 – control and green buckwheat flour; c) LV4 – control and lentil flour; d) LV1 – control and lentil flour

кислот [24]. Кислотность муки, во-первых, зависит от белков, карбоксильные группы которых связывают щелочи. Во-вторых, от количества жирных кислот, освобождающихся под действием липаз. Кроме того, кислотность муки зависит от содержания фосфорной кислоты, которая в различной форме содержится в муке, и органических кислот, находящихся в муке в незначительных количествах.

Из таблицы 3 видно, что в случае с мукой из зеленой гречихи конечная кислотность растет с увеличением количества вводимой муки. Закваски на стартовой культуре LV4 имеют большую кислотность, чем на стартовой культуре LV1. Наибольшее накопление кислот происходит в случае с введением 50 % муки из зеленой гречихи (№ 4, 8) для обеих стартовых культур. Для образцов с чечевичной мукой также наблюдается большая кислотность у образцов с культурой LV4. Наибольшее накопление кислот происходит с введением 25 и 50 % чечевичной муки (№ 11, 12, 15, 17) для обеих стартовых культур

Анализ данных показал, что количество редуцирующих сахаров в процессе брожения в контрольных образцах увеличилось в 1,5 раза (№ 1, 2). Это связано с тем, что под действием амилаз муки крахмал расщепляется с образованием мальтозы. Мальтоза под действием ферментов мальтаз микроорганизмов образует 2 молекулы глюкозы, которые сбраживаются микроорганизмами. Если мука имеет низкую амилолитическую активность, то брожение не будет идти достаточно интенсивно, что скажется на качестве хлеба. Высокое содержание моносахаров может дать яркую окраску корочки хлеба.

Интенсивное уменьшение количества редуцирующих сахаров в образцах с введением муки из зеленой гречихи наблюдается в образцах № 3, 4, 7 и 8; с чечевичной мукой в образцах № 12, 13, 14, 17 и 18. При этом в образцах со стартовой культурой LV1 разница больше, чем в образцах с LV4. Это можно объяснить различным видовым составом микроорганизмов. Уменьшение количества редуцирующих сахаров может свидетельствовать об активном процессе брожения, а также об уменьшении активности амилаз вследствие увеличения кислотности среды.

Подъемную силу определяли методом всплывания «шарика» (рис. 1). По результатам измерений все образцы были более активны, чем контроль. Это свидетельствует об активном состоянии дрожжей в закваскаx. Однако стоит отметить, что в случае с мукой из зеленой гречихи минимальное время всплывания шарика наблюдалось у образцов № 3, 4, 7 и 8, а в случае с чечевичной мукой – у образцов № 13, 14, 17 и 18.

Проанализировав экспериментальные данные, следует отметить, что внесение нетрадиционных видов муки положительно повлияло на бродильную

активность заквасок с применением стартовых культур.

Закваски с внесением нетрадиционных видов муки были активными, имели приятный аромат и вкус, а также имели достаточную кислотность.

Выводы

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

– введение муки из зеленой гречихи положительно сказывается на активности заквасок, произведенных на стартовых культурах «Lesaffre» (Saf-Levain LV1 и Saf-Levain LV4). При добавлении 25 и 50 % муки из зеленой гречихи у заквасок повышаются накопление титруемых кислот, потребление редуцирующих сахаров и органолептические показатели. В случае с введением 75 % муки из зеленой гречихи и полной заменой пшеничной муки наблюдаются изменения в сторону уменьшения накопления титруемых кислот и потребления редуцирующих сахаров. Это можно объяснить высоким содержанием фенольных соединений в муке из зеленой гречихи. Фенольные соединения задерживают диффузию питательных веществ, отлагаясь на поверхностях оболочек клеток [25];

– введение чечевичной муки с заменой пшеничной также положительно сказывается на активности заквасок. Это можно объяснить высоким содержанием аминного азота в чечевичной муке, который позитивно влияет на жизнедеятельность микроорганизмов. Стоит также выделить образцы с заменой 75 и 100 % пшеничной муки, отличившимися показателями времени всплывания «шарика» и изменения редуцирующих сахаров;

– у заквасок с препаратом Saf-Levain LV4 в 1,5 раза больше кислотность, чем на Saf-Levain LV1;

– закваски с внесением нетрадиционных видов муки могут быть рекомендованы для изготовления различных видов хлеба, хлебобулочных изделий и использованы для дальнейших исследований.

Введение заквасок на основе нетрадиционных видов муки с применением стартовых культур в хлебобулочные изделия позволит сократить продолжительность брожения теста, а также получить изделия с высокими потребительскими свойствами. Кроме того, за счет внесения нетрадиционных видов муки будет расширен ассортимент, а также повышена пищевая ценность выпускаемой продукции.

Критерии авторства

Все авторы принимали участие в исследованиях, обработке данных и написании текста.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All the authors took equal part in the research, data processing, and writing the manuscript.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Разработка хлебопекарных композитных смесей для здорового питания / Е. В. Невская [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 4. С. 531–544. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544.

2. Клочкова И. С., Масленникова Е. В. Использование нетрадиционного сырья при разработке рецептур хлебобулочных изделий // Пищевая промышленность. 2021. № 4. С. 32–35. https://doi.org/10.24412/0235-2486-2021-4-0033.

3. Development of integrated technology and assortment of long-life rye-wheat bakery products / E. V. Nevskaya [et al.] // Foods and Raw Materials. 2018. Vol. 6. № 1. P. 99–109. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-99-109.

4. Идентификация микроорганизмов хлебных заквасок методом секвенирования / Л. И. Кузнецова [и др.] // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. 2012. Т. 2. № 2. С. 236–241.

5. Афанасьева О. В. Микробиология хлебопекарного производства. СПб.: Береста, 2003. 220 с.

6. Косован А. П. Сборник современных технологий хлебобулочных изделий. М.: ГНУ ГОСНИИХП РАСХН, 2008. 268 с.

7. Influence of leavens of spontaneous fermentation and phytoadditives on the provision of microbiological safety of bread / K. S. Rakhmonov [et al.] // Journal of Critical Review. 2020. Vol. 7. № 5. P. 850–860. https://doi.org/10.31838/jcr.07.05.177.

8. Sourdough improves the quality of whole-wheat flour products: Mechanisms and challenges – A review / S. Ma [et al.] // Food Chemistry. 2021. Vol. 360. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130038.

9. Хлесткин В. К. Традиции ведения хлебных заквасок на Русском Севере // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 6. № 2. С. 65–71. https://doi.org/10.18699/Letters2020-6-08.

10. Князева Д. Д. Потребление хлеба и хлебобулочных изделий в Российской Федерации // Наука без границ. 2021. Т. 55. № 3. С. 67–73.

11. Майорова Е. А. Анализ динамики и прогнозирование потребительских цен на хлеб и хлебобулочные изделия // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2019. Т. 8. № 4. С. 270–272. https://doi.org/10.26140/anie-2019-0804-0059.

12. Кирюхина А. Н., Григорьева Р. З., Кожевникова А. Ю. Современное состояние и перспективы развития производства хлеба и хлебобулочных изделий в России // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 2. С. 330–337. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-330-337.

13. Богатырева Т. Г. Значение кислотообразующих микроорганизмов в технологии хлебобулочных изделий из пшеничной муки // Хлебопекарное производство. 2011. № 1. С. 46–53.

14. Андреев А. Н., Виноградов Ю. А., Китиссу Ю. А. Использование стартовых культур для приготовления ржаных заквасок // Партнер. Кондитер. Хлебопек. 2008. № 17. С. 92–99.

15. О возможности применения муки из фасоли и гороха в хлебопечении / И. М. Русина [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2012. Т. 18. № 4. С. 22–27.

16. Collar C. Impact of visco-metric profile of composite dough matrices on starch digestibility and firming and retrogradation kinetics of breads thereof: Additive and interactive effects of non-wheat flours // Journal of Cereal Science. 2016. Vol. 69. P. 32–39. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.006.

17. Influence of emulsifiers and enzymes on dough rheological properties and quality characteristics of steamed bread enriched with potato pulp / Y. Cao [et al.] // Food Chemistry. 2021. Vol. 360. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130015.

18. Lentil flour formulations to develop new snack-type products by extrusion processing: Phytochemicals and antioxidant capacity / P. Morales [et al.] // Journal of Functional Foods. 2015. Vol. 19. P. 537–544. https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.09.044.

19. Самаров В. М., Тарасенко А. И. Чечевица – ценная зернобобовая культура. Кемерово: Кузбассвузиздат, 2012. 95 с.

20. Lentil flour: nutritional and technological properties, *in vitro* digestibility and perspectives for use in the food industry / A. Romano [et al.] // Current Opinion in Food Science. 2021. Vol. 40. P. 157–167. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.04.003.

21. Глаголева Л. Э., Коротких И. В. Растительный комплекс зеленой гречихи в технологии производства сырников // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. Т. 67. № 1. С. 132–136. https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-1-132-136.

22. Bioactive compounds in different buckwheat species / G. Podolska [et al.] // Plants. 2021. Vol. 10. № 5. https://doi.org/10.3390/plants10050961.

23. Yang J., Lee J., Sung J. Influence of acid treatment on flavonoid content and biological activity in tartary buckwheat grains and its application for noodles // LWT. 2021. Vol. 145. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111488.

24. Изучение химического состава нетрадиционных видов муки / С. С. Гурьев [и др.] // Современная наука и инновации. 2019. Т. 27. № 3. С. 142–152. https://doi.org/10.33236/2307-910X-2019-3-27-142-152.

25. Lyra Colombi B., Silva Zanoni P. R., Benathar Ballod Tavares L. Effect of phenolic compounds on bioconversion of glucose to ethanol by yeast *Saccharomyces cerevisiae* PE-2 // Canadian Journal of Chemical Engineering. 2018. Vol. 96. № 7. P. 1444–1450. https://doi.org/10.1002/cjce.23114.

References

1. Nevskaya EV, Tyurina IA, Tyurina OE, Shulbaeva MT, Potapova MN, Golovacheva YaS. Healthy bakery composite mixes. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):531–544. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544.

2. Klochkova IS, Maslennikova EV. The use of non-traditional raw materials in the development of recipes for bakery products. Food Industry. 2021;(4):32–35. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/0235-2486-2021-4-0033.

3. Nevskaya EV, Borodulin DM, Potekha VL, Nevskiy AA, Lobasenko BA, Shulbaeva MT. Development of integrated technology and assortment of long-life rye-wheat bakery products. Foods and Raw Materials. 2018;6(1):99–109. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-99-109.

4. Kuznetsova LI, Savkina OA, Ternovskoy GV, Pavlovskaya EN. Identifikatsiya mikroorganizmov khlebnykh zakvasok metodom sekvenirovaniya [Identification of microorganisms of bread sourdough by sequencing]. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya pamyati Vasiliya Matveevicha Gorbatova [International scientific and practical conference dedicated to the memory of V.M. Gorbatov]. 2012;2(2):236–241. (In Russ.).

5. Afanas′eva OV. Mikrobiologiya khlebopekarnogo proizvodstva [Microbiology of bakery production]. St. Petersburg: Beresta; 2003. 220 p. (In Russ.).

6. Kosovan AP. Sbornik sovremennykh tekhnologiy khlebobulochnykh izdeliy [Collection of modern technologies for bakery products]. Moscow: GNU GOSNIIKHP RASKHN; 2008. 268 p. (In Russ.).

7. Rakhmonov KS, Atamuratova TI, Djuraeva NR, Isabaev IB, Haydar-Zade LN. Influence of leavens of spontaneous fermentation and phytoadditives on the provision of microbiological safety of bread. Journal of Critical Review. 2020;7(5):850–860. https://doi.org/10.31838/jcr.07.05.177.

8. Ma S, Wang Z, Guo X, Wang F, Huang J, Sun B, et al. Sourdough improves the quality of whole-wheat flour products: Mechanisms and challenges – A review. Food Chemistry. 2021;360. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130038.

9. Khlestkin VK. Traditions of local bread sourdoughs management on the Russian North. Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020;6(2):65–71. (In Russ.). https://doi.org/10.18699/Letters2020-6-08.

10. Knyazeva DD. Consumption of bread and bakery products in the Russian Federation. Science without Borders. 2021;55(3):67–73. (In Russ.).

11. Mayorova EA. Analysis of the dynamics and forecasting of consumer prices for bread and bakery products. Azimuth of Scientific Research: Economics and Administration. 2019;8(4):270–272. (In Russ.). https://doi.org/10.26140/anie-2019-0804-0059.

12. Kiryukhina AN, Grigoreva RZ, Kozhevnikova AYu. Bread production and bakery products in Russia: Current state and prospects. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):330–337. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-330-337.

13. Bogatyreva TG. Znachenie kislotoobrazuyushchikh mikroorganizmov v tekhnologii khlebobulochnykh izdeliy iz pshenichnoy muki [The value of acid-forming microorganisms in the technology of wheat bakery products]. Khlebopekarnoe proizvodstvo [Bakery Production]. 2011;(1):46–53. (In Russ.).

14. Andreev AN, Vinogradov YuA, Kitissu YuA. Ispol′zovanie startovykh kul′tur dlya prigotovleniya rzhanykh zakvasok [Starter cultures for the preparation of rye starters]. Partner. Konditer. Khlebopek [Partner. Confectioner. Baker]. 2008;(17):92–99. (In Russ.).

15. Rusina IM, Makarchikov AF, Trotskaya TP, Mistsiuk YuV, Kavaleuskaja SS. Possibilities of kidney beans flour and pea flour using for bread production. Food Industry: Science and Technology. 2012;18(4):22–27. (In Russ.).

16. Collar C. Impact of visco-metric profile of composite dough matrices on starch digestibility and firming and retrogradation kinetics of breads thereof: Additive and interactive effects of non-wheat flours. Journal of Cereal Science. 2016;69:32–39. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.006.

17. Cao Y, Jiang L, Suo W, Deng Y, Zhang M, Dong S, et al. Influence of emulsifiers and enzymes on dough rheological properties and quality characteristics of steamed bread enriched with potato pulp. Food Chemistry. 2021;360. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130015.

18. Morales P, Cebadera-Miranda L, Camara RM, Reis FS, Barros L, Berrios JDJ, et al. Lentil flour formulations to develop new snack-type products by extrusion processing: Phytochemicals and antioxidant capacity. Journal of Functional Foods. 2015;19:537–544. https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.09.044.

19. Samarov VM, Tarasenko AI. Chechevitsa – tsennaya zernobobovaya kul′tura [Lentils are valuable legumes]. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat; 2012. 95 p. (In Russ.).

20. Romano A, Gallo V, Ferranti P, Masi P. Lentil flour: nutritional and technological properties, *in vitro* digestibility and perspectives for use in the food industry. Current Opinion in Food Science. 2021;40:157–167. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.04.003.

21. Glagoleva LE, Korotkikh IV. Herbal complex of green buckwheat in the production technology of cakes. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2016;67(1):132–136. (In Russ.). https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-1-132-136.

22. Podolska G, Gujska E, Klepacka J, Aleksandrowicz E. Bioactive compounds in different buckwheat species. Plants. 2021;10(5). https://doi.org/10.3390/plants10050961.

23. Yang J, Lee J, Sung J. Influence of acid treatment on flavonoid content and biological activity in tartary buckwheat grains and its application for noodles. LWT. 2021;145. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111488.

24. Gur'ev SS, Safonova EE, Malyshev LL, Khoreva VI, Smolenskaya AE, Popov VS. Study of chemical composition unconventional species of flour. Sovremennaa nauka i innovacii. 2019;27(3):142–152. (In Russ.). https://doi.org/10.33236/2307-910X-2019-3-27-142-152.

25. Lyra Colombi B, Silva Zanoni PR, Benathar Ballod Tavares L. Effect of phenolic compounds on bioconversion of glucose to ethanol by yeast *Saccharomyces cerevisiae* PE-2. Canadian Journal of Chemical Engineering. 2018;96(7):1444–1450. https://doi.org/10.1002/cjce.23114.