

Исследование процесса осахаривания ржаных заварок в технологии заварного хлеба при дискретном режиме производства

Самуйленко Татьяна Дмитриевна¹, Акулич Александр Васильевич¹

¹ Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Самуйленко Т. Д., Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия», адрес: пр-т Шмидта, д. 3, Могилев, 212027, РБ. E-mail: TataSam@tut.by

Наибольшим спросом в Республике Беларусь среди ассортимента хлеба из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки пользуются заварные его сорта, доля которых в общем объеме производимых хлебобулочных изделий доходит до 45,2%, а в объеме ассортимента хлеба – до 100,0%. Производство заварных сортов хлеба осуществляется преимущественно с использованием сброженной заварки, полученной на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки, которая является многостадийным непрерывно приготавливаемым полуфабрикатом. В дискретном режиме стадия приготовления осахаренной заварки как основы термофильной заквашенной и, в конечном итоге, сброженной заварки не реализуема вследствие невозможности обеспечить стабильный химический ее состав. Целью настоящей работы явилось установление зависимости между показателями осахаренной заварки, ее рецептурным составом и технологическими параметрами приготовления, позволяющими прогнозировать показатели данного полуфабриката в дискретном режиме, управлять ими и обосновано регулировать состав и технологические параметры. Исследования проведены на базе хлебопекарных предприятий Республики Беларусь, работающих в дискретном режиме. В качестве объекта исследований выбрана осахаренная заварка с массовой долей влаги 72,0%. В работе использованы специальные методы оценки показателей осахаренной заварки. Установлено, что для приготовления в производственном цикле осахаренной заварки используется мука ржаная сеяная в количестве от 10,0% до 24,0%, солод ржаной неферментированный в количестве от 2,0% до 8,0% от массы муки по унифицированной рецептуре для заварных сортов хлеба, продолжительность осахаривания заварки изменяется от 60 мин до 720 мин, а температура – от 45°C до 65°C. Разные комбинации состава осахаренных заварок и технологических параметров их приготовления влияют на динамику гидролитических процессов биополимеров муки, что приводит к нестабильности химического состава. Получены зависимости между показателями осахаренных заварок, их рецептурным составом и технологическими параметрами приготовления для регулирования химического состава при нестабильности заявок торговых организаций на ассортимент заварных сортов хлеба и дискретности в режиме работы хлебопекарных предприятий.

Ключевые слова: заварные сорта хлеба, дискретный режим производства, осахаренная заварка, сбраживаемые сахара, водорастворимые азотистые соединения, динамическая вязкость

Введение

Анализ деятельности хлебопекарной отрасли в современных условиях показывает, что наибольшим спросом в Республике Беларусь среди ассортимента хлеба из ржаной муки и смеси ржаной и пше-

ничной муки пользуются заварные его сорта, доля которых в общем объеме производимых хлебобулочных изделий доходит до 45,2%, а в объеме производства ассортимента хлеба – до 100,0% в зависимости от хлебопекарного предприятия¹ (Кушеш, 2006; Овсянникова, 2003; Овсянникова, 2004; Овсянни-

¹ Потребление основных продуктов питания в домашних хозяйствах. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. <http://www.belstat.gov.by>

кова, 2005; Овсянникова, 2006; Овсянникова, 2007; Овсянникова, 2008; Овсянникова, 2009; Овсянникова, 2010; Овсянникова, 2011; Овсянникова, 2012; Овсянникова, 2013; Овсянникова, 2014; Овсянникова, 2015; Овсянникова, 2016; Овсянникова, 2017; Овсянникова, 2018; Овсянникова, 2019; Овсянникова, 2020).

Существующие и используемые в хлебопекарной отрасли традиционные технологии приготовления теста для заварных сортов хлеба базируются на особенностях химического состава ржаной муки, в частности ее углеводно-амилазного и белково-протеиназного комплексов, который преимущественно обуславливает ее хлебопекарные свойства и реологические свойства получаемого теста и требует использования жидких ржаных заварок^{2,3,4} (Дерканосова, 2004; Кузнецова, 2008; Панкратов, 2007). Эффективность процессов, протекающих в этих промежуточных бродильных полуфабрикатах, в значительной степени зависит от количественного и качественного состава мучных питательных субстратов и целенаправленно культивируемых в них специфических микроорганизмов и их активности. В то же время приготовление жидких ржаных заварок представляет или дискретный процесс, в частности, при приготовлении осахаренной заварки, или непрерывный процесс, например, при приготовлении термофильной заквашенной заварки на основе осахаренной заварки и сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки. Следует отметить, что традиционная технология жидких ржаных заварок разработана и реализуема только при круглосуточном режиме работы хлебопекарных предприятий с постоянной производительностью ассортимента заварных сортов хлеба, что обеспечивает стабильность биотехнологических свойств жидких ржаных заварок, а соответственно и потребительских свойств этих сортов хлеба⁵ (Косован, 1999; Кузнецова, 2006; Кузнецова, 2007; Arendt, 2007; Campo, 2016; Van Kerrebroeck, 2018; Preedy, Watson, & Patel Vinood, 2011).

В настоящее время предприятия хлебопекарной отрасли Республики Беларусь работают в дискретном режиме, обусловленном ежесуточными колебаниями заявок торговых организаций на ас-

сортимент заварных сортов хлеба. Традиционное приготовление жидких ржаных заварок в таком режиме отрицательно влияют на стабильность их биотехнологических свойств и в сложившихся условиях практически не реализуема. При этом работа хлебопекарных предприятий должна обеспечивать сохранение стабильно высоких потребительских свойств заварных сортов хлеба в дискретном режиме, что может в полной мере достигаться только за счет стабильности биотехнологических свойств жидких ржаных заварок.

В связи с вышеизложенным современным и актуальным является проведение исследований производственного цикла и отдельных стадий приготовления жидких ржаных заварок в дискретном режиме работы хлебопекарных предприятий с целью установления взаимосвязи между показателями осахаренных заварок и комплексом влияющих на них факторов.

Литературный обзор

В зависимости от технологии приготовления жидкие ржаные заварки подразделяют на неосахаренные, самоосахаренные, осахаренные, заквашенные, сброженные^{6,7}. Они могут использоваться в различном сочетании и последовательности, а технология приготовления теста для заварных сортов хлеба может включать до 6 стадий за счет дополнительного использования других полуфабрикатов на основе муки ржаной и других рецептурных компонентов или за счет целенаправленного поддержания определенных технологических параметров, обусловленных преимущественно спецификой жизнедеятельности тех или иных культивируемых микроорганизмов.

На хлебопекарных предприятиях Республики Беларусь при приготовлении теста для заварных сортов хлеба главным образом используется технология сброженной заварки, полученной на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки⁸.

Первым этапом традиционного производственного цикла приготовления этого полуфабриката является получение заварки и ее последующее осахаривание. Заварку готовят в заварочной машине путем завари-

² Ауэрман, Л. Я. (2009). *Технология хлебопекарного производства*. Профессия.

³ Немцова, З. С. (1986). *Основы хлебопечения*. Агропромиздат.

⁴ Пашенко, Л. П. (2006). *Физико-химические основы технологии хлебобулочных изделий*. ВГТА.

⁵ Ройтер, И. М. (1972). *Влияние технологических факторов на качество и аромат ржано-пшеничного хлеба: обзор*. ЦНИИТЭИпищепром.

⁶ Колосовская, Л. С. (2011). *Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий*. Бизнесофсет.

⁷ Хлебопекарная промышленность. Термины и определения. СТБ 1964 (2009).

⁸ Колосовская, Л. С. (2011). *Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий*. Бизнесофсет.

вания рецептурных компонентов в стабильном количестве из рекомендуемого диапазона⁹. Количество муки ржаной сеяной рекомендуется использовать из диапазона 15,0% – 20,0%, солода ржаного сухого неферментированного – 3,0% – 8,0% от общей массы муки по унифицированной рецептуре для заварных сортов хлеба. В некоторых случаях, рекомендуется вносить измельченные пряности в количестве не более 1,0% от общей массы муки по унифицированной рецептуре. Заваривание рецептурной смеси осуществляется горячей водой с температурой 95 °С – 97°С или паром с образованием полуфабриката (заварки) с однородной консистенцией и массовой долей влаги 72,0% – 78,0%. Далее заварка подвергается осахариванию, в результате которого происходит гидролиз биополимеров муки ржаной сеяной под действием ферментов солода ржаного неферментированного. Целью процесса осахаривания является накопление продуктов гидролиза, преимущественно сбраживаемых сахаров и водорастворимых азотистых соединений, которые являются питательными веществами для микроорганизмов, культивируемых на следующих стадиях производственного цикла приготовления сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки. Традиционно в рассматриваемой технологии температура стадии осахаривания заварки составляет 63°С – 65 °С, продолжительность процесса – в течение стабильного промежутка времени из диапазона 90 мин – 180 мин. Приготовленная осахаренная заварка полностью расходуется в качестве мучного питательного субстрата на приготовление термофильной заквашенной заварки и/или сброженной заварки.

Такой рецептурный состав и технологические параметры приводят к образованию определенного количества продуктов гидролиза биополимеров муки, обуславливающих стабильность количественного и качественного состава культивируемых молочно-кислых бактерий и дрожжевых клеток, процессов кислотонакопления и газообразования, биотехнологических свойств полуфабрикатов и, как следствие, потребительских свойств заварных сортов хлеба.

В дискретном режиме производства рассматриваемого ассортимента традиционная реализация

стадии приготовления осахаренной заварки как основы термофильной заквашенной заварки и, в конечном итоге, сброженной заварки не представляется возможной.

Для регулирования производственного цикла приготовления сброженной заварки некоторые литературные источники приводят сведения о внесении изменений на первой стадии приготовления данного полуфабриката, то есть на стадии получения заварки и ее осахаривания. Существуют рекомендации о продолжительности стадии осахаривания в течение 60 мин с дополнительным внесением ферментных препаратов амилотического действия в количестве до 0,002% от общей массы муки по унифицированной рецептуре для заварных сортов хлеба, мультиэнзимных композиций, содержащих амилотические и протеолитические ферменты, в количестве 0,015% от общей массы муки¹⁰. Для увеличения количества сбраживаемых сахаров, водорастворимых азотистых соединений, биостимуляторов, способствующих интенсификации микробиологических процессов, используют дополнительные сырьевые компоненты (различные виды и сорта муки, неферментированный ячменный солод, концентрат квасного сусла, солодовые экстракты, пюре картофельное сухое, свеклосахарная меласса, кислотные гидролизаты, водная вытяжка из отходов сахарного производства, вишневый отстой и др.)^{11,12,13,14} (Кузнецова, 2003). В некоторых случаях предлагается смешивать уже частично или полностью осахаренную заварку с порцией заварки вновь приготовленной. При необходимости исключения стадии заваривания и осахаривания предлагается вместо традиционной муки ржаной сеяной использовать сухие композитные смеси, сухие ржаные заварки на основе набухающей (экструзионной) муки и воды без дополнительного ее подогрева. Для отдельных наименований заварных сортов хлеба встречаются сведения о продолжительности осахаривания до 300 мин – 480 мин. Существуют рекомендации о проведении стадии осахаривания в ночной период времени в течение 480 мин – 720 мин при естественном охлаждении осахаренной заварки в условиях заварочного отделения¹⁵ (Кузнецова, 2003; Гуринова, 2013, с. 109–115; Гуринова, 2013, с. 9–13).

⁹ Там же

¹⁰ Колосовская, Л. С. (2011). *Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий*. Бизнесофсет.

¹¹ Колосовская, Л. С. (2011). *Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий*. Бизнесофсет.

¹² Дерканосов, Н. И., Аверина, Н. М., & Дерканосов, И. Н. (1986). СССР. Авторское свидетельство №1206302. Москва: Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.

¹³ Пашенко, Л. П., Аверина, Н. М., Шалимова, Н. В. (1984). СССР. Авторское свидетельство № 1159950. Москва: Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.

¹⁴ Пашенко, Л. П., Головкова, И. Н., Черепнин, В. С., Аверина, Н. М. (1987). СССР. Авторское свидетельство № 1303613. Москва: Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.

¹⁵ Колосовская, Л. С. (2011). *Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий*. Бизнесофсет

Стоит отметить, что в литературных источниках встречаются только отдельные сведения о регулировании стадии осахаривания, которые рекомендовано использовать для массовых сортов хлеба из ржаной муки и смеси ржаной и пшеничной муки при круглосуточном режиме работы хлебопекарных предприятий, за исключением производства заварных сортов хлеба. Основным недостатком представленных способов является невозможность обеспечить стабильный качественный состав осахаренной заварки в технологии заварных сортов хлеба при дискретном режиме их производства в условиях использования имеющегося технического оснащения хлебопекарных предприятий.

Теоретическое обоснование

Стадия традиционного приготовления осахаренной заварки как основы термофильной заквашенной заварки и, как следствие, сброженной заварки, в производственном цикле в практической деятельности хлебопекарных предприятий является довольно сложной, трудозатратной и энергоемкой, требующей наличие острого пара, строгого соблюдения технологических параметров, дополнительных производственных площадей, специального оборудования, персонала узко направленной квалификации. Вместе с тем приготовление данного полуфабриката в дискретном режиме производства заварных сортов хлеба в полной мере и с достаточно высокой эффективностью, обеспечивающей стабильный качественный и количественный состав, практически не реализуемо. В литературных источниках отсутствуют научно обоснованные конкретные сведения о дополнительных технологических приемах воздействия на полуфабрикат именно в дискретном режиме для стабилизации их химического состава, и, в конечном итоге, биотехнологических свойств сброженной заварки и соответственно потребительских свойств рассматриваемого ассортимента хлебобулочных изделий. Имеющиеся отдельные сведения об отличительных особенностях приготовления осахаренной заварки в основном затрагивают узкий перечень наименований заварных сортов хлеба. Их существенным недостатком является то, что они не основываются на зависимостях между химическим составом осахаренной заварки, ее рецептурным составом и технологическими параметрами, используемыми при осахаривании данного полуфабриката. Кроме того, предложенные рекомендации не учитывают специфику дискретного режима производства

заварных сортов хлеба. Способы оптимизации приготовления термофильной заквашенной и сброженной заварки, полученной на основе осахаренной заварки, в современных постоянно меняющихся условиях производства и вовсе отсутствуют¹⁶ (Кузнецова, 2003).

Цель работы – установить зависимости между показателями осахаренных заварок, их рецептурным составом и технологическими параметрами приготовления, позволяющие прогнозировать показатели данного полуфабриката в дискретном режиме и обосновано регулировать его состав и технологические параметры.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- провести анализ производственной практики приготовления осахаренных заварок в технологии заварных сортов хлеба при дискретном режиме производства;
- выявить диапазоны варьирования состава рецептурных компонентов осахаренных заварок и технологических параметров их приготовления в дискретном режиме с учетом имеющейся производственной практики и влияние на их химический состав и динамическую вязкость;
- установить зависимости между показателями осахаренных заварок, их рецептурным составом и технологическими параметрами приготовления.

Гипотеза: прогнозирование показателей осахаренной заварки в технологии заварных сортов хлеба при дискретном режиме и обоснованное регулирование ее рецептурным составом и технологическими параметрами приготовления для обеспечения стабильного протекания последующих процессов заквашивания и сбраживания, в которых она используется.

Исследование

Материалы

В качестве материала исследований выбраны 100 рецептов заварных сортов хлеба из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки и технологические инструкции по их производству с использованием сброженной заварки, полученной на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки. Использована осахаренная заварка с массовой

¹⁶ Колосовская, Л. С. (2011). *Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий*. Бизнесофсет.

долей влаги ($72,0 \pm 0,2$)%, приготовленная в производственном цикле на базе действующих хлебопекарных предприятиях: ОАО «Гроднохлебпром» цех №2, КУП «Минскхлебпром» хлебозавод №4, ОАО «Булочно-кондитерская компания «Домочай» филиал «Горещкий хлебозавод», ОАО «Булочно-кондитерская компания «Домочай» хлебозавод №3, ОАО «Витебскхлебпром» хлебозавод №2, ОАО «Гомельхлебпром» филиал «Жлобинский хлебозавод», работающих в дискретном режиме.

Оборудование

В ходе исследования использованы: прибор Kjeltec® 2200, вискозиметр типа ВУ, титровальная установка, электрические плиты, программное приложение для персонального компьютера Statgraphics Plus 5.0 Manugistics company.

Методы

При проведении качественной оценки осахаренной заварки в дискретном режиме определялся рецептурный состав полуфабриката (количество муки ржаной сеяной, солода ржаного неферментированного), продолжительность и температура осахаривания.

Количество сбраживаемых сахаров устанавливалось перманганатометрическим методом^{17,18,19,20,21}.

Массовая доля водорастворимых азотистых соединений в фильтрате, полученном из полуфабриката, определена по методу Кьельдаля на приборе Kjeltec® 2200²².

Для установления динамической вязкости осахаренной заварки использованы экспериментальные данные (продолжительность истечения жидкости через капилляр вискозиметра при исследуемой температуре), полученные с использованием ви-

скозиметра типа ВУ^{23,24,25}. Динамическая вязкость μ , Па \times с, при исследуемой температуре рассчитывается по формуле (1):

$$\mu = \mu_{\text{вода}} \times (\tau \times \rho) / (\tau_{\text{вода}} \times \rho_{\text{вода}}), \quad (1)$$

где $\mu_{\text{вода}}$ – динамическая вязкость воды при исследуемой температуре, Па \times с (справочная величина); τ – продолжительность истечения полуфабриката через капилляр вискозиметра при исследуемой температуре, с; ρ – плотность полуфабриката при исследуемой температуре, определенная с использованием ареометров, кг/м³; $\tau_{\text{вода}}$ – продолжительность истечения воды через капилляр вискозиметра при исследуемой температуре, с; $\rho_{\text{вода}}$ – плотность воды при исследуемой температуре, определенная с использованием ареометров, кг/м³.

Для управления процессом осахаривания и возможностью прогнозирования характерных показателей осахаренной заварки использован план полного факторного эксперимента (3×2^3), состоящий из 24 опытов с использованием программного приложения Statgraphics Plus 5.0 Manugistics company^{26,27}.

Анализ данных

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

Результаты

Изучен производственный цикл приготовления осахаренной заварки, используемой в качестве основы для термофильной заквашенной и сброженной заварок, в дискретном режиме производства заварных сортов хлеба. Установлено, что

¹⁷ Зверева, Л. Ф., Черняков, Б. И. (1974). *Технология и технохимический контроль хлебопекарного производства*. Пищевая промышленность.

¹⁸ Чижова, К. Н. (1978). *Справочник для работников лабораторий хлебопекарных предприятий*. Пищевая промышленность.

¹⁹ Старовойтова, А. И., Базан, А. И., Фидаров, Ф. М., Федоренчик, Л. А. (2002). *Методические указания по проведению санитарно-микробиологического контроля на хлебопекарных предприятиях*. Минск.

²⁰ Карнышова, Л. В., Севастей, Л. И. (2008). *Методические указания по проведению испытаний качества полуфабрикатов хлебопекарного производства*. Минск.

²¹ Пучкова, Л. И. (2004). *Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства*. ГИОРД

²² Виноградова, А. А. (1991). *Лабораторный практикум*.

²³ Министерство приборостроения, средств автоматизации и систем управления (1987). *Вискозиметр типа ВУ: паспорт, техническое описание и инструкция по эксплуатации 2Б2.842.024 ПС*.

²⁴ Вискозиметры типа ВУ. Методы и средства поверки. ГОСТ 8.290 (1978)

²⁵ Вискозиметры для определения условной вязкости. Технические условия. ГОСТ 1532 (1981)

²⁶ Дюк, В. А. (1997). *Обработка данных на ПК в примерах*. ПИТЕР

²⁷ Грачев, Ю. П., Плаксина, Ю. М. (2005). *Математические методы планирования экспериментов*. ДеЛи принт

при приготовлении сброженной заварки на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки происходит варьирование рецептурного состава осахаренной заварки и технологических параметров ее приготовления в индивидуальном порядке на каждом предприятии хлебопекарной отрасли.

Проведен анализ рецептур заварных сортов хлеба. Установлено, что основными сырьевыми компонентами при приготовлении осахаренной заварки является мука ржаная сеяная, количество которой варьируется от 10,0% до 24,0%, и солод ржаной неферментированный в количестве от 2,0% до 8,0% от массы муки по унифицированной рецептуре для заварных сортов хлеба.

Существенную роль в реализации производственного цикла приготовления осахаренной заварки играет не только ее состав, но и технологические параметры процесса осахаривания. На стадии осахаривания заварки в условиях предприятия ОАО «Гроднохлебпром» цех №2 температура изменяется от 47°C до 64°C. Аналогичные температурные параметры отмечены при приготовлении осахаренной заварки в условиях ОАО «Булочно-кондитерская компания «Домочай» хлебозавод №3 (от 47°C до 63°C), ОАО «Булочно-кондитерская компания «Домочай» филиал «Горецкий хлебозавод» (от 50°C до 63°C), ОАО «Гомельхлебпром» филиал «Жлобинский хлебозавод» (от 48°C до 63°C). Процесс осахаривания протекает при естественном охлаждении заварки в производственных емкостях без использования дополнительной системы охлаждения. На других предприятиях отмечается расширение или сужение диапазона варьирования температуры осахаривания. Самый широкий диапазон установлен при проведении процесса осахаривания в условиях КУП «Минскхлебпром» хлебозавод №4, который составляет от 45°C до 64°C. Самый узкий диапазон от 56°C до 63°C отмечен при проведении осахаривания заварки в условиях ОАО «Витебскхлебпром» хлебозавод №2. При использовании нескольких производственных емкостей для осахаривания (для предприятий ОАО «Гроднохлебпром» цех №2 и КУП «Минскхлебпром» хлебозавод №4) температура протекающего в них процесса отличается друг от друга. Продолжительность осахаривания заварки в условиях заварочного отделения предприятия ОАО «Гроднохлебпром» цех №2 изменяется от 60 мин до 540 мин, ОАО «Булочно-кондитерская компания «Домочай» хлебозавод №3 – от 60 мин до 180 мин, ОАО «Гомельхлебпром» филиал «Жлобинский хлебозавод» – от 120 мин до 240 мин. Самый широкий

диапазон изменения продолжительности осахаривания установлен в условиях предприятия КУП «Минскхлебпром» хлебозавод №4 и составляет от 60 мин до 720 мин. Кроме того, выявлены отличия в продолжительности приготовления осахаренной заварки при использовании нескольких производственных емкостей. Самый узкий диапазон изменения продолжительности осахаривания заварки (от 60 мин до 120 мин) осуществлен в условиях ОАО «Булочно-кондитерская компания «Домочай» филиал «Горецкий хлебозавод». Исследования показали, что на хлебопекарных предприятиях может наблюдаться и стабильность в продолжительности осахаривания заварки. Так на ОАО «Витебскхлебпром» хлебозавод №2 продолжительность приготовления осахаренной заварки на каждом этапе составляет 120 мин. Стоит отметить, что более широкий диапазон температур осахаривания заварки наблюдается преимущественно одновременно с увеличением продолжительности процесса ее приготовления.

Исследовано изменение химического состава осахаренной заварки по содержанию сбраживаемых сахаров, водорастворимых азотистых соединений и динамической вязкости этого полуфабриката в условиях рассматриваемых хлебопекарных предприятий для оценки степени влияния рецептурного состава и технологических параметров на гидролитические процессы биополимеров муки. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Полученные на основе представленных обобщенных теоретических данных и имеющегося практического опыта приготовления осахаренной заварки в дискретном режиме диапазоны влияющих факторов на процесс осахаривания использованы для поиска взаимосвязи между ними, химическим составом и ее динамической вязкостью. На основе математического планирования построен и реализован план полного факторного эксперимента, включающий 24 опыта, который представлен в таблице 2. Проведен комплекс экспериментальных исследований. При этом выходными функциями являются: Y_1 – содержание сбраживаемых сахаров в осахаренной заварке,%; Y_2 – содержание водорастворимых азотистых соединений в осахаренной заварке,%; Y_3 – динамическая вязкость осахаренной заварки, Па · с. По результатам проведенного эксперимента осуществлен перевод управляемых факторов в стандартизированный масштаб, а также проведена статистическая обработка экспериментальных данных и получены уравнения регрессии (1–3), адекватно описывающие зависимости химического состава осахаренной заварки, ее динами-

Таблица 1

Пределы характерных показателей осахаренной заварки, полученной в условиях заварочных отделений хлебопекарных предприятий Республики Беларусь

Предприятие	Содержание сбраживаемых сахаров, % в пересчете на сухие вещества		Содержание водорастворимых азотистых соединений, % в пересчете на сухие вещества		Динамическая вязкость, Па · с	
	минимальное	максимальное	минимальное	максимальное	минимальное	максимальное
ОАО «Гродно-хлебпром» цех №2	11,0	21,4	1,6	2,3	16,4	24,4
КУП «Минск-хлебпром» хлебозавод №4	10,8	20,2	1,5	2,3	16,7	24,2
ОАО «Булочно-кондитерская компания «Домочай» филиал «Горещкий хлебозавод»	11,0	12,0	1,8	1,9	19,8	21,4
ОАО «Булочно-кондитерская компания «Домочай» хлебозавод №3	11,7	17,5	1,6	2,0	17,9	23,8
ОАО «Витебск-хлебпром» хлебозавод №2	11,6	11,8	1,7	1,9	20,3	20,7
ОАО «Гомель-хлебпром» филиал «Жлобинский хлебозавод»	11,7	18,2	1,7	2,1	16,8	20,5

Таблица 2

План и результаты проведения эксперимента

№ опыта	Продолжительность осахаривания X_3 , мин	Содержание муки ржаной сеяной X_1 , %	Содержание солода ржаного неферментированного X_2 , %	Температура осахаривания X_4 , °C	Содержание сбраживаемых сахаров Y_1 , %	Содержание водорастворимых азотистых соединений Y_2 , %	Динамическая вязкость Y_3 , Па · с
1	390	24,0	2,0	65	16,1	1,9	17,7
2	60	24,0	8,0	45	12,5	2,6	22,9
3	390	24,0	8,0	65	33,7	4,1	15,2
4	720	10,0	2,0	65	18,3	2,1	17,5
5	720	10,0	2,0	45	17,5	1,9	18,3
6	390	24,0	2,0	45	15,2	1,7	18,9
7	390	10,0	8,0	45	18,8	2,2	17,2
8	720	24,0	2,0	45	18,1	2,1	16,7
9	60	24,0	2,0	45	8,6	1,3	26,1
10	720	24,0	2,0	65	18,8	2,4	15,3
11	60	24,0	8,0	65	13,8	3,0	21,3
12	60	10,0	2,0	45	8,4	1,2	26,5
13	390	10,0	2,0	45	12,6	1,7	19,1
14	720	10,0	8,0	45	24,1	2,6	15,9
15	390	10,0	2,0	65	13,5	1,9	18,5
16	60	10,0	2,0	65	8,9	1,5	25,1
17	720	24,0	8,0	45	34,1	3,9	10,7
18	60	10,0	8,0	45	10,8	1,5	25,5

Таблица 2. (окончание)

№ опыта	Продолжительность осахаривания X_3 , мин	Содержание муки ржаной сеяной X_1 , %	Содержание солода ржаного неферментированного X_2 , %	Температура осахаривания X_4 , °C	Содержание сбраживаемых сахаров Y_1 , %	Содержание водорастворимых азотистых соединений Y_2 , %	Динамическая вязкость Y_3 , Па · с
19	390	24,0	8,0	45	30,3	3,3	16,4
20	720	10,0	8,0	65	27,5	3,0	14,4
21	390	10,0	8,0	65	19,7	2,6	16,8
22	720	24,0	8,0	65	38,5	4,8	8,9
23	60	10,0	8,0	65	11,6	1,9	23,2
24	60	24,0	2,0	65	9,1	1,6	24,7

ческой вязкости от выбранных факторов влияния на процесс осахаривания:

$$Y_1 = 14,2 + 0,012 \cdot X_3 - 0,4 \cdot X_1 - 1,6 \cdot X_2 - 0,0000225 \cdot (X_3)^2 + 0,00239 \cdot X_3 \cdot X_2 + 0,0867 \cdot X_1 \cdot X_2, \quad (1)$$

$$Y_2 = 1,87 + 0,00045 \cdot X_3 - 0,066 \cdot X_1 - 0,24 \cdot X_2 - 0,0056 \cdot X_4 + 0,000033 \cdot X_3 \cdot X_1 + 0,00015 \cdot X_3 \cdot X_2 + 0,014 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,0025 \cdot X_2 \cdot X_4, \quad (2)$$

$$Y_3 = 28,67 - 0,024 \cdot X_3 + 0,13 \cdot X_1 + 0,264 \cdot X_2 - 0,0438 \cdot X_4 + 0,000019 \cdot (X_3)^2 - 0,000249 \cdot X_3 \cdot X_1 - 0,00053 \cdot X_3 \cdot X_2 - 0,0238 \cdot X_1 \cdot X_2, \quad (3)$$

где X_1 – содержание муки ржаной сеяной, используемой при приготовлении осахаренной заварки, % от массы муки по унифицированной рецептуре для заварных сортов хлеба; X_2 – содержание солода ржаного неферментированного, используемого при приготовлении осахаренной заварки, % от массы муки по унифицированной рецептуре для заварных сортов хлеба; X_3 – продолжительность осахаривания заварки, мин; X_4 – температура осахаривания заварки, °C.

Влияние каждого из названных факторов и их взаимодействие отражают карты Парето (рис. 1), при помощи которых установлены значимые коэффициенты в уравнениях (1–3).

Коэффициент детерминации R2 для уравнения (1) составляет 0,96, для уравнения (2) – 0,99, для уравнения (3) – 0,98. Так как коэффициенты детерминации стремятся к единице, то полученные уравнения адекватны протекающим процессам.

Динамика функции отклика при влиянии наиболее значимых факторов в используемых диапазонах отражены на рисунках (2–4).

Дискуссия

Проведенный анализ обобщенных теоретических данных и имеющегося практического опыта показывает, что очевидны разные ежедневно повторяемые многочисленными особенностями в работе хлебопекарных предприятий при реализации производственного цикла приготовления промежуточных полуфабрикатов, в частности осахаренных заварок. Преимущественно эти особенности базируются на изменении в широком диапазоне рецептурного состава и технологических параметров приготовления осахаренных заварок, носят субъективный характер и отличаются от рекомендуемых значений технологическими инструкциями^{28,29,30} (Гуринова, 2013, с. 9–13; Гуринова, 2013, с. 109–115; Кузнецова, 2003): содержание муки ржаной сеяной для приготовления составляет от 10,0% до 24,0%, содержание солода ржаного неферментированного изменяется от 2,0% до 8,0% от массы муки по уни-

²⁸ Колосовская, Л. С. (2011). *Сборник технологических инструкций*

²⁹ Самуйленко, Т. Д. (2018). *Моделирование жизненного цикла дрожжей и молочнокислых бактерий в биотехнологических процессах хлебопекарного производства (№ государственной регистрации 20163247)*. Могилев: Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия».

³⁰ Самуйленко, Т. Д. (2019). *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 (№ государственной регистрации 20191859)*. Могилев: Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия».

Рисунок 1

Карта Парето для характерных показателей осахаренной заварки
 а) для параметра Y_1 ; б) для параметра Y_2 ; в) для параметра Y_3

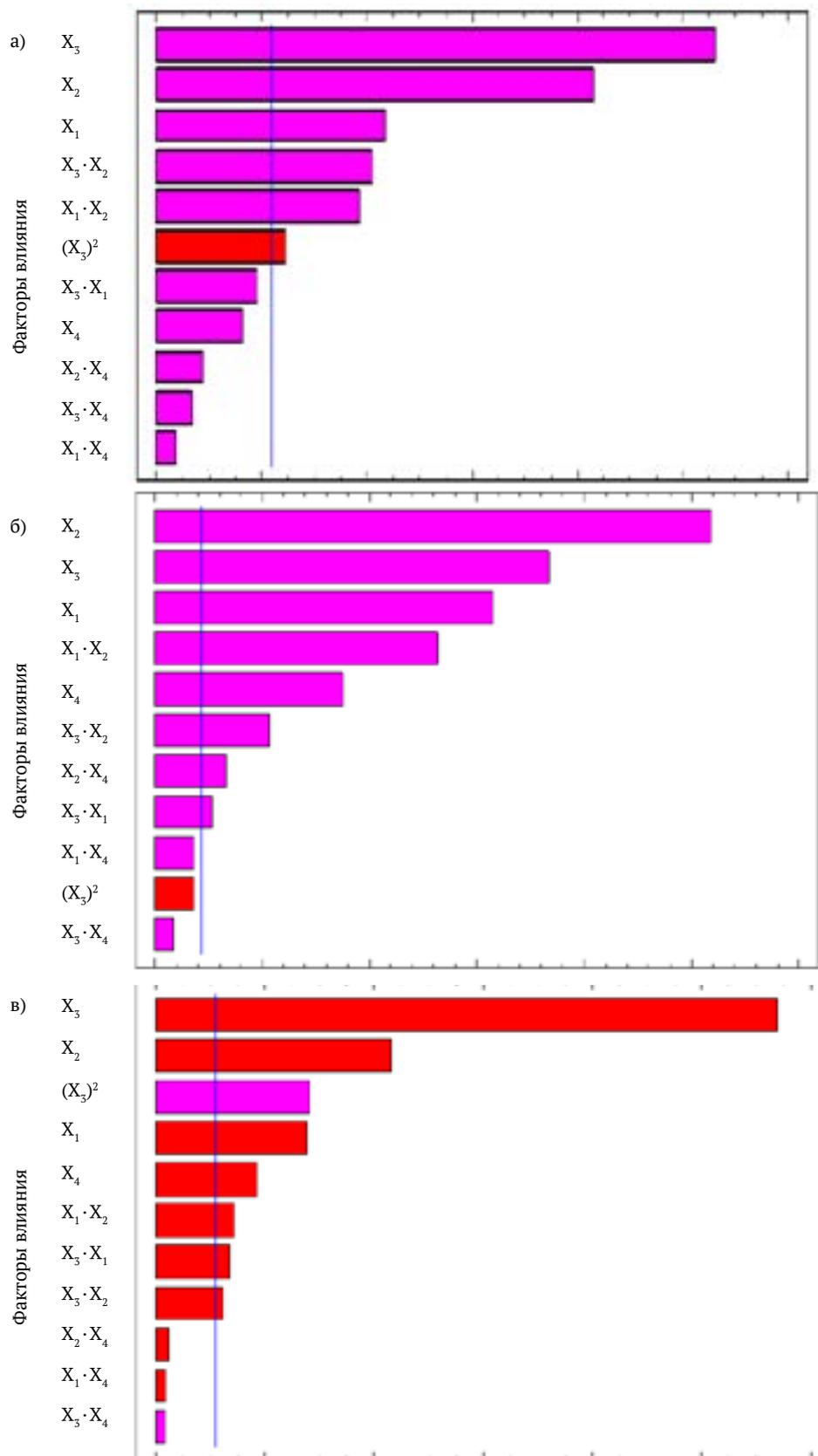


Рисунок 2

Динамика накопления сбраживаемых сахаров в процессе осахаривания заварки при варьировании содержания солода ржаного неферментированного и продолжительности осахаривания (температура осахаривания 65°C, содержания муки ржаной сеяной 17,0%)

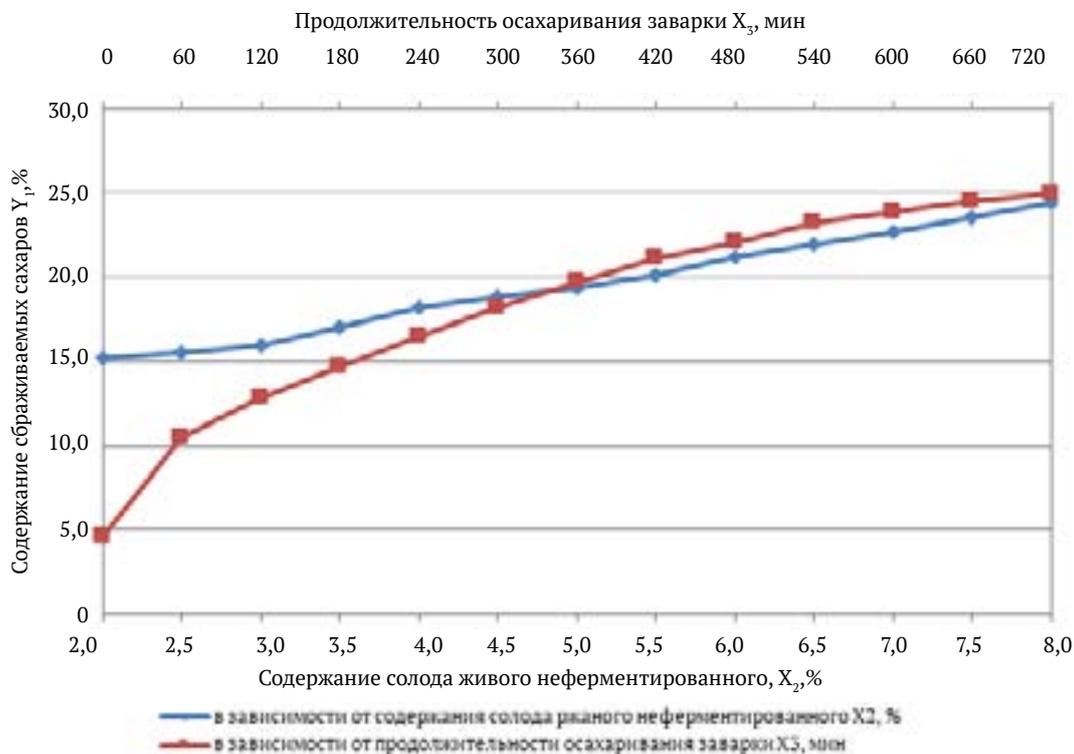


Рисунок 3

Динамика накопления водорастворимых азотистых оснований в процессе осахаривания заварки при варьировании содержания солода ржаного неферментированного и продолжительности осахаривания (температура осахаривания 65°C, содержания муки ржаной сеяной 17,0%)

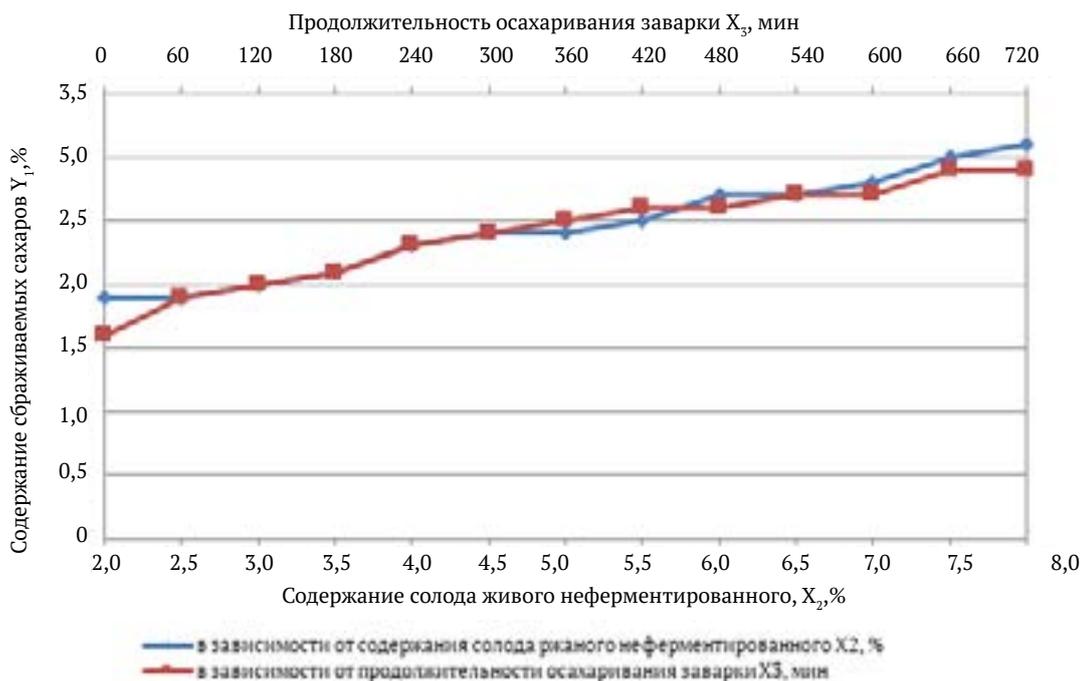


Рисунок 4

Динамика накопления сбраживаемых сахаров в процессе осахаривания заварки при комплексном варьировании содержания солода ржаного неферментированного и продолжительности осахаривания (температура осахаривания 65°C, содержанию муки ржаной сеяной 17,0%)

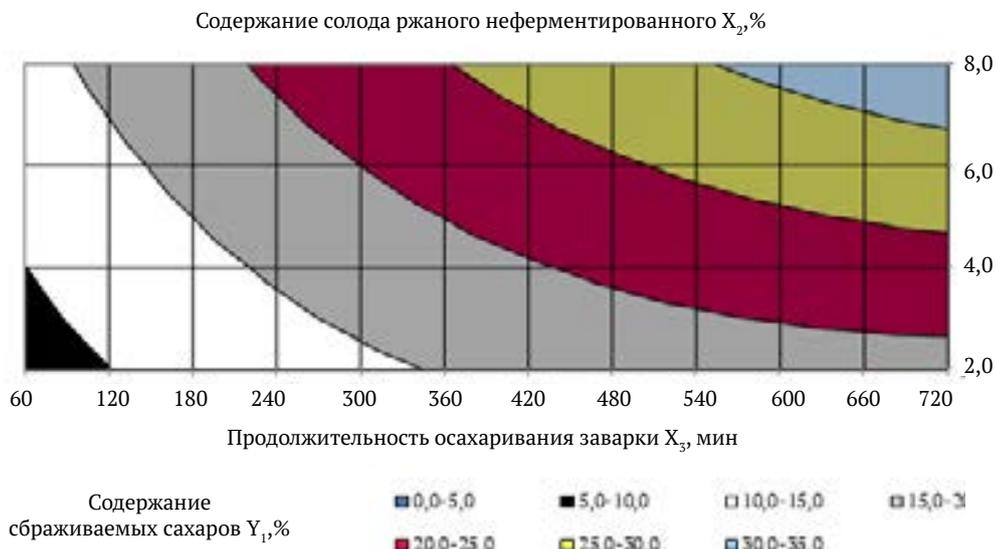
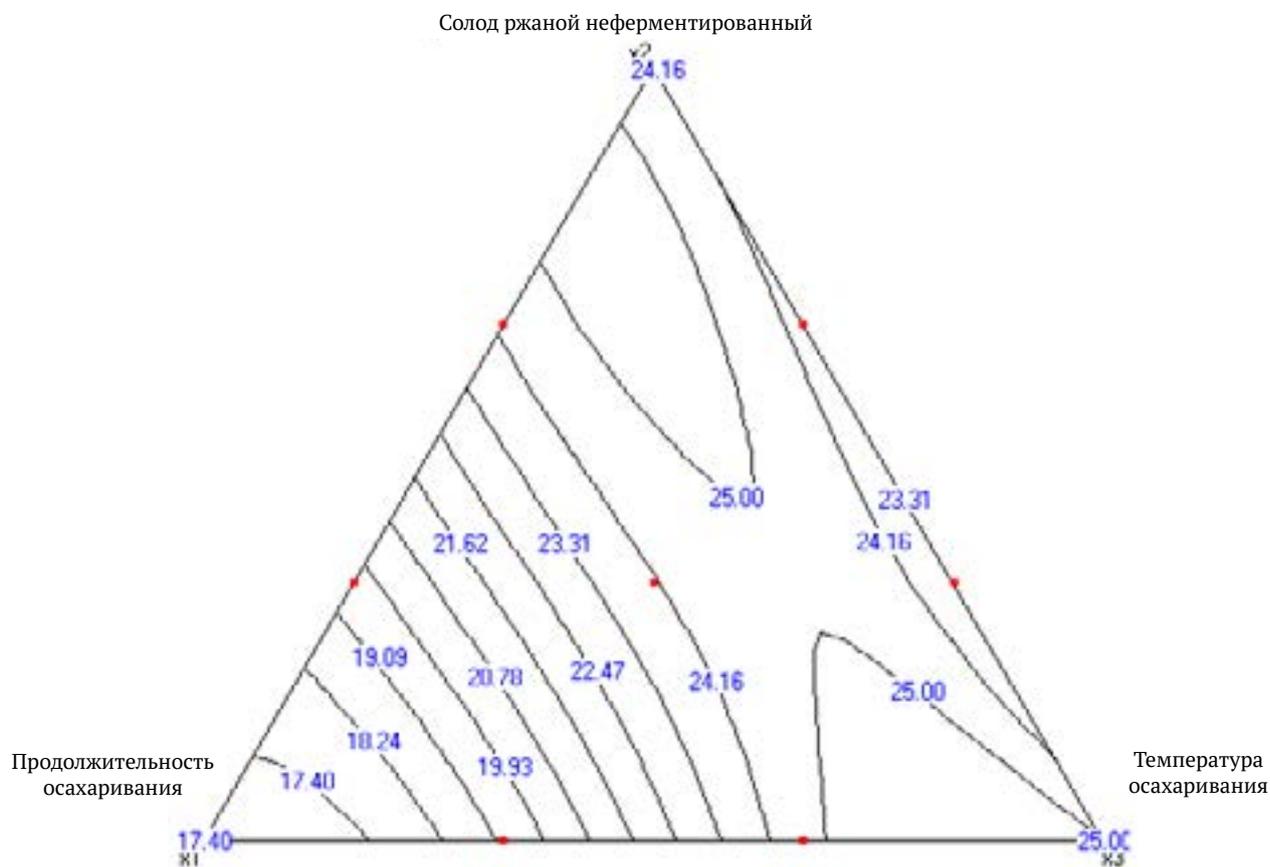


Рисунок 5

Изменение динамической вязкости заварок при варьировании продолжительности осахаривания, содержания солода ржаного неферментированного, температуры осахаривания



фицированной рецептуре для заварных сортов хлеба, продолжительность осахаривания заварки изменяется от 60 мин до 720 мин, температура – от 45°C до 65°C.

Разные комбинации состава осажаренных заварок и технологических параметров приготовления отдельных их порций влияет на динамику гидролитических процессов биополимеров муки, что подтверждается установленной нестабильностью их химического состава и, как следствие, динамической вязкости. В частности, увеличение содержания солода ржаного неферментированного и продолжительности осахаривания заварки приводит к увеличению содержания сбраживаемых сахаров и водорастворимых азотистых соединений. Накопление наибольшего количества этих химических веществ отмечается после 720 мин осахаривания заварки с внесением 8,0% солода ржаного неферментированного, наименьшее – после 60 мин осахаривания заварки с внесением 2,0% солода ржаного неферментированного на стадии заваривания (рис. 2–4). Такое изменение химического состава осажаренных заварок приводит к тому, что наиболее активное их разжижение (увеличение динамической вязкости) наблюдается при увеличении продолжительности осахаривания, содержания солода ржаного неферментированного, температуры осахаривания при прочих равных условиях и соответствует максимальному протеолизу и амилолизу биополимеров муки (рис. 5). Представленная тенденция согласуется с некоторыми положениями Л. И. Кузнецовой, Н. Д. Синявской, О. В. Афанасьевой, Е. Г. Фленовой (Кузнецова, 2003).

В свою очередь, такая тенденция будет создавать разные условия жизнедеятельности для культивирования в заварках специфических микроорганизмов на следующих стадиях производственного цикла и обуславливать разную динамику развития дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий, процессов кислотонакопления и газообразования, разные биотехнологические свойства порций полуфабрикатов, используемых для производства и, как следствие, нестабильность потребительских свойств заварных сортов хлеба.

Полученные в ходе исследований зависимости позволяют прогнозировать содержание сбраживаемых сахаров, водорастворимых азотистых соединений, динамическую вязкость осажаренной заварки, стабилизировать ее химический состав и научно обоснованно регулировать химический состав и технологические параметры при нестабильности заявок торговых организаций на ассорти-

мент заварных сортов хлеба и дискретности в режиме работы хлебопекарных предприятий.

Выводы

По итогам исследований выявлена проблема реализации производственного цикла осажаренной заварки, как основы для термофильной заквашенной и сброженной заварок, в дискретном режиме производства заварных сортов хлеба. На основе теоретических данных и имеющегося практического опыта установлены диапазоны варьирования состава рецептурных компонентов осажаренных заварок и технологических параметров их приготовления в дискретном режиме. Выявлено их влияние на процесс гидролиза биополимеров муки и, как следствие, нестабильность химического состава осажаренных заварок по содержанию сбраживаемых сахаров и водорастворимых азотистых оснований как основных источников питания микроорганизмов, культивируемых в заварках, и нестабильность динамической вязкости. Установлено, что максимальное содержание сбраживаемых сахаров и водорастворимых азотистых оснований накапливается после 720 мин осахаривания заварки с внесением 8,0% солода ржаного неферментированного, минимальное – после 60 мин осахаривания заварки с внесением 2,0% солода ржаного неферментированного на стадии заваривания.

Получены уравнения регрессии, позволяющие устанавливать химический состав осажаренной заварки по содержанию сбраживаемых сахаров и водорастворимых азотистых оснований, динамическую вязкость полуфабриката в постоянно изменяющихся условиях производства заварных сортов хлеба.

Литература

- Гуринова, Т. А., Самуйленко, Т. Д., Диваков, А. В., & Дерканосова, Н. М. (2013). Производство заварных сортов хлеба в условиях дискретного режима работы хлебопекарных предприятий Республики Беларусь. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*, 3(38), 109–115.
- 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.

- Дерканосова, Н. М., Малютина, Т.Н., & Сотникова, В. В. (2004). Изучение особенностей углеводно-амилазного комплекса ржаной муки. *Хлебопек*, (5), 20–21.
- Косован, А. П. (1999). Ресурсосберегающие технологии в хлебопечении. *Хлебопечение России*, (5), 3–4.
- Кузнецова, Л. И., (2003). *Производство заварных сортов хлеба с использованием ржаной муки: монография*. ГосНИИХП.
- Кузнецова, Л. И. (2006). Технология ржаного хлеба в условиях дискретного производства. *Хлебопродукты*, (2), 46–47.
- Кузнецова, Л. И. (2007). Современные технологии ржаного заварного хлеба. *Хлебопечение России*, (3), 10–11.
- Кузнецова, Л. И. (2008). Влияние хлебопекарных свойств ржаной муки на биотехнологические свойства заквасок и качество хлеба. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (2), 35–38.
- Кулеш, П., & Пантелей, А. (2006). Мониторинг рынка хлебобулочных изделий. *Маркетинг, реклама и сбыт*, (6), 7–12.
- Овсянникова, Л. А. (2003). Хлебопечение в Беларуси. *Хлебопек*, (1), 6–8.
- Овсянникова, Л. А. (2004). Хлебопечение Беларуси – итоги 2003 года. *Хлебопек*, (2), 6–7.
- Овсянникова, Л. А. (2005). 2004 год – отраслевые итоги. *Хлебопек*, (2), 6–8.
- Овсянникова, Л. А. (2006). 2005 – итоги работы. *Хлебопек*, (1), 6–8.
- Овсянникова, Л. А. (2007). Хлебопечение Беларуси – 2006. *Хлебопек*, (2), 4–6.
- Овсянникова, Л. А. (2008). Хлебопечение Беларуси – 2007. *Хлебопек*, (2), 5–6.
- Овсянникова, Л. А. (2009). Хлебопечение Беларуси – итоги 2008 года. *Хлебопек*, (2), 8–11.
- Овсянникова, Л. А. (2010). Хлебные итоги – 2009. *Хлебопек*, (2), 4–9.
- Овсянникова, Л. А. (2011). Хлебные итоги – 2010. *Хлебопек*, (2), 4–8.
- Овсянникова, Л. А. (2012). Хлебопечение Беларуси – 2011. *Хлебопек*, (1), 4–8.
- Овсянникова, Л. А. (2013). Хлебопечение Беларуси – 2012. *Хлебопек*, (1), 4–10.
- Овсянникова, Л. А. (2014). Хлебопечение Беларуси – 2013. *Хлебопек*, (1), 16–22.
- Овсянникова, Л. А. (2015). Хлебопечение Беларуси – 2014. *Хлебопек*, (1), 6–11.
- Овсянникова, Л. А. (2016). Хлебные итоги – 2015. *Пекарь и кондитер*, (1), 12–16.
- Овсянникова, Л. А. (2017). Хлебные итоги – 2016. *Пекарь и кондитер*, (2), 9–12.
- Овсянникова, Л. А. (2018). Хлебный каравай – 2017. *Пекарь и кондитер*, (2), 9–13.
- Овсянникова, Л. А. (2019). Белорусский каравай – 2018. *Пекарь и кондитер*, (2), 14–17.
- Овсянникова, Л. А. (2020). Белорусский каравай – 2019. *Пекарь и кондитер*, (2), 11–16.
- Панкратов, Г. Н. (2007). Рожь и ржаная мука. *Кондитерское и хлебопекарное производство*, (11), 2–5.
- Arendt, E. K., Ryan, L. A. M., & Dal Bello, F. (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*, (24), 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.011>
- Campo, E., Del Arco, L., Urtasun, L., Oria, R., & Ferrer-Mairal, A. (2016). Impact of sourdough on sensory properties and consumers preference of gluten-free breads enriched with teff flour. *Journal of Cereal Science*, (67), 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.09.010>
- Preedy, Victor R., Watson, R. R., & Patel Vinood B. (2011). *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*. TNQ Books and Journals.
- Van Kerrebroeck, S., Comasio, A., Harth, H., & De Vuyst, L. (2018). Impact of starter culture, ingredients, and flour type on sourdough bread volatiles as monitored by selected ion flow tube-mass spectrometry. *Food Research International*, (106), 254–262. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.068>. Investigation of the process of rye brews saccharification in malt bread technology at discrete production mode

Investigation of the process of rye brews saccharification

Tatyana D. Samuilenko¹, Alexander V. Akulich¹

¹ *Educational institution Mogilev State University of Food*

Correspondence concerning this article should be addressed to Tatyana D. Samuilenko, Educational establishment Mogilev State University of Food, Schmidta avenue, 3, Mogilev, 212027, Republic of Belarus. E-mail: TataSam@tut.by

Malt varieties of bread made from rye and a mixture of rye and wheat flour are enjoyed and of the greatest demand in the Republic of Belarus, the share of which in the total volume of bakery products reaches 45.2%, and in the volume of the bread assortment – up to 100.0%. The production of custard breads is carried out mainly with the use of fermented brews obtained on the basis of saccharified and thermophilic fermented brews, which is a multi-stage continuously prepared semi-finished product. At a discrete mode, the stage of preparing saccharified brews as the basis for thermophilic fermented and, ultimately, fermented brews are not realizable due to the impossibility of ensuring its stable chemical composition. The purpose of this work was to establish the relationship between the indicators of saccharified brews, its recipe composition and the technological parameters of preparation, which make it possible to predict the indicators of this semi-finished product at a discrete mode, control them and justifiably regulate the composition and technological parameters. The studies were carried out on the basis of bakery enterprises of the Republic of Belarus operating in a discrete mode. As an object of research, we selected saccharified tea leaves with a mass fraction of moisture 72.0%. The work uses special methods for assessing the indicators of saccharified brews. It has been established that for the preparation of saccharified brewing in the production cycle, seeded rye flour is used in an amount of 10.0% to 24.0%, unfermented rye malt in an amount of 2.0% to 8.0% of the flour mass according to a unified recipe for malt bread, the duration of the saccharification of the brews varies from 60 minutes to 720 minutes, and the temperature – from 45°C to 65°C. Different combinations of the composition of saccharified brews and the technological parameters of their preparation affect the dynamics of hydrolytic processes of flour biopolymers, which leads to instability of the chemical composition. Dependences have been obtained between the indices of saccharified brews, their recipe composition and technological parameters of preparation for regulating the chemical composition in the case of instability of applications of trade organizations for an assortment of malt varieties of bread and discreteness in the operating mode of baking enterprises.

Keywords: malt breads, discrete production mode, saccharified brewing, fermentable sugars, water-soluble nitrogen compounds, dynamic viscosity

References

- Gurinova, T. A., Samuilenko, T. D., Divakov, A. V., & Derkanosova, N. M. (2013). Production of malt varieties of bread in a discrete mode of operation of the Republic of Belarus bakery enterprises. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Voronezh State Agrarian University Bulletin], 3(38), 109–115.
- Gurinova, T. A., Samuilenko, T. D., & Nazarenko, E. A. (2013). Investigation of the technological process of preparing fermented brews in the constantly changing operating conditions of bakery enterprises. *Vestnik Mogilevskogo gosudarstvennogo universiteta prodovol'stviya* [Bulletin of the Mogilev State University of Food], 2(15), 9–13.
- Derkanosova, N. M., Malyutina, T. N., & Sotnikova, V. V. (2004). Study of the peculiarities of the carbohydrate-amylase complex of rye flour. *Hlebopek* [Baker], (5), 20–21.
- Kosovan, A. P. (1999). Resource-saving technologies in bakery. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery of Russia], (5), 3–4.
- Kuznetsova, L. I., (2003). *Proizvodstvo zavarnykh sortov hleba s ispol'zovaniem rzhanoj muki: monografiya* [Production of custard varieties of bread using rye flour: monograph]. GosNIIHP.

How to Cite

Tatyana D. Samuilenko, Alexander V. Akulich (2020). Investigation of the process of rye brews saccharification. *Health, Food & Biotechnology*, 2(2). https://doi.org/_____/hfb.2020.i1.s_____

- Kuznetsova, L. I. (2006). The technology of rye bread in a discrete production environment. *Hleboprodukty* [Bakery Products], (2), 46–47.
- Kuznetsova, L. I. (2007). Modern technologies of rye custard bread. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery of Russia], (3), 10–11.
- Kuznetsova, L. I. (2008). The influence of the baking properties of rye flour on the biotechnological properties of brews and the quality of bread. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], (2), 35–38.
- Kulesh, P., & Panteley, A. (2006). Monitoring of the bakery market. *Marketing, reklama i sbyt* [Marketing, advertising and sales], (6), 7–12.
- Ovsyannikova, L. A. (2003). Bakery in Belarus. *Hlebopek* [Baker], (1), 6–8.
- Ovsyannikova, L. A. (2004). Bakery in Belarus – results of 2003. *Hlebopek* [Baker], (2), 6–7.
- Ovsyannikova, L. A. (2005). 2004 – sectoral results. *Hlebopek* [Baker], (2), 6–8.
- Ovsyannikova, L. A. (2006). 2005 – results of work. *Hlebopek* [Baker], (1), 6–8.
- Ovsyannikova, L. A. (2007). Bakery in Belarus – 2006. *Hlebopek* [Baker], (2), 4–6.
- Ovsyannikova, L. A. (2008). Bakery in Belarus – 2007. *Hlebopek* [Baker], (2), 5–6.
- Ovsyannikova, L. A. (2009). Bakery in Belarus – results of 2008. *Hlebopek* [Baker], (2), 8–11.
- Ovsyannikova, L. A. (2010). Bread totals – 2009. *Hlebopek* [Baker], (2), 4–9.
- Ovsyannikova, L. A. (2011). Bread totals – 2010. *Hlebopek* [Baker], (2), 4–8.
- Ovsyannikova, L. A. (2012). Bakery in Belarus – 2011. *Hlebopek* [Baker], (1), 4–8.
- Ovsyannikova, L. A. (2013). Bakery in Belarus – 2012. *Hlebopek* [Baker], (1), 4–10.
- Ovsyannikova, L. A. (2014). Bakery in Belarus – 2013. *Hlebopek* [Baker], (1), 16–22.
- Ovsyannikova, L. A. (2015). Bakery in Belarus – 2014. *Hlebopek* [Baker], (1), 6–11.
- Ovsyannikova, L. A. (2016). Bread totals – 2015. *Pekar' i konditer* [Baker and pastry chef], (1), 12–16.
- Ovsyannikova, L. A. (2017). Bread totals – 2016. *Pekar' i konditer* [Baker and pastry chef], (2), 9–12.
- Ovsyannikova, L. A. (2018). Bread loaf – 2017. *Pekar' i konditer* [Baker and pastry chef], (2), 9–13.
- Ovsyannikova, L. A. (2019). Belarusian loaf – 2018. *Pekar' i konditer* [Baker and pastry chef], (2), 14–17.
- Ovsyannikova, L. A. (2020). Belarusian loaf – 2019. *Pekar' i konditer* [Baker and pastry chef], (2), 11–16.
- Pankratov, G. N. (2007). Rye and rye flour. *Konditerskoe i hlebopekarnoe proizvodstvo* [Confectionery and bakery production], (11), 2–5.
- Arendt, E. K., Ryan, L. A. M., & Dal Bello, F. (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*, (24), 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.011>.
- Campo, E., Del Arco, L., Urtasun, L., Oria, R., & Ferrer-Mairal, A. (2016). Impact of sourdough on sensory properties and consumers preference of gluten-free breads enriched with teff flour. *Journal of Cereal Science*, (67), 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.09.010>.
- Preedy, Victor R., Watson, R. R., & Patel Vinood B. (2011). *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*. TNQ Books and Journals.
- Van Kerrebroeck, S., Comasio, A., Harth, H., & De Vuyst, L. (2018). Impact of starter culture, ingredients, and flour type on sourdough bread volatiles as monitored by selected ion flow tube-mass spectrometry. *Food Research International*, (106), 254–262. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.068>.