

<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i4.s142>

УДК: 644.644

Исследование процесса сбраживания жидкой ржаной заварки и определение технологических параметров для дискретного режима производства сортов заварного хлеба

А. В. Акулич, Т. Д. Самуйленко

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Могилев, Республика Беларусь

Корреспонденция:

Самуйленко Татьяна Дмитриевна,
Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий
212027, Республика Беларусь,
г. Могилев, проспект Шмидта, д. 3.
E-mail: TataSam@tut.by

Конфликт интересов:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов

Поступила: 25.09.2022**Принята:** 28.12.2022**Опубликована:** 30.12.2022**Copyright:** © 2022 Авторы

Финансирование. Работа выполнена в рамках задания государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства», подпрограмма «Продовольственная безопасность»: 3.68 «Оптимизация технологического цикла сброженной заварки, полученной на основе осахаренной и заквашенной заварки, путем моделирования жизнедеятельности популяций симбиотически развивающихся в них микроорганизмов в дискретном режиме производства хлеба» (номер государственной регистрации 20191859).

АННОТАЦИЯ

Введение. В условиях постоянной нестабильности объемов производства сортов заварного хлеба реализация традиционной технологии сброженной заварки требует новых подходов, основанных на моделировании процесса сбраживания жидкой ржаной заварки с учетом особенностей технологического процесса ее приготовления. На функционирующих хлебопекарных предприятиях Республики Беларусь используются индивидуально разработанные схемы приготовления сброженной заварки с учетом поступивших заявок торговых организаций на ассортимент заварных сортов хлеба на следующие сутки. Однако, отсутствуют сведения о влиянии комплекса технологических параметров на биотехнологические свойства сброженной заварки в различных производственных условиях.

Цель. Целью работы является исследование влияния технологических параметров процесса сбраживания жидкой ржаной заварки на ее биотехнологические свойства; установление зависимости общего количества культивируемых микроорганизмов, их активности, кислотности и подъемной силы сброженной заварки от содержания полуфабриката предыдущего приготовления, продолжительности и температуры сбраживания; определение оптимальных диапазонов технологических параметров, адаптированных для дискретного режима производства сортов заварного хлеба.

Материалы и методы. Исследовали сброженную заварку, полученную в условиях заварочного отделения хлебопекарного предприятия. Температура сбраживания составляет от 25 °C до 35 °C, продолжительность процесса – от 60 мин до 480 мин. Массовая доля влаги в образцах сброженной заварки составляет 74–76 %. Сброженная заварка исследована по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям.

Результаты. Получены зависимости, позволяющие прогнозировать на стадии сбраживания показатели сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки в дискретном режиме производства заварных сортов хлеба и научно обосновано регулирование технологических параметров приготовления данного полуфабриката. Разработаны рекомендации по расширению диапазонов технологических параметров приготовления жидкой ржаной заварки на стадии сбраживания в дискретном режиме производства сортов заварного хлеба.

Выводы. Полученные результаты позволят разработать автоматизированный количественный учет сброженной заварки, оперативно распределить полуфабрикат с необходимыми показателями по производственным емкостям, исключить влияние субъективных факторов на производственный цикл приготовления сброженной заварки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

хлебопекарная отрасль; сорта заварного хлеба; дискретный режим; сброженная заварка; технологические параметры; биотехнологические свойства; оптимизация.

Для цитирования: Акулич А. В., & Самуйленко, Т. Д. (2022). Исследование процесса сбраживания жидкой ржаной заварки и определение технологических параметров для дискретного режима производства сортов заварного хлеба. *Health, Food & Biotechnology*, 4(4), 41–55. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i4.s142>.



<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i4.s142>

Investigation of the Fermentation Process of Liquid Rye Sourdough and Determination of Technological Parameters for the Discrete Mode of Production of National Types of Bread

Alexander V. Akulich, Tatyana D. Samuylenko

Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Republic of Belarus

Correspondence:

Tatyana D. Samuylenko,
Belarusian State University of Food and Chemical Technologies
3, Schmidt's Ave., Mogilev,
212027, Republic of Belarus.
E-mail: TataSam@tut.by

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 25.09.2022
Accepted: 28.12.2022
Published: 30.12.2022

Copyright: © 2022 The Authors

Funding. The research was done within the framework of the project of the scientific research state program "Quality and Efficiency of Agro-industrial Production", subprogram "Food Security": 3.68 "Optimization of the technological cycle of fermented brew obtained on the basis of saccharified and fermented brew by modeling the vital activity of symbiotically developing populations of microorganisms in a discrete mode of bread production" (state registration number 20191859).

ABSTRACT

Introduction. The implementation of the traditional technology of liquid rye sourdough requires new approaches in the conditions of instability of the production of national types of bread. They should be based on modeling the fermentation process of liquid rye sourdough, taking into account the peculiarities of the technological process of its preparation. Information about some of the features and methods of preparing liquid rye sourdough is found in literary sources. The known methods do not take into account the features of the discrete mode. Individual schemes of preparation of liquid rye sourdough are used at bakeries of the Republic of Belarus. These schemes are subjective and change daily. There is no information about the influence of the complex of technological parameters on the biotechnological properties of liquid rye sourdough in various production conditions.

Purpose. The aim of the investigation is to study the influence of technological parameters of the fermentation process of liquid rye sourdough on its biotechnological properties; to establish the dependence of the total number of cultivated microorganisms, their activity, acidity and lifting force of liquid rye sourdough on the content of the semi-finished product of previous preparation, duration and temperature of fermentation; to determine the optimal ranges of technological parameters adapted for the discrete mode of production of national types of bread.

Materials and Methods. The objects of research are liquid rye sourdough obtained at a bakery enterprise. The fermentation temperature ranges from 25 °C to 35 °C, the duration of the process is from 60 minutes to 480 minutes. The mass fraction of moisture in the samples of liquid rye sourdough is 74–76 %. Liquid rye sourdough was studied according to organoleptic, physico-chemical and microbiological parameters.

Results. The influence of technological parameters on these indicators of liquid rye sourdough is shown in the article. Dependences have been obtained that make it possible to predict at the stage of fermentation the indicators of fermented brew based on saccharified and thermophilic sourdough brew in a discrete mode for the production of custard bread varieties and to scientifically control the technological parameters of the preparation of this semi-finished product. Recommendations for expanding the ranges of technological parameters for the preparation of liquid rye sourdough at the fermentation stage in the discrete mode of production of national types of bread have been developed.

Conclusion. The results of the research will allow us to develop an automated quantitative accounting of liquid rye sourdough, promptly distribute the semi-finished product with the necessary indicators across production capacities, eliminate the influence of subjective factors on the production cycle of the preparation of liquid rye sourdough.

KEYWORDS

bakery industry; national types of bread; discrete mode; liquid rye sourdough; technological parameters; biotechnological properties; optimization.



To cite: Akulich A. V., & Samuylenko, T. D. (2022). Investigation of the process of fermentation of liquid rye brew and determination of technological parameters for the discrete mode of production of custard bread varieties. *Health, Food & Biotechnology*, 4(4), 41–55. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i4.s142>

ВВЕДЕНИЕ

На хлебопекарных предприятиях Республики Беларусь для производства сортов заварного хлеба используют жидкие ржаные заварки, преимущественно сброженную заварку на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки. Традиционно приготовление данного полуфабриката осуществляется в несколько стадий в непрерывном цикле при определенных технологических параметрах, что обеспечивает сохранение стабильного качественного и количественного состава культивируемых микроорганизмов, их активности, биотехнологических свойств самой сброженной заварки и, как следствие, потребительских свойств сортов заварного хлеба¹ (Кузнецова, 2003).

В условиях постоянной нестабильности объемов производства сортов заварного хлеба как по количеству, так и по ассортиментному перечню реализация традиционной технологии сброженной заварки требует новых подходов, основанных на моделировании сбраживания жидкой ржаной заварки с учетом особенностей технологического процесса ее приготовления.

Стоит отметить, что в литературных источниках встречаются сведения о некоторых особенностях приготовления сброженной заварки. Эти особенности преимущественно связаны с отличием технологических параметров от их традиционных диапазонов. В постоянно изменяющихся условиях работы хлебопекарных предприятий существуют рекомендации по снижению продолжительности сбраживания до 90 мин или ее увеличения до 420 мин. Также предлагается изменение состава сброженной заварки текущей стадии путем варьирования соотношения сброженной заварки с предыдущей стадией и охлажденной термофильной заквашенной заварки в диапазоне от 15:85 до 85:15 соответственно². Однако, эти способы используются только для определенных сортов заварного хлеба, для отдельных условий производства и не направлены на дискретный режим.

В литературных источниках встречаются и другие способы сохранения и стабилизации биотехнологических свойств полуфабрикатов. Для этого на полуфабрикаты предлагается воздействовать излучениями, звуковыми колебаниями (Корячкина, Березина & Бобров, 2007; Твердохлеб & Ким, 1982; Шестаков & Волохова, 2001), вносить в состав их питательных смесей зернопродукты (Поландова, Быковченко & Логачева, 2004; Богатырева, Юматова & Миронова, 2008; Пащенко, 2004; Поландова, 2001; Поландова & Богатырева, 2000; Пащенко, 2003; Пащенко, Никитин & Парченко, 2004; Пащенко, Дерканова &

Ивкина, 1984), плодоовощное сырье (Малютина, Дерканосова & Гинс, 2003; Корячкина & Березина, 2001), побочные продукты пищевой промышленности (Ибрагимова, Римарева & Погоржельская, 2006; Аширова & Цыганова, 2009) для улучшения метаболизма культивируемых микроорганизмов, использовать новые сочетания микроорганизмов или сухие микробные композиции (Локачук, Савкина, Павловская, Фролова & Кузнецова, 2021; Локачук, Савкина, Павловская & Кузнецова, 2021; Локачук, Савкина, Хлесткин, Кузнецова, Павловская & Парахина, 2021; Парахина, Кузнецова, Савкина, Локачук, Гаврилова, Павловская & Барсукова, 2021). Но все названные способы рекомендованы не для сброженной заварки, а для жидкой ржаной закваски с заваркой и без заварки, жидких дрожжей, жидкой пшеничной закваски и др. Кроме того, предложенные способы направлены преимущественно на улучшение биотехнологических свойств этих полуфабрикатов, приготавливаемых по традиционным технологиям, и также не учитывают особенности дискретного режима.

Следует учитывать и тот момент, что сброженная заварка на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки, как кислотосодержащий полуфабрикат для сортов заварного хлеба, массово используется только в Республике Беларусь. Схожий ассортимент в других странах (Российской Федерации, Германии, странах Прибалтики, Северной Европы) вырабатывается с использованием других кислотосодержащих полуфабрикатов (густой ржаной закваски, жидкой ржаной закваски, осахаренной заварки, мезофильной и термофильной заквашенной заварки, сухой заварки, сухой композитной смеси и др.). Эти полуфабрикаты могут применяться или параллельно, или последовательно³ (Decock & Cappelle, 2005; Torrieri, Pepe, Ventorino, Masi & Cavella, 2014). В странах Южной Европы и США заварной хлеб практически не производится, в некоторых случаях импортируется, что обусловлено национальными предпочтениями населения. Информация в области технологий хлеба из ржаной муки и смеси ржаной и пшеничной муки представлена незначительно (Preedy & Watson, 2019; Galanakis, 2020; Cauvain, 2017), а научные разработки в области технологии именно сброженной заварки и во все в этих странах отсутствуют.

На действующих хлебопекарных предприятиях Республики Беларусь используются индивидуально разработанные схемы приготовления сброженной заварки с учетом поступивших заявок торговых организаций на сорта заварного хлеба на следующие сутки. Но эти схемы не имеют единой системы, носят субъективный характер и изменяются ежедневно (Гуринова, Самуйленко & Назаренко, 2013). Кроме того, нет сведений

¹ Колосовская, Л. С. (2011). Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий. Бизнесофсет.

² Там же.

³ Колосовская, Л. С. (2011). Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий. Бизнесофсет.

о влиянии комплекса факторов (количества полуфабриката с предыдущей стадии, температуры, продолжительности приготовления) на биотехнологические свойства сброженной заварки в различных производственных условиях.

Целью настоящей работы является исследование влияния технологических параметров процесса сбраживания жидкой ржаной заварки на ее биотехнологические свойства; установление зависимости общего количества культивируемых микроорганизмов, их активности, кислотности и подъемной силы сброженной заварки от содержания полуфабриката предыдущего приготовления, продолжительности и температуры сбраживания; определение оптимальных диапазонов технологических параметров, адаптированных для дискретного режима производства сортов заварного хлеба.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

Объектами исследований является сброженная заварка, полученная в условиях заварочного отделения ОАО «Гроднохлебпром». Температура сбраживания составляет от 25 °С до 35 °С, продолжительность процесса — от 60 мин до 480 мин. Массовая доля влаги в образцах сброженной заварки составляет 74–76 %. Сброженная заварка исследована по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям.

Оборудование

Для определения микробиологических и технологических показателей использованы термостат, микроскоп, титровальная установка.

Инструменты

Обработка полученных данных и графическая интерпретация проведена с помощью программного приложения для персонального компьютера Statgraphics Plus 5.0 Manugistics company.

Методы

Органолептическая оценка

Органолептическая оценка полуфабрикатов проведена непосредственно сразу после отбора путем осмотра всей массы полуфабрикатов. В жидких ржаных кислото-содержащих полуфабрикатах определена консистенция,

вкус и запах. При проведении качественной оценки полуфабрикатов зафиксирована продолжительность его брожения или осахаривания^{4,5}.

Определение кислотности

Кислотность полуфабрикатов определена методом титрования водной суспензии полуфабриката 0,1 Н раствором NaOH, представленном в лабораторном практикуме по технологии хлебопекарного производства⁶ и методических указаниях по проведению испытаний качества полуфабрикатов хлебопекарного производства⁷.

Определение подъемной силы

Подъемная сила полуфабрикатов определена ускоренным методом, представленном в лабораторном практикуме по технологии хлебопекарного производства⁸ и методических указаниях по проведению испытаний качества полуфабрикатов хлебопекарного производства⁹.

Определение микробиологических показателей

Количественный учет дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий и соотношение между ними проведен путем микроскопирования по методу Бургвица¹⁰. Количество мертвых дрожжевых клеток установлено путем смешивания полуфабриката с раствором метиленового синего с последующим микроскопированием (мертвые дрожжевые клетки при этом окрашивались в синий цвет)¹¹. Для оценки активности молочнокислых бактерий использован метод М.П. Юргенсона и И.Ф. Романова

⁴ Пучкова, Л. И. (2004). *Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства*. ГИОРД.

⁵ Карнышова, Л. В. & Севастей, Л. И. (2008). *Методические указания по проведению испытаний качества полуфабрикатов хлебопекарного производства*. Белтехнохлеб.

⁶ Пучкова, Л. И. (2004). *Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства*. ГИОРД.

⁷ Карнышова, Л. В. & Севастей, Л. И. (2008). *Методические указания по проведению испытаний качества полуфабрикатов хлебопекарного производства*. Белтехнохлеб.

⁸ Пучкова, Л. И. (2004). *Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства*. ГИОРД.

⁹ Карнышова, Л. В. & Севастей, Л. И. (2008). *Методические указания по проведению испытаний качества полуфабрикатов хлебопекарного производства*. Белтехнохлеб.

¹⁰ Афанасьева, О. В. (2003). *Микробиология хлебопекарного производства*. Береста.

¹¹ Там же.

(1958 г.), который основан на скорости изменения цвета красителя (с голубой окраски в бесцветную окраску)¹².

отделении на ОАО «Гроднохлебпром» цех № 2 17.02.2022 при заявке на сорта заварного хлеба 11950 кг, представленной в Таблице 1. На первом этапе установлено влияние ежестадийного изменения технологических параметров приготовления сброженной заварки, используемых в индивидуальных схемах, на формирование ее биотехнологических свойств.

Процедура исследования

Приготовление сброженной заварки осуществлялось по индивидуальной схеме, реализуемой в заварочном

Таблица 1
Индивидуальная схема приготовления сброженной заварки

Время начала этапа приго- товле- ния	Фактическое количество при приготовлении, %			Начальная температура в производственных емкостях, °С			Продолжительность приготовления, мин			Попол- нение расходной емкости сбро- женной заваркой
	охлажденная термофильная заквашенная заварка	сброженная заварка								
	емкость 1	емкость 2	емкость 3	емкость 1	емкость 2	емкость 3	емкость 1	емкость 2	емкость 3	
00.00	–	10	–	–	32	–	–	240	–	+
01.00	–	–	50	–	–	33	–	–	360	+
02.00	50	50	–	33	33	–	480	120	–	+
03.00	–	–	50	–	–	31	–	–	120	+
04.00	50	–	–	31	–	–	120	–	–	+
05.00	50	–	–	35	–	–	60	–	–	+
06.00	–	80	–	–	28	–	–	240	–	+
07.00	–	–	50	–	–	28	–	–	240	+
08.00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
09.00	65	–	–	32	–	–	240	–	–	+
10.00	50	45	–	34	25	–	60	240	–	+
11.00	–	–	40	–	–	28	–	–	240	+
12.00	–	–	50	–	–	31	–	–	60	–
13.00	30	–	–	32	–	–	180	–	–	+
14.00	–	–	50	–	–	33	–	–	120	+

¹² Афанасьева, О. В. (2003). Микробиология хлебопекарного производства. Береста.

Окончание Таблицы 1

Время начала этапа приго- товле- ния	Фактическое количество при приготовлении, %			Начальная температура в производственных емкостях, °С			Продолжительность приготовления, мин			Попол- нение расходной емкости сбро- женной заваркой
	охлажденная термофильная заквашенная заварка	сброженная заварка								
				емкость 1	емкость 2	емкость 3	емкость 1	емкость 2	емкость 3	
		емкость 1	емкость 2	емкость 3	емкость 1	емкость 2	емкость 3	емкость 1	емкость 2	
15.00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16.00	–	50	–	–	28	–	–	360	–	+
17.00	–	–	–	–	–	–	240	–	–	+
18.00	–	–	90	–	–	33	–	–	240	+
19.00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20.00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
21.00	–	50	–	–	30	–	–	240	–	–
22.00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
23.00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

После завершения каждой стадии отбирался образец сброженной заварки для проведения исследований по характерным для нее показателям, к которым относят количественный и качественный состав культивируемых специфических микроорганизмов (общее количество дрожжевых клеток расы «Ивановская», мезофильных молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* штамма И-35, соотношение между дрожжевыми клетками и молочнокислыми бактериями, количество мертвых дрожжевых клеток), активность культивируемых микроорганизмов, кислотность сброженной заварки, подъемную силу сброженной заварки, органолептическую оценку. Далее осуществлена следующая стадия возобновления сброженной заварки путем отбора в расходную емкость, а затем добавления охлажденной термофильной заквашенной заварки с предыдущей стадии с учетом температуры и продолжительности сбраживания согласно используемой индивидуальной схеме.

На втором этапе установлена зависимость между биотехнологическими свойствами сброженной заварки и технологическими параметрами ее приготовления, используемыми в дискретном режиме производства сортов заварного хлеба. В качестве влияющих параметров (факторов) рассматривали:

- (1) содержание охлажденной термофильной заквашенной заварки X_1 , % от массы сброженной заварки текущей стадии, в производственном цикле изменяется от 10 % до 90 %;

- (2) продолжительность сбраживания ржаной заварки X_2 , мин, изменяется от 60 мин до 480 мин;
- (3) температура сбраживания ржаной заварки X_3 , °С, варьируется от 25 °С до 35 °С.

Процесс сбраживания оценивается по следующим показателям биотехнологических свойств:

- (1) общее количество мезофильных молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* штамма И-35 («Ивановские») в сброженной заварке $Y_1 \cdot 10^6$, ед/г;
- (2) активность мезофильных молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* штамма И-35 («Ивановские») в сброженной заварке Y_2 , мин;
- (3) кислотность сброженной заварки Y_3 , град.;
- (4) общее количество дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* расы «Ивановская» в сброженной заварке $Y_4 \cdot 10^6$, ед/г;
- (5) количество мертвых дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* расы «Ивановская» в сброженной заварке Y_5 , %;
- (6) подъемная сила сброженной заварки Y_6 , мин.

В прикладной программе Statgraphics Plus 5.0 Manugistics company построили план полного факторного эксперимента (3×2^2), состоящий из 12 опытов (Таблица 2). Согласно плану (Таблица 2) проведены экспериментальные исследования и получены значения показателей (выходных параметров) для каждого опыта. В исследованиях использованы полуфабрикаты с биотехнологи-

Таблица 2
Значения параметров при проведении экспериментов

№ опы-та	Содержание охлажденной термофильной заквашенной заварки X_1 , % от массы сброженной заварки текущей стадии	Продолжительность сбраживания жидкой ржаной заварки X_2 , мин	Температура сбраживания жидкой ржаной заварки X_3 , °C
1	10	60	25
2	10	60	35
3	10	480	25
4	10	480	35
5	50	60	25
6	50	60	35
7	50	480	25
8	50	480	35
9	90	60	25
10	90	60	35
11	90	480	25
12	90	480	35

ческими свойствами, соответствующими рекомендациям технологических инструкций¹³.

На третьем этапе исследований проведена обработка экспериментальных данных для установления зависимостей биотехнологических свойств сброженной заварки при варьировании технологических параметров ее приготовления. Дан обобщенный анализ полученных данных и установлены диапазоны технологических параметров для дискретного режима производства сортов заварного хлеба.

Анализ данных

Экспериментальные исследования проведены с пятикратной повторностью опытов. Обработка экспериментальных результатов проведена с использованием программного обеспечения Statgraphics Plus 5.0 Manugistics company.

¹³ Колосовская, Л. С. (2011). Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий. Бизнесофсет.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследование процесса сбраживания жидкой ржаной заварки

Исследованы микробиологические показатели сброженной заварки. На Рисунке 1 приведены изменения количественного состава микроорганизмов в порциях сброженной заварки, направляемой в расходную емкость, при варьировании технологических параметров процесса сбраживания. Показатели биотехнологических свойств в порциях сброженной заварки, направляемых в расходную емкость, представлены в Таблице 3.

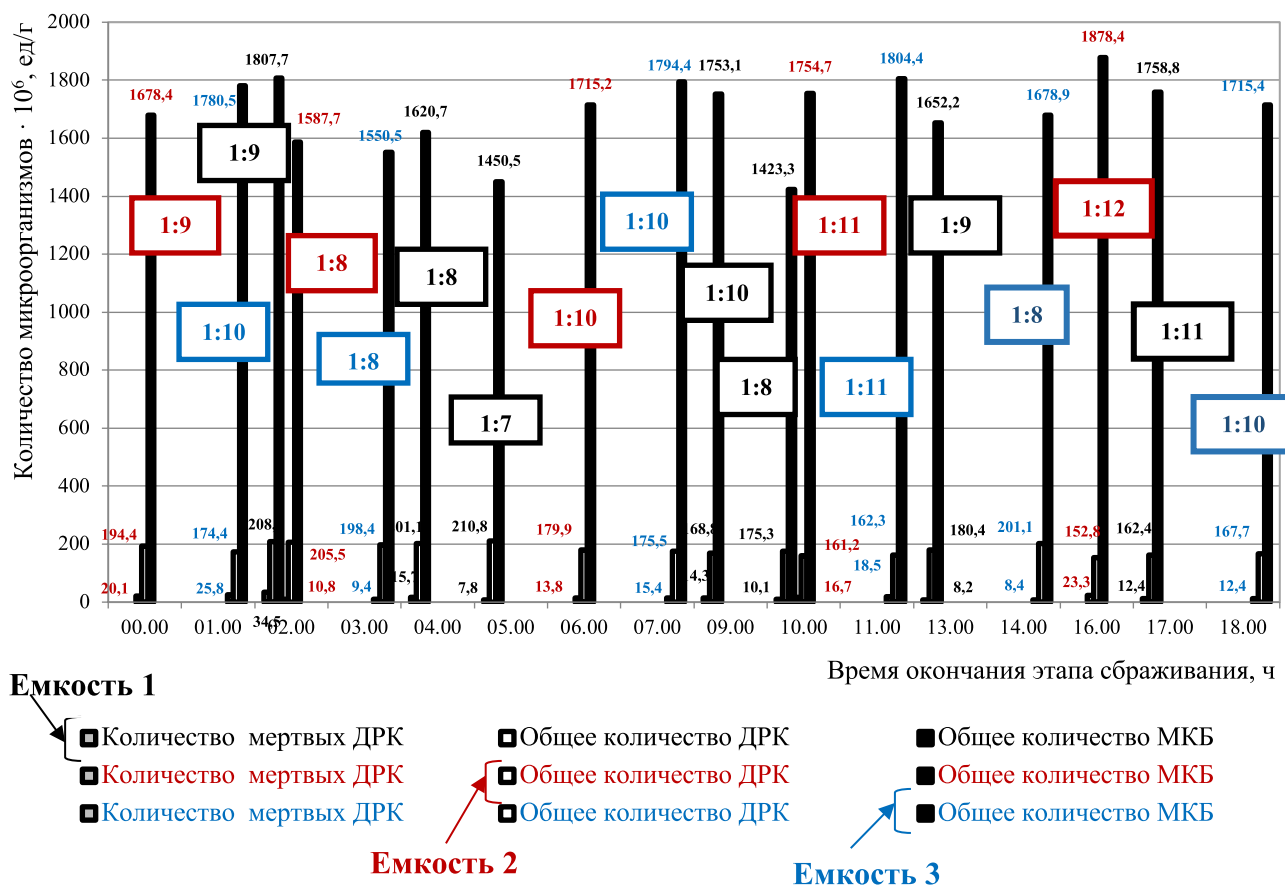
Таблица 3
Показатели биотехнологических свойств в порциях сброженной заварки, направляемых в расходную емкость

Время окончания этапа сбраживания	Активность мезофильных молочнокислых бактерий, мин; кислотность, град.; подъемная сила, мин		
	емкость 1	емкость 2	емкость 3
00.00	–	53; 12,4; 21	–
01.00	–	–	47; 12,8; 23
02.00	43; 13,4; 27	55; 12,1; 18	–
03.00	–	–	55; 12,0; 20
04.00	50; 12,6; 25	–	–
05.00	60; 11,8; 20	–	–
06.00	–	48; 13,4; 26	–
07.00	–	–	47; 13,5; 27
09.00	56; 12,2; 21	–	–
10.00	64; 11,6; 22	47; 13,6; 27	–
11.00	–	–	41; 13,7; 31
13.00	59; 12,0; 21	–	–
14.00	–	–	52; 12,5; 24
16.00	–	39; 14,0; 30	–
17.00	54; 12,5; 27	–	–
18.00	–	–	50; 12,7; 26

Результаты, проведенных исследований, показывают, что порции сброженной заварки, направляемые в расходную емкость, имеют нестабильные микробиологические и технологические показатели. Общее количество молочнокислых бактерий в емкости 1 изменя-

Рисунок 1

Изменение количества дрожжевых клеток (ДРК) и молочнокислых бактерий (МКБ) в порциях сброженной заварки, направляемых в расходную емкость при варьировании технологических параметров процесса сбраживания



ется от $1423,3 \cdot 10^6$ ед/г до $1807,7 \cdot 10^6$ ед/г, в емкости 2 – от $1587,7 \cdot 10^6$ ед/г до $1878,4 \cdot 10^6$ ед/г, в емкости 3 – от $1550,5 \cdot 10^6$ ед/г до $1804,4 \cdot 10^6$ ед/г. Сброженная заварка направляется в расходную емкость как с активностью 39 мин, так и с активностью 64 мин. Общее количество дрожжевых клеток в емкости 1 изменяется от $162,4 \cdot 10^6$ ед/г до $210,8 \cdot 10^6$ ед/г, в емкости 2 – от $152,8 \cdot 10^6$ ед/г до $205,5 \cdot 10^6$ ед/г, в емкости 3 – от $162,3 \cdot 10^6$ ед/г до $201,1 \cdot 10^6$ ед/г. Соотношение между дрожжевыми клетками и молочнокислыми бактериями находится в диапазоне от 1:7 до 1:12. Отмечается значительная вариация мертвых дрожжевых клеток в диапазоне от 3,7 % до 16,6 %. Такое развитие культивируемых микроорганизмов обуславливает изменение органолептических и технологических показателей сброженной заварки (кислотность и подъемную силу). В порциях рассматриваемого полуфабриката отмечается изменение вкуса и аромата от слабовыраженного до несвойственного кислого. Консистенция сброженной заварки изменяется от равномерной до расслаивающейся. В полуфабрикате присутствуют неравномерно распределенные пузырьки разных размеров. Показатель

кислотности при этом изменяется в емкости 1 от 11,6 град. до 13,4 град., в емкости 2 – от 12,1 град. до 14,0 град., в емкости 3 – от 12,0 град. до 13,7 град. Показатель подъемной силы в емкости 1 варьируется от 20 мин до 27 мин, в емкости 2 – от 18 мин до 30 мин, в емкости 3 – от 20 мин до 31 мин.

Определение технологических параметров процесса сбраживания жидкой ржаной заварки для дискретного режима производства заварных сортов хлеба

Варьирование состава сброженной заварки и технологических параметров ее приготовления закономерно обуславливают разную динамику совместно протекающих процессов кислотонакопления и газообразования. Именно эти процессы формируют биотехнологические свойства сброженной заварки.

Результаты исследований, отражающие изменение показателей биотехнологических свойств сброженной за-

Таблица 4

Показатели биотехнологических свойств сброженной заварки по результатам экспериментальных исследований

№ опыта	Общее количество мезофильных молочнокислых бактерий <i>Lactobacillus plantarum</i> штамма И-35 («Ивановские») в сброженной заварке $Y_1 \cdot 10^6$, ед/г	Активность мезофильных молочнокислых бактерий <i>Lactobacillus plantarum</i> штамма И-35 («Ивановские») в сброженной заварке Y_2 , мин	Кислотность сброженной заварки Y_3 , град.	Общее количество дрожжевых клеток <i>Saccharomyces cerevisiae</i> расы «Ивановская» в сброженной заварке $Y_4 \cdot 10^6$, ед/г	Количество мертвых дрожжевых клеток <i>Saccharomyces cerevisiae</i> расы «Ивановская» в сброженной заварке Y_5 , %	Подъемная сила сброженной заварки Y_6 , мин
1	2767,1 · 10 ⁶	47	13,5	256,6 · 10 ⁶	3,6	18
2	2904,4 · 10 ⁶	38	14,2	231,1 · 10 ⁶	8,7	23
3	3015,2 · 10 ⁶	35	14,5	157,8 · 10 ⁶	10,4	37
4	2806,3 · 10 ⁶	43	13,8	136,1 · 10 ⁶	18,9	42
5	2391,5 · 10 ⁶	55	12,1	227,7 · 10 ⁶	3,1	20
6	2656,6 · 10 ⁶	51	12,8	198,4 · 10 ⁶	7,1	28
7	2950,0 · 10 ⁶	37	14,2	211,0 · 10 ⁶	8,3	25
8	2880,4 · 10 ⁶	43	13,8	186,1 · 10 ⁶	14,3	32
9	2093,3 · 10 ⁶	59	11,4	208,8 · 10 ⁶	2,9	23
10	2313,0 · 10 ⁶	56	12,0	180,9 · 10 ⁶	4,9	30
11	2847,7 · 10 ⁶	44	13,7	206,1 · 10 ⁶	7,5	26
12	2786,1 · 10 ⁶	47	13,4	201,2 · 10 ⁶	12,9	38

варки в процессе планирования и проведения эксперимента, представлены в Таблице 4.

В результате обработки экспериментальных данных получены зависимости (1–6) для расчета показателей биотехнологических свойств сброженной ржаной заварки от содержания охлажденной термофильной заквашенной заварки, продолжительности и температуры сбраживания, которые имеют вид:

$$Y_1 = (2343,75 - 11,43 \cdot X_1 + 2,35 \cdot X_2 + 0,016 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,076 \cdot X_2 \cdot X_3) \cdot 10^6, \quad (1)$$

$$Y_2 = 63,54 + 0,21 \cdot X_1 - 0,089 \cdot X_2 + 0,0026 \cdot X_2 \cdot X_3, \quad (2)$$

$$Y_3 = 11,85 - 0,041 \cdot X_1 + 0,0087 \cdot X_2 + 0,000046 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,00027 \cdot X_1 \cdot X_2, \quad (3)$$

$$Y_4 = (355,26 - 0,3 \cdot X_2 - 3,36 \cdot X_3 + 0,0032 \cdot X_1 \cdot X_2) \cdot 10^6, \quad (4)$$

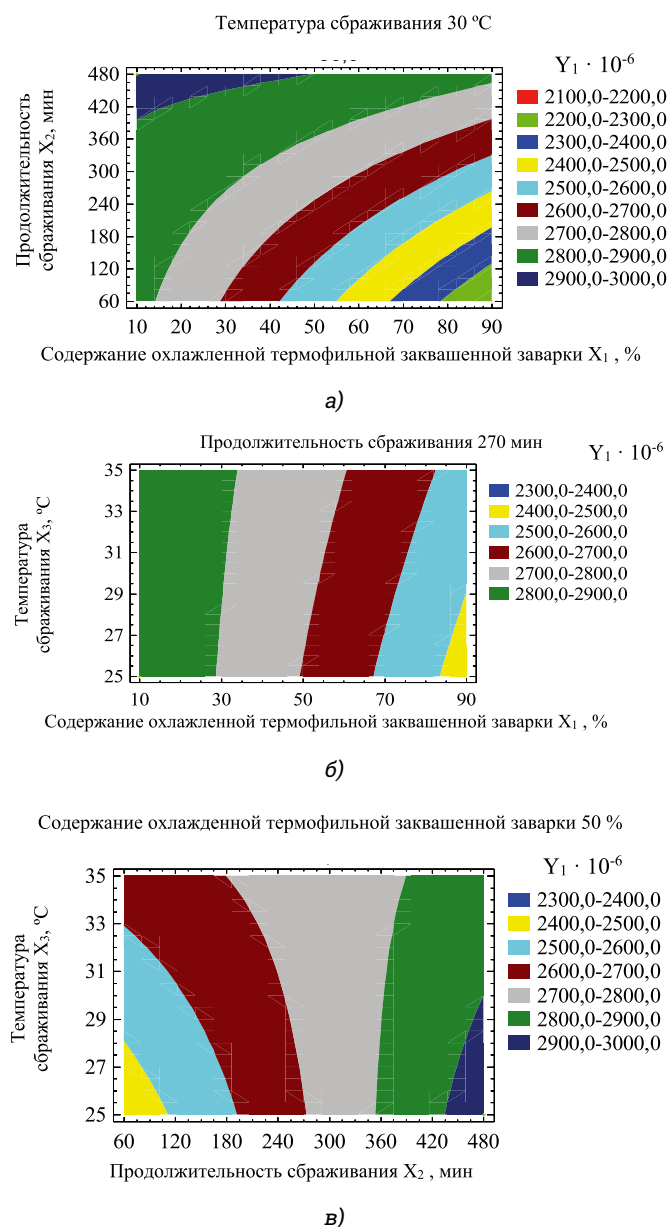
$$Y_5 = -9,93 + 0,059 \cdot X_1 - 0,001 \cdot X_2 + 0,52 \cdot X_3 - 0,0039 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,0007 \cdot X_2 \cdot X_3, \quad (5)$$

$$Y_6 = 9,36 + 0,034 \cdot X_2 + 0,37 \cdot X_3 - 0,0004 \cdot X_1 \cdot X_2. \quad (6)$$

Для выяснения сущности протекания процесса сбраживания жидкой ржаной заварки и установления закономерностей и технологических параметров для дискретного режима производства сортов заварного хлеба построены проекции поверхностей отклика показателей ее биотехнологических свойств от влияющих параметров (факторов). На Рисунке 2 приведены проекции поверхностей отклика для общего количества мезофильных молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* штамма И-35 («Ивановские») в сброженной заварке. При температуре сбраживания 30 °С, опираясь на имеющийся практический опыт, необходимое общее количество мезофильных молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* штамма И-35 («Ивановские») в диапазоне (2400–2600) · 10⁶ ед/г достигается при использовании охлажденной термофильной заквашенной заварки в количестве от 42 % до 68 % от массы сброженной заварки текущей стадии и при продолжительности сбраживания 60 мин. Это же количество микроорганизмов может быть достигнуто и при использовании максимального количества охлажденной термофильной заквашенной заварки (90 %), что требует одновременного увеличения продолжительности сбраживания до диапазона (215–330) мин (Рисунок 2 (а)). Анализ зависимостей на Рисунке 2 (б) позволяет заключить, что при такой значительной продолжительности процесса сбраживания возможно

Рисунок 2

Проекции поверхностей отклика общего количества мезофильных молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* штамма И-35 («Ивановские») в сброженной заварке (Y_1) при варьировании технологических параметров



поддержание температуры во всем интервале рассматриваемого диапазона, то есть от 25 °С до 35 °С. Существует возможность регулировать продолжительность процесса сбраживания при использовании традиционного количества охлажденной термофильной заварки (50,0 %) в диапазоне от 60 мин до 215 мин при одновременном варьировании температуры от 25 °С до 33 °С (Рисунок 2 (в)).

Создаваемые условия для культивирования микроорганизмов влияют на их жизнеспособность, которая для

мезофильных молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* штамма И-35 («Ивановские») характеризуется их активностью и кислотностью сброженной заварки. Увеличение содержания охлажденной термофильной заварки в составе сброженной заварки приводит к увеличению показателя активности рассматриваемых молочнокислых бактерий, то есть к ее ухудшению. Увеличение температуры и продолжительности сбраживания в рассматриваемом диапазоне приводит к улучшению активности мезофильных молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* штамма И-35 («Ивановские»), то есть к снижению этого показателя. Улучшение активности микроорганизмов закономерно способствует более активному кислотонакоплению в рассматриваемом полуфабрикате, что отражается в динамичном росте показателя кислотности.

В то же время в сброженной заварке осуществляется культивирование дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* расы «Ивановская», жизнедеятельность которых обеспечивает процесс газообразования полуфабрикатов и, как следствие, обеспечение структуры пористости сортов заварного хлеба.

Анализ зависимостей (4–6) показателей биотехнологических свойств сброженной заварки, характеризующих жизнедеятельность культивируемых дрожжевых клеток показывает, что продолжительность сбраживания может изменяться в диапазоне от 60 мин до 240 мин. Увеличение продолжительности сбраживания приводит к существенному росту мертвых дрожжевых клеток. К такому же эффекту приводит и увеличение температуры сбраживания более 31 °С.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют заключить, что ряд порций сброженной заварки, направляемой в расходную емкость, не соответствуют существующим рекомендациям^{14,15,16} по соотношению между дрожжевыми клетками и молочнокислыми бактериями (показатель находится на уровне ниже, чем 1:10), содержанию мертвых дрожжевых клеток (показатель составляет более 5,0 % от общего количества дрожжевых клеток),

¹⁴ Колосовская, Л. С. (2011). Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий. Бизнесофсет.

¹⁵ Карнышова, Л. В. & Севастей, Л. И. (2008). Методические указания по проведению испытаний качества полуфабрикатов хлебопекарного производства. Белтехнохлеб.

¹⁶ Старовойтова, А. И., Базан, А. И., Фидаров, Ф. М. & Федоренчик, Л. А. (2002). Методические указания по проведению санитарно-микробиологического контроля на хлебопекарных предприятиях. Белтехнохлеб.

кислотности (показатель составляет более 13,0 град.) и подъемной силе (показатель превышает 25 мин).

Исследованиями выявлено, что на динамику количественного состава культивируемых микроорганизмов оказывает влияние соотношение между сброженной заваркой предыдущей стадии приготовления и охлажденной термофильной заквашенной заваркой, продолжительность и температура сбраживания. Так при увеличении содержания охлажденной термофильной заквашенной заварки на текущей стадии сбраживания (более 60 %), продолжительности сбраживания (более 180 мин) и температуры сбраживания (более 30 °C) увеличивается общее количество молочнокислых бактерий, соотношение между микроорганизмами в сторону молочнокислых бактерий и их активность. Использование в составе сброженной заварки на текущей стадии от 10 % до 40 % охлажденной термофильной заквашенной заварки, продолжительности сбраживания от 60 мин до 180 мин и температуры (25–30) °C позволяет активировать развитие дрожжевых клеток, что отражается в увеличении их общего количества, снижении соотношения их с молочнокислыми бактериями в сторону дрожжевых клеток и количества мертвых дрожжевых клеток. Представленная тенденция обусловлена известной закономерностью развития дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий при влиянии температуры, продолжительности брожения и наличия питательных веществ и согласуется с некоторыми положениями Л. И. Кузнецовой, Н. Д. Синявской, О. В. Афанасьевой, Е. Г. Фленовой¹⁷.

Разные биотехнологические свойства порций сброженной заварки влияют на процессы кислотонакопления и газообразования в порциях теста, приготавливаемых с использованием данного полуфабриката, что будет требовать внесения корректирующих мероприятий на более поздних стадиях технологического процесса. Это не всегда представляется возможным и в большинстве случаев является неэффективным. Такая ситуация наблюдается и при приготовлении сброженной заварки в производственном цикле на других хлебопекарных предприятиях Республики Беларусь. Следствием реализации такого производственного цикла являются многочисленные дефекты сброженной заварки, устранение которых требует оперативных корректирующих мероприятий, которые не всегда осуществимы на текущей стадии производственного цикла и малоэффективны в дискретном режиме (Акулич & Самуйленко, 2020; Самуйленко & Акулич, 2020; Самуйленко & Акулич, 2021).

Таким образом, результаты проведенных исследований подтверждают, что биотехнологические свойства сбро-

женной заварки в дискретном режиме производства сортов заварного хлеба преимущественно обусловлены изменением количественного и качественного состава рассматриваемого полуфабриката, технологических параметров его приготовления. Реализация непрерывного производственного цикла приготовления сброженной заварки, полученной с использованием осахаренной заварки и термофильной заквашенной заварки, в дискретном режиме должна базироваться на научно обоснованном подходе к регулированию состава и технологических параметров приготовления названного полуфабриката в современных условиях производства. Стоит отметить, что исследования в этой области в настоящее время отсутствуют.

Анализ результатов исследования, представленных на Рисунке 2, позволяет заключить, что на биотехнологические свойства сброженной заварки наибольшее влияние оказывает продолжительность сбраживания (X_2 , мин). В некоторых случаях, наблюдается совместное влияние продолжительности сбраживания (X_2 , мин) и содержания охлажденной термофильной заквашенной заваркой (X_1 , %), или температуры сбраживания (X_3 , °C). Это связано с тем, что продолжительность сбраживания обуславливает жизненный цикл культивируемых микроорганизмов: период адаптации к новым условиям, период активного размножения, в котором превалирует количество жизнеспособных клеток над мертвыми, период стабилизации между количеством жизнеспособных клеток и мертвых клеток, период снижения активности микроорганизмов и их гибель. Этот факт подтверждается исследованиями и других ученых¹⁸. Динамика этого процесса и смещение ее во временном диапазоне обусловлена, с одной стороны, содержанием используемой охлажденной термофильной заквашенной заварки в составе сброженной заварки, а с другой стороны, диапазоном используемой температуры сбраживания.

Как известно, ведущая роль в технологии сброженной заварки, используемой для производства сортов заварного хлеба, отведена молочнокислым бактериям. Их жизнедеятельность обеспечивает накопление необходимого количества, в первую очередь, веществ кислой реакции, которые обуславливают реологические свойства как полуфабрикатов, так и сортов заварного хлеба. Кроме того, молочнокислые бактерии являются продуцентами вкусо-ароматических веществ, которые обеспечивают уникальность сортов заварного хлеба, вырабатываемых хлебопекарными предприятиями Республики Беларусь. Внесение охлажденной термофильной заквашенной заварки менее рекомендуемых по традиционной технологии 50 % в сброженную заварку

¹⁷ Кузнецова, 2003; ¹⁸ Афанасьева, О. В. (2003). *Микробиология хлебопекарного производства*.

¹⁸ Афанасьева, О. В. (2003). *Микробиология хлебопекарного производства*.

приводит к более динамичным процессам кислотонакопления и газообразования за более короткую продолжительность сбраживания. При внесении охлажденной термофильной заквашенной заварки более 50 % в сброженную заварку происходит замедление этих процессов и необходимость проведения процесса сбраживания более длительный период. Этот факт учитывается только на практике при производстве отдельного ассортимента¹⁹, но четкой взаимосвязи между использованием определенного количества охлажденной термофильной заквашенной заварки и продолжительностью процесса сбраживания в таких условиях ранее выявлено не было.

Результаты исследований о развитии молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* штамма И-35 («Ивановские») в сброженной заварке в дискретном режиме показывают, что стабильная их жизнедеятельность отмечается при использовании охлажденной термофильной заквашенной заварки в составе сброженной заварки от 40 % до 70 % от массы полуфабриката текущей стадии, температуры сбраживания от 25 °С до 33 °С, продолжительности сбраживания не более 240 мин. В то же время дрожжевые клетки *Saccharomyces cerevisiae* расы «Ивановская» в сброженной заварке стабильно развиваются при температуре от 25 °С до 31 °С и рациональном количестве используемой в производственном цикле охлажденной термофильной заквашенной заварки от 40 % до 78 % от массы сброженной заварки текущей стадии.

Комплексная оценка влияния всех технологических параметров на одновременную стабилизацию жизнедеятельности дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* расы «Ивановская» и мезофильных молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* штамма И-35 («Ивановские»), сохранение соотношения между ними не менее 1:10 и, как следствие, стабильность процесса сбраживания, с учетом рациональной и согласованной работы заварочных отделений и хлебопекарных печей предприятий Республики Беларусь позволяет установить диапазоны изменения технологических параметров в дискретном режиме производства сортов заварного хлеба:

- (1) содержание охлажденной термофильной заквашенной заварки, используемой для приготовления в составе сброженной заварки в производственном цикле, от 40 % до 70 % от массы сброженной заварки текущей стадии;
- (2) продолжительность сбраживания жидкой ржаной заварки, от 120 мин до 240 мин;
- (3) температура сбраживания жидкой ржаной заварки, от 25 °С до 30 °С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение процесса сбраживания жидких ржаных заварок и определение технологических параметров их приготовления для дискретного режима работы хлебопекарных предприятий позволяет устранить существенный пробел в знаниях по технологии отдельных сортов заварного хлеба из ржаной муки и смеси ржаной и пшеничной муки, возникший с учетом современного состояния и развития хлебопекарной отрасли Республики Беларусь.

Исследованиями установлено, что изменение технологических параметров приготовления сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки в дискретном режиме производства сортов заварного хлеба обуславливает нестабильность количественного и качественного состава культивируемых микроорганизмов, показателей качества сброженной заварки и, как следствие, состояние ее готовности и целесообразности использования далее в процессе тестоприготовления.

Выявлены зависимости изменения биотехнологических свойств сброженной заварки (количественного состава молочнокислых бактерий и дрожжевых клеток, их активности, кислотности, подъемной силы) от содержания охлажденной термофильной заквашенной заварки, продолжительности и температуры сбраживания. Установлено, что содержание охлажденной термофильной заквашенной заварки, используемой для приготовления сброженной заварки в дискретном режиме производства сортов заварного хлеба, составляет от 40 % до 70 % от массы сброженной заварки текущей стадии, продолжительность сбраживания – от 120 мин до 240 мин, температура сбраживания – от 25 °С до 30 °С.

Полученные новые данные позволяют прогнозировать биотехнологические свойства сброженной заварки в дискретном режиме производства сортов заварного хлеба, рационально регулировать технологические параметры приготовления данного полуфабриката, а их применение в производственном цикле позволяет существенно повысить культуру технологического процесса, минимизировать влияние субъективных факторов.

Оптимальные диапазоны технологических параметров процесса сбраживания в дискретном режиме производства отдельных сортов заварного хлеба могут быть использованы в разработке автоматизированного количественного учета сброженной заварки в современных постоянно изменяющихся условиях производства.

¹⁹ Колосовская, Л. С. (2011). Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий.

ВКЛАД АВТОРОВ

Акулич А.В.: задумал и разработал анализ, разработал методологию и ее анализ, предоставил данные и инструменты анализа, провел анализ, написал статью.

Самуйленко Т.В.: задумала и разработала анализ, разработала методологию и ее анализ, предоставила данные и инструменты анализа, провела анализ, написала статью.

ЛИТЕРАТУРА

- Акулич, А. В., & Самуйленко, Т. Д. (2020). Анализ производственного цикла заварочных отделений хлебопекарных предприятий Республики Беларусь. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (4), 126–138. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.i4>.
- Аширова, Ю. А., & Цыганова, Т. Б. (2009). Технология ржаных полуфабрикатов с применением послеспиртовой барды из топинамбура. *Хлебопродукты*, (11), 44–46.
- Богатырева, Т. Г., Юматова, Н. П., & Миронова, А. А. (2008). Использование закваски на тритикалевой муке при производстве ржано-пшеничного хлеба. *Кондитерское и хлебопекарное производство*, (8), 23–25.
- Гуринова, Т. А., Самуйленко, Т. Д., & Назаренко, Е. А. (2013). Исследование технологического процесса приготовления сброженных заварок в постоянно изменяющихся условиях работы хлебопекарных предприятий. *Вестник Могилевского государственного университета продовольствия*, 2(15), 9–13.
- Ибрагимов, С. И., Римарева, Л. В., & Погоржельская, Н. С. (2006). Особенности условий культивирования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на питательных средах, сконструированных на основе пшеничного сусла и спиртовой барды. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (6), 44–47.
- Корячкина, С. Я., & Березина, Н. А. (2001). Использование нетрадиционного сырья при производстве ржаных заквасок. *Известия вузов. Пищевая технология*, (4), 99.
- Корячкина, С. Я., Березина, Н., & Бобров, А. (2007). Разработка способа активации ржаных заквасок. *Хлебопродукты*, (12), 58–59.
- Кузнецова, Л. И., Синявская, Н. Д., Афанасьева, О. В., & Фленова, Е. Г. (2003). *Производство заварных сортов хлеба с использованием ржаной муки*. СПб филиал ГосНИИХП.
- Локачук, М. Н., Савкина, О. А., Павловская, Е. Н., Фролова, Ю. М., & Кузнецова, Л. И. (2021). Фунгицидная активность заквасочных лактобацилл. *Хлебопечение России*, (3), 26–32.
- Локачук, М. Н., Савкина, О. А., Хлесткин, В. К., Кузнецова, Л. И., Павловская, Е. Н., & Парахина, О. И. (2021). Состав микробных сообществ спонтанных густых ржаных заквасок. *Хлебопечение России*, (2), 50–55.
- Малютин, Т. Н., Дерканосова, Н. М., & Гинс, В. К. (2003). Использование пюре из ячменя при производстве жидкой ржаной закваски. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (11), 82–84.
- Парахина, О. И., Кузнецова, Л. И., Савкина, О. А., Локачук, М. Н., Гаврилова, Т. А., Павловская, Е. Н., & Барсукова, Т. Т. (2021). Разработка сухой микробной композиции на основе безглютенового сырья. *Хлебопечение России*, (3), 33–39.
- Пашенко, Л. П. (2003). Применение чечевичной муки в производстве жидких дрожжей. *Известия вузов. Пищевая технология*, (2–3), 48–51.
- Пашенко, Л. П. (2004). Жидкие закваски с применением нутовой муки. *Хлебопечение России*, (6), 14–15.
- Пашенко, Л. П., Дерканосова, Н. М., & Ивкина, Н. В. (1984). Применение гидролизатов хлебной крошки в жидких ржаных заквасках. *Хлебопекарная и кондитерская промышленность*, (3), 31–33.
- Пашенко, Л. П., Никитин, И. А., & Парченко, О. С. (2004). Экструдированная композиция как компонент питательной смеси жидких биологических разрыхлителей. *Хлебопечение России*, (5), 26–28.
- Поландова, Р. Д. (2001). Приготовление жидких дрожжей на мучной осахаренной заварке. *Хлебопечение России*, (6), 26–27.
- Поландова, Р. Д., & Богатырева, Т. Г. (2000). Современные технологии приготовления жидких дрожжей на хлебопекарных предприятиях. *Хлебопечение России*, (4), 18–19.
- Поландова, Р. Д., Быковченко, Т. В., & Логачева, Л. С. (2004). Приготовление жидких дрожжей на хлебопекарных предприятиях: проблемы и пути их решения. *Хлебопечение России*, (4), 12–13.
- Савкина, О. А., Кузнецова, Л. И., Павловская, Е. Н., Локачук, М. Н., & Парахина, О. И. (2021). Стартовые композиции для приготовления разных видов заквасок. *Хлебопечение России*, (6), 41–44.
- Самуйленко, Т. Д., & Акулич, А. В. (2020). Исследование процесса осахаривания ржаных заварок в техноло-

- гии заварного хлеба при дискретном режиме производства. *Health, Food & Biotechnology*, 2(2), 60–74. <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i2.s342>
- Самуйленко, Т. Д., & Акулич, А. В. (2021). Технологии сброженной заварки в дискретном режиме производства заварных сортов хлеба.
- Твердохлеб, Л. Л., & Ким, Л. В. (1982). Интенсивность брожения ржаного теста при обработке закваски ультразвуком. *Хлебопекарная и кондитерская промышленность*, (6), 32–34.
- Шестаков, С. Д., & Волохова, Т. П. (2001). Технология активации хлебопекарных дрожжей с применением метода кавитационной дезинтеграции. *Хлебопечение России*, (4), 39–40.
- Cauvain, S. P. (2017). *Baking problems solved*. Woodhead Publishing.
- Decock, P., & Cappelle, S. (2005). Bread technology and sourdough technology. *Trends in Food Science & Technology*, 16, 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.04.012>
- Galanakis, C. (2020). *Trends in wheat and bread making*. Academic Press.
- Preedy, V. R., & Watson, R. R. (2019). *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*. Academic Press.
- Torrieri, E., Pepe, O., Ventrino, V., Masi, P., & Cavella, S. (2014). Effect of sourdough at different concentrations on quality and shelf life of bread. *LWT – Food Science and Technology*, 56, 508–516. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.005>
- ## REFERENCES
- Akulich, A.V., & Samuilenko, T. D. (2020). Analysis of the production cycle of fermentation rooms of bakery enterprises of the Republic of Belarus. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], (4), 126–138. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.i4>
- Akulich, A.V., Samuilenko, T. D., & Timakova, R. T. (2021). Development of the component composition of dry composite mixtures for national types of bread of improved nutritional value. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], (4), 158–171. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.240>
- Ashirova, Yu. A., & Tsyganova, T. B. (2009). The technology of rye semi-finished products with the use of post-alcohol Jerusalem artichoke bards. *Hlebo produkty* [Bread products], (11), 44–46.
- Bogatyreva, T. G., Yumatova, N. P. & Mironova, A. A. (2008). The use of sourdough on tritical flour in the production of rye-wheat bread. *Konditerskoe i hlebopekarnoe proizvodstvo* [Confectionery and bakery production], (8), 23–25.
- Gurina, T. A., Samuilenko, T. D., & Nazarenko, E. A. (2013). Investigation of the technological process of preparation of fermented brews in the constantly changing working conditions of bakery enterprises. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [Bulletin of the Mogilev State University of Food], 2(15), 9–13.
- Ibragimova, S. I., Rimareva, L. V. & Pogorzelskaya, N. S. (2006). Features of the conditions for the cultivation of yeast *Saccharomyces cerevisiae* on nutrient media constructed on the basis of wheat wort and alcohol bard. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], (6), 44–47.
- Koryachkina, S. Ya. & Berezina, N. A. (2001). The use of unconventional raw materials in the production of rye starter cultures. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [News about universities. Food technology], (4), 99.
- Koryachkina, S. Ya., Berezina, N. & Bobrov, A. (2007). Development of a method for activating rye starter cultures. *Hlebo produkty* [Bread products], (12), 58–59.
- Kuznetsova, L. I., Sinyavskaya, N. D., Afanas'eva, O. V., & Flenova, E. G. (2003). *Proizvodstvo zavarnykh sortov hleba s ispol'zovaniem rzhanoj muki* [Production of custard breads using rye flour]. St. Petersburg branch of GosNIIKHP.
- Lokachuk, M. N., Savkina, O. A., Pavlovskaya, E. N., Frolova, Yu. M., & Kuznetsova, L. I. (2021). Fungicidal activity of starter lactobacilli. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery of Russia], (3), 26–32.
- Lokachuk, M. N., Savkina, O. A., Khlestkin, V. K., Kuznetsova, L. I., Pavlovskaya, E. N., & Parakhina, O. I. (2021). The composition of microbial communities of spontaneous thick rye starter cultures. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery of Russia], (2), 50–55.
- Malyutina, T. N., Derkanosova, N. M. & Gins, V. K. (2003). The use of yacon puree in the production of liquid rye sourdough. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], (11), 82–84.
- Parakhina, O. I., Kuznetsova, L. I., Savkina, O. A., Lukashuk, M. N., Gavrilova, T. A., Pavlovskaya, E. N., & Barsukova, T. T. (2021). Development of a dry microbial composition based on gluten-free raw materials. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery of Russia], (3), 33–39.
- Pashchenko, L. P. (2003). The use of lentil flour in the production of liquid yeast. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [News about universities. Food technology], (2–3), 48–51.

- Pashchenko, L. P. (2004). Liquid starter cultures using chick-pea flour. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery of Russia], (6), 14–15.
- Pashchenko, L. P., Derkanosova, N. M. & Ivkina, N. V. (1984). The use of breadcrumb hydrolysates in liquid rye ferments. *Hlebopekarnaya i konditerskaya promyshlennost'* [Bakery and Confectionery Industry], (3), 31–33.
- Pashchenko, L. P., Nikitin, I. A. & Parchenko, O. S. (2004). The extruded composition as a component of a nutrient mixture of liquid biological leavening agents. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery of Russia], (5), 26–28.
- Polandova, R. D. (2001). Preparation of liquid yeast on flour sugar-coated tea leaves. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery of Russia], (6), 26–27.
- Polandova, R. D. & Bogatyreva, T. G. (2000). Modern technologies for the preparation of liquid yeast at bakeries. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery of Russia], (4), 18–19.
- Polandova, R. D., Bykovchenko, T. V. & Logacheva, L. S. (2004). Preparation of liquid yeast at bakeries: problems and ways to solve them. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery of Russia], (4), 12–13.
- Savkina, O. A., Kuznetsova, L. I., Pavlovskaya, E. N., Lukashuk, M. N., & Parakhina, O. I. (2021). Starter compositions for the preparation of different types of starter cultures. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery of Russia], (6), 41–44.
- Samuylenko, T. D., & Akulich, A.V. (2020). Investigation of the process of saccharification of rye brews in the technology of custard bread with a discrete production mode. *Health, Food & Biotechnology*, 2(2), 60–74. <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i2.s342>
- Samuylenko, T. D., & Akulich, A.V. (2021). *Tekhnologii sbrozhenoj zavarki v diskretnom rezhime proizvodstva zavarnyh sortov hleba* [Technologies of fermented brewing in the discrete mode of production of custard bread varieties].
- Tverdokhlebl, L. L. & Kim, L. V. (1982). The intensity of fermentation of rye dough during the treatment of sourdough with ultrasound. *Hlebopekarnaya i konditerskaya promyshlennost'* [Bakery and Confectionery industry], (6), 32–34.
- Shestakov, S. D. & Volokhova, T. P. (2001). The technology of activation of baking yeast using the method of cavitation disintegration. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery of Russia], (4), 39–40.
- Cauvain, S. P. (2017). *Baking problems solved*. Woodhead Publishing.
- Decock, P., & Cappelle, S. (2005). Bread technology and sourdough technology. *Trends in Food Science & Technology*, 16, 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.04.012>
- Galanakis, C. (2020). *Trends in wheat and bread making*. Academic Press.
- Preedy, V. R., & Watson, R. R. (2019). *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*. Academic Press.
- Torrieri, E., Pepe, O., Ventrino, V., Masi, P., & Cavella, S. (2014). Effect of sourdough at different concentrations on quality and shelf life of bread. *LWT – Food Science and Technology*, 56, 508–516. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.005>