

УДК 664.64

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЖИДКИХ РЖАНЫХ ЗАВАРОК В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ЦИКЛЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И СВОЙСТВ

Т. Д. Самуйленко, А. В. Акулич

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Актуальной является информатизация управления производственным циклом приготовления жидких ржаных заварок при производстве заварного хлеба, что определило цель исследования. Однако для разработки соответствующего информационного обеспечения необходимы данные о показателях биотехнологических свойств заварок на всех этапах реализации технологического плана. Общая научная задача исследования – измерение и систематизация данных о показателях биотехнологических свойств жидких ржаных заварок в дискретном режиме процесса производства заварного хлеба при условии обеспечения его стабильности.

Материалы и методы. Сброженные заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки. Производственный цикл приготовления заварок планировали с использованием программного приложения Excel к Microsoft Office для технологического расчета в автоматизированном режиме. Заварки исследованы по органолептическим, физико-химическими, микробиологическим и технологическим показателям с использованием классических методов анализа для полуфабрикатов хлебопекарной отрасли.

Результаты. Установлены показатели биотехнологических свойств сброженной ржаной заварки, приготовленной с использованием автоматизированного технологического плана. Выявлено, что заварка полностью соответствует требованиям действующих технологических инструкций на каждой стадии ее получения. Показатели биотехнологических свойств заварок являются стабильными в ходе реализации производственного цикла в заявленный промежуток времени.

Выводы. Использование информационных технологий для разработки автоматизированного технологического плана приготовления жидких ржаных заварок позволяет обеспечить заданные их биотехнологические свойства и оперативно управлять технологическим циклом с учетом заявок торговых сетей на выбранный ассортимент заварного хлеба.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *информационные технологии; хлебопекарная отрасль; дискретный режим; заварной хлеб; жидкие ржаные заварки; производственный цикл; единая методика технологического расчета; биотехнологические свойства.*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Самуйленко, Т. Д. Автоматизированный технологический расчет жидких ржаных заварок в производственном цикле для обеспечения стабильности их показателей и свойств / Т. Д. Самуйленко, А. В. Акулич // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2024. – № 2(37). – С. 24–34.

AUTOMATED TECHNOLOGICAL CALCULATION OF LIQUID RYE SOURDOUGH STARTERS IN THE PRODUCTION CYCLE FOR ENSURING THE STABILITY OF THEIR PARAMETERS AND PROPERTIES

T. D. Samuylenko, A. V. Akulich

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

ABSTRACT

Introduction. The need for information management in the production cycle for preparing liquid rye sourdoughs in sourdough bread production is currently relevant, which has determined the goal of this research. However, the development of appropriate information support requires data on the indicators of biotechnological properties of sourdoughs at all stages of the technological plan's implementation. The

overarching scientific objective of this study is to measure and systematize data on the indicators of the biotechnological properties of liquid rye sourdoughs in a discrete production mode of sourdough bread, ensuring process stability.

Materials and methods. Fermented sourdoughs based on saccharified and thermophilic fermented sourdough were developed. The production cycle for preparing the sourdoughs was planned using Microsoft Office Excel software for automated technological calculations. The sourdoughs were analyzed according to organoleptic, physicochemical, microbiological, and technological parameters using classical analysis methods for semi-finished products in the bakery industry.

Results. The indicators of the biotechnological properties for fermented rye sourdough produced under an automated technological plan, have been determined. It was found that the sourdough fully complies with the requirements of current technological instructions at each stage of its production. These biotechnological properties indicators exhibit stability throughout the production cycle over a defined period of time.

Conclusions. The use of information technology for developing an automated technological plan for liquid rye sourdoughs production allows for efficient management of the technological cycle, taking into account requests from retail networks for a selected range of sourdough bread products.

KEY WORDS: *information technology; bakery industry; discrete mode, sourdough bread; liquid rye sourdoughs; production cycle; unified methodology of technological calculation; biotechnological properties.*

FOR CITATION: Samuylenko, T. D. Automated technological calculation of liquid rye sourdoughs in the production cycle for ensuring the stability of their parameters and properties / T. D. Samuylenko, A. V. Akulich // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies: scientific and methodical journal. – 2024. – № 2(37). – P. 24–34.

ВВЕДЕНИЕ

Хлебопекарная отрасль на современном этапе своего развития является весьма динамичной и характеризуется количественными и качественными ежесуточными изменениями. Система производства хлебобулочных изделий включает в себя материально-техническое, информационное, организационное, научное обеспечение, которые постоянно развиваются как отдельно, так и в системе в целом. Отпечаток на отрасль накладывают и современные тенденции превалирования научной и информационной деятельности в технологических процессах. Информационные технологии стали неотъемлемой частью производственной деятельности, значение которых растет постоянно и оказывает существенное влияние на эффективность производства. Использование информационных технологий позволяет сочетать инженерные, технологические и научные решения как по отдельности, так и в комплексе.

Основной задачей любого производства, в том числе и хлебопекарной отрасли, является рациональное использование энергетических и материальных ресурсов [1]. Применение современных инновационных технологий в производстве становится особенно актуальным, а обеспечение количественного, качественного учета и контроля на всех его стадиях является приоритетным.

Следует отметить, что в хлебопекарной отрасли еще только начинается процесс внедрения автоматизированных систем по сбору, обработке и хранению информации. Большинство технологических расчетов до сих пор осуществляются вручную, особенно на предприятиях средней и малой мощности. Информация о сырьевых компонентах, их качественных изменениях, выпускаемом ассортименте, технологиях приготовления и их особенностях в зависимости от режима производства не систематизирована. Это вызывает трудности при реализации технологических процессов в современных условиях производства и снижает конкурентную способность готовой продукции.

В современных условиях развития хлебопекарной отрасли Республики Беларусь одним из сложных и трудоемких технологических процессов является приготовление жидких ржаных заварок, используемых в качестве основы при производстве заварного хлеба из ржаной муки

и смеси ржаной и пшеничной муки. Производственный цикл приготовления жидких ржаных заварок должен реализовываться в непрерывном режиме, в то время как производство заварного хлеба осуществляется в дискретном режиме. Такое противоречие существенно сказывается на количественном и качественном учете и контроле постадийного приготовления как самих используемых полуфабрикатов, так и готовой продукции.

На хлебопекарных предприятиях Республики Беларусь для производства заварного хлеба используются разные виды жидких ржаных заварок: осахаренная заварка, мезофильная заквашенная заварка на основе осахаренной заварки, термофильная заквашенная заварка на основе осахаренной заварки, сброженная заварка на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки. Они могут приготавливаться как последовательно, так и параллельно. Кроме того, при производстве отдельного ассортимента заварного хлеба может быть использовано несколько жидких ржаных заварок одновременно. Такой технологический процесс является основным проблемным моментом количественного и качественного учета отдельных этапов производственного цикла жидких ржаных заварок.

Стоит отметить, что применение инновационных адаптированных подходов в технологии жидких ржаных заварок в дискретном режиме производства заварного хлеба полноценно невозможно без своевременного контроля количественных и, как следствие, качественных показателей рассматриваемых полуфабрикатов на каждой стадии непрерывного цикла их приготовления. В настоящее время обеспечение, контроль и обработка данных производственного цикла приготовления жидких ржаных заварок осуществляется преимущественно вручную. Процесс этот сложный, трудоемкий, требует значительных временных затрат. Поэтому актуальным становится необходимость в автоматизированном сопровождении этого этапа технологического процесса.

В литературных источниках встречаются некоторые предложения по разработке программных продуктов, позволяющих проводить технологические расчеты и осуществлять учет расхода ресурсов в целом [1–6]. К недостаткам таких разработок можно отнести следующие:

- не рассмотрено влияние используемых информационных технологий на биотехнологические свойства полуфабрикатов, показатели качества и потребительские свойства хлебобулочных изделий;

- используются преимущественно в экономической и бухгалтерской области функционирования хлебопекарных предприятий и не направлены на регулирование технологического процесса производства;

- не позволяют осуществлять технологический расчет и количественный учет на отдельных этапах производственного процесса;

- возможность технологического расчета только для определенного ассортимента;

- не учитываются технологические особенности заварного хлеба из ржаной муки и смеси ржаной и пшеничной муки на основе жидких ржаных заварок, приготавливаемых на группу ассортимента, заявленного для производства в течение текущих суток;

- предложенные программные продукты не учитывают особенности аппаратного оформления отделений по приготовлению жидких ржаных заварок (количество емкостей, их вместимость и др.), что не позволяет их распределять в производственном цикле;

- не учитываются особенности дискретного режима производства заварного хлеба (существующие разработки направлены преимущественно на круглосуточный режим производства);

- не могут быть адаптированы для приготовления других полуфабрикатов без внесения дополнительных корректирующих мероприятий или проведения исследований.

Стоит отметить, что сложность в применении информационных систем связана, с одной стороны, с существенными затратами при оптимизации ИТ-инфраструктуры, с другой

стороны, с отсутствием необходимых программных продуктов для отдельных технологических этапов [3, 7]. Кроме того, использование информационных систем в хлебопекарной отрасли замедляет и факт отсутствия детального математического представления как отдельных технологических процессов, так и их взаимосвязи между собой.

В Белорусском государственном университете пищевых и химических технологий разработан автоматизированный технологический расчет постадийного приготовления сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки. Данный расчет может использоваться как при круглосуточном, так и дискретном режиме производства заварного хлеба [8]. Предложенный расчет позволяет устанавливать количество полуфабрикатов на отдельных стадиях производственного цикла с учетом заявок торговых сетей на необходимый ассортимент хлеба на следующие сутки, распределять полуфабрикаты по стадиям производственного цикла, исключить влияние субъективных факторов на количественное движение полуфабрикатов в производственном цикле.

Объект исследований – сброженная заварка, полученная на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки.

Предмет исследования – биотехнологические свойства жидких ржаных заварок.

Цель исследования – информатизация управления производственным циклом приготовления жидких ржаных заварок при производстве заварного хлеба в дискретном режиме.

Научная задача – измерение и систематизация данных о показателях биотехнологических свойств жидких ржаных заварок в дискретном режиме процесса производства заварного хлеба при условии обеспечения его стабильности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Приготовление сброженной заварки, полученной на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки, осуществлялось с использованием технологического плана, полученного путем автоматизированного количественного расчета.

В качестве программного обеспечения использовано стандартное программное приложение Excel к Microsoft Office.

На каждой стадии производственного цикла исследованы порции жидких ржаных заварок (термофильной ржаной заварки на основе осахаренной заварки и сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки). Порции полуфабрикатов исследованы по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям, формирующими их биотехнологические свойства.

Пробы полуфабрикатов для определения влажности отбирались сразу после замеса. Органолептическая оценка полуфабрикатов произведена непосредственно сразу после отбора путем осмотра всей массы полуфабрикатов. В термофильной заквашенной и сброженной заварках определена консистенция, вкус и запах [9–12]. Кислотность полуфабрикатов определена методом титрования, подъемная сила – ускоренным методом [9–12]. Количественный учет дрожжей, молочнокислых бактерий и соотношение между ними проведено путем микроскопирования по методу Бургвица [9–13]. Для оценки активности молочнокислых бактерий использован классический метод М. П. Юргенсона и И. Ф. Романова (1958 г.), который основан на скорости изменения цвета красителя (с голубой окраски в бесцветную окраску) [14]. Количество мертвых дрожжевых клеток установлено путем смешивания полуфабриката с раствором метиленового синего с последующим микроскопированием (мертвые дрожжевые клетки при этом окрашиваются в синий цвет) [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении исследований смоделирована ситуация, при которой из торговой сети поступила следующая количественная и качественная заявка на заварные сорта хлеба,

приготавливаемые с использованием сброженной заварки, полученной на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки:

- хлеб «Прибалтийский» (заявка на текущие сутки составляет 2100 кг, заявка на следующие сутки 2200 кг);
- хлеб «Приднепровский» новый (заявка на текущие сутки составляет 1450 кг, заявка на следующие сутки 1340 кг);
- хлеб «Околица» (заявка на текущие сутки составляет 3400 кг, заявка на следующие сутки 3500 кг).

Величина расчетного выхода для хлеба «Прибалтийский» составляет 158,0 %, для хлеба «Приднепровский» новый – 142,6 %, для хлеба «Околица» – 144,4 %. В технологических инструкциях на представленный ассортимент содержится следующая информация по технологическому процессу приготовления сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки:

- количество муки ржаной сеяной, используемой для приготовления сброженной заварки, 14,8 % от массы муки по унифицированной рецептуре;
- количество солода ржаного сухого неферментированного, используемого для приготовления сброженной заварки, 4,0 % от массы муки по унифицированной рецептуре;
- количество пюре картофельного сухого, используемого для приготовления сброженной заварки, 3,5 % от массы муки по унифицированной рецептуре;
- массовая доля влаги составляет соответственно: муки ржаной сеяной – 12,2 %, ржаного сухого неферментированного солода – 9,8 %, пюре картофельного сухого – 11,0 %;
- массовая доля влаги сброженной заварки составляет 74,0 %;
- плотность сброженной заварки 0,8 кг/л;
- продолжительность осахаривания заварки составляет 180 мин, заквашивания осахаренной заварки 180 мин, охлаждения термофильной заквашенной заварки 180 мин и сбраживания охлажденной термофильной заквашенной заварки 180 мин.

Режим работы хлебопекарных печей в течение суток по выпуску заварного хлеба устанавливается на уровне 15 ч с учетом их часовой производительности. Количество производственных емкостей для приготовления сброженной заварки: для осахаривания принимается 1 емкость, для заквашивания – 2 емкости, для охлаждения термофильной заквашенной заварки – 1 емкость, для сбраживания – 2 емкости.

На основании смоделированной ситуации осуществлен автоматизированный количественный расчет и получен вариант технологического плана постадийного приготовления сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки, представленный на рисунке 1.

Приготовление сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки осуществляется с учетом технологического плана, представленного на рисунке 1 и смоделированного в лабораторных условиях в соотношении 1:1000 по объему приготавливаемых полуфабрикатов. Таким образом, на момент формирования заявки на следующие сутки (на 27.08.2022 г.) к 20.00 в емкостях находится следующее количество полуфабрикатов:

- сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки 1396 мл, то есть в каждой емкости № 5 и № 6 по 698 мл (рисунок 1, колонки 10 и 11);
- охлажденной термофильной заквашенной заварки 672 мл в емкости № 4 (рисунок 1, колонка 9);
- термофильной заквашенной заварки на основе осахаренной заварки 1396 мл, то есть в каждой емкости № 2 и № 3 по 698 мл (рисунок 1, колонки 6 и 7);
- осахаренной заварки 698 л в емкости № 1 (рисунок 1, колонка 5).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПЛАН												
Дата составления плана	Время начала каждой стадии приготовления СЗ	Стадия производственного цикла	ГОЗ, л	ГОЗ, л	ГОЗ, л	ГОЗ, л	Соотношение компонентов, %	ГОТЗ, л	ГОТЗ, л	ГОТЗ, л	Соотношение компонентов, %	ГОСЗемель, л
			заварочная машина	Емкость 1	Емкость 2	Емкость 3		ГОТЗ (Х)	ГОСЗ емк., л	ГОСЗ емк., л		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
26.08.2022	17.00	G1x		698	698	698		672	698	698		
	20.00	j1	448	508	319	319	50	758	336	336	50	724
	23.00	j2	446	446	254	311	45	654	379	379	55	724
27.08.2022	02.00	j3	448	448	223	273	45	584	327	327	50	724
	05.00	j4	680	680	224	274	45	444	292	292	50	724
	08.00	j5	790	790	340	416	45	164	222	222	50	724
	11.00	k1	554	554	395	592	40	328	82	82	50	724
	14.00	k2	788	788	277	415	40	792	164	164	50	724
	17.00	k3	724	724	394	330	54	724	396	328	55	724
	20.00	G2x		724	724	724		724	724	724		

Рис. 1. Вариант технологического плана постадийного приготовления сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки

Fig. 1. The variant of technological plan for the step-by-step preparation of fermented sourdough based on saccharified and thermophilic sourdough

В этот период начинается работа хлебопекарного предприятия по выполнению поступившей заявки, и сброженная заварка, полученная на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки, в количестве 724 мл направляется в расходную емкость для дальнейшего использования для замеса теста (рисунок 1, колонка 13). При этом в каждой производственной емкости после отбора на замес теста остается сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки в количестве 336 мл (рисунок 1, колонки 10 и 11).

Приготовление сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки в производственном цикле осуществляется с учетом внесения рекомендуемого количества охлажденной термофильной заквашенной заварки. В технологическом плане количество охлажденной термофильной заквашенной заварки, используемой для приготовления сброженной заварки, в 20.00 26.08.2022 г. составляет 50 % к общему ее количеству, что соответствует 336 мл. Такой порядок приготовления сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки осуществляется через каждые 180 мин (3 часа) в 23.00 26.08.2022 г. и 02.00, 05.00, 08.00 27.08.2022 г.

К 11.00 27.08.2022 г. заявка торговых организаций выполнена и возникает технологический перерыв в работе хлебопекарного предприятия в течение 9 ч. Начиная с 11.00 до 20.00 (каждые 180 мин) 27.08.2022 г., приготовление сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки осуществляется аналогично предыдущим стадиям с учетом внесения рекомендуемого количества охлажденной термофильной заквашенной заварки, но без отбора в расходную емкость. К 20.00 27.08.2022 г. после технологического

перерыва в производственных емкостях № 5 и № 6 количество сброженной заварки, полученной на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки, составляет по 724 мл.

В этот же диапазон времени с такой же периодичностью, как и для сброженной заварки, осуществляется процесс охлаждения термофильной заквашенной заварки. Ее количество для каждой стадии приготовления сброженной заварки в производственном цикле должно пройти соответствующую технологическую обработку в период, предшествующий рассматриваемой стадии производственного цикла:

– для приготовления сброженной заварки в 20.00 26.08.2022 г. используется охлажденная термофильная заквашенная заварка, прошедшая стадию охлаждения в период с 17.00 до 20.00 26.08.2022 г. в количестве 672 мл в емкости № 4 (рисунок 1, колонка 9);

– для приготовления сброженной заварки в 23.00 26.08.2022 г. используется охлажденная термофильная заквашенная заварка, прошедшая стадию охлаждения в период с 20.00 до 23.00 26.08.2022 г. (758 мл в емкости № 4) и так далее.

Охлаждение необходимого количества термофильной заквашенной заварки в емкости № 4 должно происходить постоянно с периодичностью 180 мин (3 ч) вне зависимости от возникающего технологического перерыва.

Также в ранее названный период времени осуществляется приготовление термофильной заквашенной заварки в производственном цикле путем отбора необходимого ее количества на стадию охлаждения в емкость № 4 (рисунок 1, колонка 9) и внесения осахаренной заварки из емкости № 1 (рисунок 1, колонка 5) в рекомендуемом соотношении (рисунок 1, колонка 8). Такое приготовление осуществляется вне зависимости от возникающего технологического перерыва. Следует отметить, что отбор термофильной заквашенной заварки на стадию охлаждения осуществляется после прохождения ею стадии заквашивания, то есть в период, предшествующий рассматриваемой стадии производственного цикла:

– в 20.00 26.08.2022 г. на охлаждение термофильная заквашенная заварка в количестве 672 мл (емкость № 4) отбирается из емкостей № 2 и № 3 (рисунок 1, колонки 6 и 7) после технологической обработки в период с 17.00 до 20.00 26.08.2022 г.;

– в 23.00 26.08.2022 г. на охлаждение термофильная заквашенная заварка в количестве 758 мл (емкость № 4) отбирается из емкостей № 2 и № 3 после технологической обработки в период с 20.00 до 23.00 26.08.2022 г. и так далее.

Приготовление осахаренной заварки осуществляется также на стадии, предшествующей стадии ее использования в процессе заквашивания:

– в 20.00 26.08.2022 г. осахаренная заварка в количестве по 319 мл для каждой емкости заквашивания № 2 и № 3 отбирается из емкости № 1 после технологической обработки заварки в период с 17.00 до 20.00 26.08.2022 г.;

– в 23.00 26.08.2022 г. осахаренная заварка в количестве по 254 мл для каждой емкости заквашивания № 2 и № 3 отбирается из емкости № 1 после технологической обработки заварки в период с 20.00 до 23.00 26.08.2022 г. и так далее.

Необходимое количество жидкой ржаной заварки для последующего процесса осахаривания приготавливается в заварочной машине:

– в 20.00 26.08.2022 г. количество жидкой ржаной заварки составляет 448 мл (рисунок 1, колонка 4);

– в 23.00 26.08.2022 г. количество жидкой ржаной заварки составляет 446 мл и так далее.

Перед выполнением новой заявки в 20.00 27.08.2022 г. в производственных емкостях находится следующее количество полуфабрикатов:

– сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки 1448 мл (в каждой емкости № 5 и № 6 по 724 мл);

– охлажденной термофильной заквашенной заварки 724 мл (емкость № 4);

- термофильной заквашенной заварки на основе осахаренной заварки 1448 мл (в каждой емкости № 2 и № 3 по 724 мл);
- осахаренной заварки 724 мл (емкость № 1).

В таблицах 1–3 представлены показатели качества и биотехнологических свойств каждой порции полуфабриката (осахаренной заварки, термофильной заквашенной заварки на основе осахаренной заварки и сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки), прошедших период технологической обработки и подлежащие контролю.

Табл. 1. Показатели качества осахаренной заварки

Table 1. Quality indicators of saccharified sourdough

Органолептические и физико-химические показатели осахаренной заварки	Время готовности осахаренной заварки, ч							
	20.00	23.00	02.00	05.00	08.00	11.00	14.00	17.00
Внешний вид, запах, вкус	однородная консистенция со сладковатым вкусом и свойственным ароматом							
Влажность начальная, %	76,0	75,0	75,2	75,6	75,4	76,0	75,6	75,6
Кислотность, град	3,4	3,8	3,6	3,4	3,6	3,4	3,4	3,6

Табл. 2. Показатели качества и биотехнологические свойства термофильной заквашенной заварки на основе осахаренной заварки

Table 2. Quality indicators and biotechnological properties of thermophilic fermented sourdough based on saccharified sourdough

Показатели качества и биотехнологические свойства термофильной заквашенной заварки	Время готовности термофильной заквашенной заварки, ч							
	20.00	23.00	02.00	05.00	08.00	11.00	14.00	17.00
Внешний вид, запах, вкус	однородная консистенция с кисловатым вкусом и свойственным ароматом							
Влажность начальная, %	76,2	75,6	75,6	75,4	75,8	76,0	75,6	75,8
Кислотность, град	8,6	8,8	9,2	9,2	9,4	9,4	9,4	9,2
Общее количество молочнокислых бактерий, ед/г	$1153 \cdot 10^6$	$1212 \cdot 10^6$	$1295 \cdot 10^6$	$1304 \cdot 10^6$	$1328 \cdot 10^6$	$1346 \cdot 10^6$	$1324 \cdot 10^6$	$1284 \cdot 10^6$
Активность молочнокислых бактерий, мин	93	90	86	83	80	77	75	78

Табл. 3. Показатели качества и биотехнологические свойства сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки

Table 3. Quality indicators and biotechnological properties of fermented sourdough based on saccharified and thermophilic fermented sourdough

Показатели качества и биотехнологические свойства сброженной заварки	Время готовности сброженной заварки, ч							
	20.00	23.00	02.00	05.00	08.00	11.00	14.00	17.00
Внешний вид, запах, вкус	увеличение в объеме со средними пузырьками газа с кисло-сладким вкусом и ароматом							
Влажность начальная, %	76,0	75,8	75,8	75,6	75,6	75,8	76,2	76,0
Кислотность, град	11,8	12,0	11,8	12,2	12,4	12,4	12,2	12,0
Подъемная сила, мин	22	24	22	24	24	24	24	22
Общее количество молочнокислых бактерий, ед/г	1744·10 ⁶	1771·10 ⁶	1763·10 ⁶	1812·10 ⁶	1832·10 ⁶	1841·10 ⁶	1812·10 ⁶	1804·10 ⁶
Общее количество дрожжевых клеток, ед/г	156·10 ⁶	151·10 ⁶	157·10 ⁶	149·10 ⁶	145·10 ⁶	142·10 ⁶	147·10 ⁶	152·10 ⁶
Соотношение дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий	1:11	1:12	1:11	1:12	1:13	1:13	1:12	1:12
Активность молочнокислых бактерий, мин	58	54	55	53	52	54	52	52
Количество мертвых дрожжевых клеток, ед/г (%)	4,4·10 ⁶ (2,8)	4,5·10 ⁶ (3,0)	5,3·10 ⁶ (3,4)	4,8·10 ⁶ (3,2)	4,4·10 ⁶ (3,0)	4,5·10 ⁶ (3,2)	4,7·10 ⁶ (3,2)	4,6·10 ⁶ (3,0)

Анализ результатов исследований, представленных в таблицах 1–3, показывает, что биотехнологические свойства сброженной заварки, полученной на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки, соответствуют требованиям технологических действующих инструкций по приготовлению на каждой стадии ее получения [15]:

- начальная влажность полуфабрикатов должна быть в диапазоне 74,0–78,0 %;
- кислотность осахаренной заварки должна быть не более 4,0 град;
- кислотность термофильной заквашенной заварки должна находиться в диапазоне 8,0–11,0 град;
- кислотность сброженной заварки должна находиться в диапазоне 9,0–13,0 град, подъемная сила – не более 25 мин, соотношение между дрожжами и молочнокислыми бактериями – не менее 1:10, количество мертвых дрожжевых клеток – не более 5,0 % от их общего количества.

Кроме того, стоит отметить, что не менее важным результатом применения единой методики расчета в виде технологического плана с последующей реализацией является стабильность показателей биотехнологических свойств жидких ржаных заварок на протяжении всего производственного цикла ее приготовления.

Положительный опыт в этом направлении также получен при использовании технологического плана по приготовлению сброженной заварки на основе осахаренной и

термофильной заквашенной заварки в производственных условиях разных предприятий хлебопекарной отрасли Республики Беларусь. Кроме того, результаты проведенных научных исследований были внедрены и в образовательный процесс (лекционный курс) учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» [16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных исследований установлено, что использование информационных технологий в хлебопекарной отрасли способствует обеспечению количественного, качественного учета и контроля на всех стадиях производства. Выявлено, что не все этапы технологического процесса приготовления хлебобулочных изделий охвачены этим направлением и не установлено влияние практического применения информационных технологий на показатели качества и свойства отдельных полуфабрикатов производственного цикла.

Предложен автоматизированный технологический расчет сброженной заварки на основе осажаренной и термофильной заквашенной заварки в производственном цикле ее приготовления. Установлено количество полуфабрикатов на отдельных стадиях производственного цикла с учетом заявок торговых сетей на выбранный ассортимент хлеба. Оценены показатели биотехнологических свойств сброженной заварки на основе осажаренной и термофильной заквашенной заварки, приготовленной с использованием автоматизированного технологического плана.

Выявлено, что сброженная заварка, приготовленная на основе осажаренной и термофильной заквашенной заварки, полностью соответствуют требованиям технологических действующих инструкций на каждой стадии ее получения. Кроме того, что не менее важно, ее показатели являются стабильными в ходе реализации производственного цикла в заявленный промежуток времени.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Панченко, О. В. Информационные технологии в хлебопекарном производстве / О. В. Панченко // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 8. – С. 244–245.
- 2 Информационные системы контроля производства хлебопекарной и кондитерской продукции [Электронный ресурс] // Rarus.ru. – Режим доступа: <https://rarus.ru/1c-branches/avtomatizatsiya-pischevoy-promishlennosti/avtomatizatsiya-hlebobulochnogo-proizvodstva/article-informacionnye-sistemy-kontrolya-proizvodstva-hlebopekarnoj-i-konditerskoj-produkcii>. – Дата доступа: 12.10.2024.
- 3 Хлебопечение плюс цифровизация и роботизация отрасли [Электронный ресурс] // Finance.rambler.ru. – Режим доступа: <https://finance.rambler.ru/other/43689922-hlebopechenie-plyus-tsifrovizatsiya-i-robotizatsiya-otrasli>. – Дата доступа: 09.11.2024.
- 4 Логунова, Н. Ю. Автоматизированные системы управления в производстве и реализации хлебобулочной продукции / Н. Ю. Логунова, А. Н. Поляков, А. Ю. Обеленцева // Международный научный журнал «Вестник науки». – 2023. – Т. 3. – № 1(58). – С. 356–376.
- 5 Информационная система «Обновление и замена технологического оборудования хлебозавода» [Электронный ресурс] // Viewer.rsl.ru. – Режим доступа: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01003058433?page=23&rotate=0&theme=white>. – Дата доступа: 12.11.2024.
- 6 Федотов, В. А. Современные методы исследования и оптимизации хлебопекарного производства / В. А. Федотов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 8(98). – С. 144–147.
- 7 Матвеев, М. Г. Синтез информационных технологий управления производственными системами: (на примере перерабатывающих производств): автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.13.16 / Воронеж. технол. академия. – Воронеж, 1995. – 39 с.
- 8 Самуйленко, Т. Д. Технологический план работы заварочного отделения / Т. Д. Самуйленко // Наука, питание и здоровье: сб. науч. тр. В 2 ч. Ч. 2 / под общ. ред. З. В. Ловкиса / Науч.-практ. центр Нац. акад. Наук Беларуси по продовольствию. – Минск: Беларуская навука, 2021. – 536 с. – С. 213–219.
- 9 Зверева, Л. Ф. Технология и технoхимический контроль хлебопекарного производства: учебник / Л. Ф. Зверева, Б. И. Черняков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 430 с.
- 10 Справочник для работников лабораторий хлебопекарных предприятий: справочное издание / К. Н. Чижова

[и др.]. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 191 с.

11 Методические указания по проведению санитарно-микробиологического контроля на хлебопекарных предприятиях / Государственное предприятие «Белтехнохлеб», разработ. А. И. Старовойтова, А. И. Базан; лаборатория индикации возбудителей инфекционных и паразитарных заболеваний ГУ «Республиканский центр гигиены и эпидемиологии» Минздрава Республики Беларусь, разработ. Ф.М. Фидаров, Л.А. Федоренчик. – Минск, 2002. – 30 с.

12 Методические указания по проведению испытаний качества полуфабрикатов хлебопекарного производства / Научно-производственное республиканское унитарное предприятие «Белтехнохлеб», разработ. Л. В. Карнышова, Л. И. Севастей. – Минск, 2008. – 15 с.

13 Лысак, В. В. Микробиология: Методические рекомендации к лабораторным занятиям, контроль самостоятельной работы студентов / В. В. Лысак, Р. А. Желдакова. – Минск.: БГУ, 2002. – 97 с.

14 Афанасьева, О. В. Микробиология хлебопекарного производства / О. В. Афанасьева. – СПб.: Береста, 2003. – 220 с.

15 Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий: в 2 т. Т. 1 / Государственное предприятие «Белтехнохлеб»; разработ. Л. С. Колосовская [и др.]. – Минск: Бизнесофсет, 2011. – 348 с.

16 Самуйленко, Т. Д. Технологии сброженной заварки в дискретном режиме производства заварных сортов хлеба: монография / Т. Д. Самуйленко, А. В. Акулич. – Могилев: БГУТ, 2021. – 260 с.

Поступила в редакцию 19.12.2024 г.

ОБ АВТОРАХ:

Татьяна Дмитриевна Самуйленко, кандидат технических наук, доцент, заместитель декана химико-технологического факультета, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: TataSam@tut.by.

Александр Васильевич Акулич, доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель Республики Беларусь, проректор по научной работе, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: bgut@mogilev.by.

ABOUT AUTHORS:

Tatyana Samuilenko, candidate of technical Sciences, associate Professor, Deputy Dean of the Faculty of Chemistry and Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: TataSam@tut.by.

Aleksandr Akulich, doctor of technical Sciences, Professor, Honored Inventor of the Republic of Belarus, Vice-rector for scientific work, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: bgut@mogilev.by.