

Учреждение образования  
Могилевский государственный университет продовольствия

УДК 663.44

**НАЗАРОВА  
ЮЛИЯ СТАНИСЛАВОВНА**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ВОДОРОСЛИ CHLORELLA PYRENOIDOSA ДЛЯ АКТИВАЦИИ  
ПИВОВАРЕННЫХ ДРОЖЖЕЙ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

по специальности 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов  
и биологически активных веществ

Могилев 2015

Научная работа выполнена в учреждении образования  
«Могилевский государственный университет продовольствия»

Научный руководитель

**Моргунова Елена Михайловна**,  
кандидат технических наук, доцент,  
заместитель генерального директора  
по стандартизации и качеству продуктов  
питания РУП «Научно-практический центр  
Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию»

Официальные оппоненты:

**Панасюк Александр Львович**,  
доктор технических наук, профессор,  
заместитель директора по научной работе  
Федерального государственного  
бюджетного научного учреждения  
«Всероссийский научно-исследовательский  
институт пивоваренной, безалкогольной и  
винодельческой промышленности»

**Абрамова Ирина Михайловна**,  
доктор технических наук,  
заведующая отделом технологии и  
контроля производства спиртных напитков  
Федерального государственного  
бюджетного научного учреждения  
«Всероссийский научно-исследовательский  
институт пищевой биотехнологии»

Оппонирующая организация – Учреждение образования «Белорусский  
государственный экономический  
университет»

Защита состоится 04.11.2015 г. в 15<sup>00</sup> часов на заседании Совета по защите  
диссертаций Д.02.17.01 в учреждении образования «Могилевский  
государственный университет продовольствия» по адресу: 212027, Республика  
Беларусь, г. Могилев, проспект Шмидта, 3, корпус 2, ауд.206, телефон ученого  
секретаря (8022) 47 49 34, e-mail: mti@mogilev.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования  
«Могилевский государственный университет продовольствия».

Автореферат розослан 02.10.2015 года.

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций



О.В. Мацикова

## ВВЕДЕНИЕ

Приоритетной задачей государственной политики Республики Беларусь является повышение уровня продовольственной безопасности, разработка и внедрение интенсивных и ресурсоэкономных технологий ведения технологических процессов и рациональное использование имеющихся сырьевых ресурсов.

За последние годы произошли большие перемены в производстве пива. Широкое применение получили технологические способы и приемы, ускоряющие процессы брожения путем использования различных физических факторов, применения стимуляторов роста, использования активных штаммов дрожжей.

В практике пивоваренной промышленности все больше внимания уделяют применению ряда дрожжевых подкормок, которые в своем составе содержат необходимые ростовые вещества, участвующие в процессе метаболизма дрожжей. Исследования в этой области проводятся рядом российских ученых: В.А. Поляковым, Л.В. Римаревой, М.В. Гернет, К.В. Кобелевым, Г.А. Ермолаевой, В.А. Домарецким, В.А. Помозовой, И.Ю. Шишковым и др.

Однако, несмотря на активные работы по селекции и использованию новых рас дрожжей в производстве пива, в литературе сведения о способах их активации с целью управления жизнедеятельностью, дальнейшего сокращения процессов брожения и созревания пива и улучшения его качества разрозненны и недостаточно аргументированы, а иногда и противоречивы.

Следовательно, исследования, связанные с изучением закономерностей роста, развития и размножения дрожжей, позволят качественно управлять их жизнедеятельностью, а следовательно, и активизировать эти процессы.

Настоящая работа посвящена исследованиям, связанным с применением добавки из водоросли хлореллы белорусской селекции, позволяющей улучшить физиологические характеристики дрожжей, что способствует активации их жизнедеятельности и значительно интенсифицирует технологический процесс брожения.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Связь работы с научными программами (проектами) и темами

Диссертационная работа «Технология производства пива с использованием водоросли *Chlorella pyrenoidosa* для активации пивоваренных дрожжей» выполнялась на кафедре технологии пищевых производств учреждения образования «Могилевский государственный университет

продовольствия» в 2009–2014 гг. Настоящая работа соответствует утвержденному плану научно-исследовательской работы учреждения образования «Могилевский государственный университет продовольствия» в рамках госбюджетных финансируемых тем: № 13–01 «Использование нетрадиционного растительного йодсодержащего сырья как источника активации пивоваренных дрожжей», срок выполнения 03.01.2013–31.12.2013 гг. (номер госрегистрации 20130519); № 14–11 «Исследование физико-химических процессов получения настоев из сухофруктов и разработка технологии импортозамещающей продукции, обладающей повышенными показателями качества и безопасности», срок выполнения 03.01.2014–31.12.2015 гг. (номер госрегистрации 20141169).

Диссертационная работа выполнена в соответствии с основными приоритетными направлениями фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2010–2015 гг., обозначенными постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 апреля 2010 г. № 585: 02.06.07 «Безотходная переработка побочной и сопряженной продукции мясной, молочной, спиртовой, пивоваренной, солодовой, рыбной и др. отраслей пищевой промышленности: 65.43.31 Производство пива».

**Цель и задачи исследований.** Целью настоящей работы является разработка способа активации пивоваренных дрожжей с использованием в качестве активатора водоросли хлореллы белорусской селекции и интенсификация процессов брожения и созревания пива.

В соответствии с поставленной целью сформулированы задачи исследований:

- изучить влияние различных штаммов водоросли хлореллы, культивируемых на территории Республики Беларусь, на физиологические характеристики пивоваренных дрожжей с целью выбора наиболее оптимального штамма для их активации;

- установить оптимальные технологические параметры процесса получения чистой культуры дрожжей с применением водоросли хлореллы, обеспечивающие ее высокие физиологические характеристики;

- провести сравнительный анализ динамики процессов сбраживания пивного сусла с использованием чистой культуры дрожжей, полученной по традиционной технологии и полученной с использованием водоросли хлореллы;

- изучить влияние применения чистой культуры дрожжей, активированной водорослью хлореллой, на изменение минерального и аминокислотного состава пивного сусла в процессе сбраживания;

- разработать научно обоснованную интенсивную технологию получения пива и провести ее опытно-промышленную апробацию.

### **Научная новизна**

Научно обоснована возможность и целесообразность использования водоросли хлореллы, культивируемой на территории Республики Беларусь, в качестве активатора пивоваренных дрожжей на стадии разведения чистой культуры. Показано стимулирующее влияние водоросли на культуральные и физиологические характеристики пивоваренных дрожжей.

Установлена взаимосвязь между количеством вносимой водоросли в среду и физиологическим состоянием дрожжевой культуры, получены математические зависимости, описывающие влияние дозы и стадии введения водоросли, продолжительности процесса культивирования на физиологические характеристики дрожжевых клеток, подобраны оптимальные параметры способа активации чистой культуры дрожжей.

Установлен интенсифицирующий эффект применения водоросли хлореллы в качестве активатора при получении чистой культуры дрожжей на процессы брожения и созревания пива.

### **Положения, выносимые на защиту**

– аналитические зависимости физиологических характеристик пивоваренных дрожжей в средах от вносимых штаммов водоросли хлореллы *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7, *Chlorella vulgaris* BIN IBCE C-20, *Chlorella vulgaris* IBCE C-8 (общее количество дрожжевых клеток увеличивалось на 7,2 % – 19,8 %; количество почкующихся клеток – на 1,1 % – 46,7 %; количество клеток, упитанных по гликогену, – на 1,5 % – 9,5 %; количество мертвых клеток уменьшалось в 1,3–3,4 раза либо отсутствовало), что позволило выбрать штамм водоросли, увеличивающий физиологическую активность дрожжевых клеток (*Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7);

– зависимости влияния количества вносимой водоросли хлореллы (*Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7) и продолжительности процесса культивирования чистой культуры дрожжей на физиологические характеристики пивоваренных дрожжей (количество вносимой водоросли – 15 мг/100 г; продолжительность культивирования после внесения водоросли – 24 часа), обеспечивающие повышение дрожжевой активности всех изучаемых рас дрожжей (количество почкующихся клеток увеличилось на 28,1 % – 51,6 %; количество клеток, упитанных по гликогену, – на 8,6 % – 16,8 %; содержание мертвых клеток уменьшилось в 3,0–3,8 раза);

– зависимости технологических параметров процесса сбраживания (содержание спирта, редуцирующих сахаров, аминного азота, видимой степени сбраживания, бродительной активности) от продолжительности процесса и стадии внесения водоросли хлореллы, что обеспечило увеличение содержания спирта на 14,6 % – 20,2 %, видимой степени сбраживания на 12,2 % – 18,3 % и



бродильной активности на 9,9 % – 38,9 % за счет глубокого усвоения дрожжами редуцирующих сахаров и аминного азота на 16,9 % – 41,3 % и 9,3 % – 15,9 % соответственно и позволило сократить длительность процесса сбраживания с 7 до 6 суток при внесении водоросли непосредственно в чистую культуру дрожжей;

– зависимости изменения аминокислотного и минерального состава сусла от количества вносимой водоросли хлореллы в чистую культуру дрожжей, обеспечивающие увеличение концентрации всех аминокислот и микроэлементов в сусле в начальный момент брожения (содержание цинка увеличилось в 1,1–1,2 раза, меди в 1,2–1,7 раза, железа в 1,2–1,7 раза, йода в 5,1–6,8 раза), что способствует интенсивному росту и размножению дрожжевых клеток, стимулируя дрожжевой метаболизм и, как следствие, интенсифицируя процесс сбраживания (так, усвоение треонина увеличивается в среднем на 5,9 % – 14,6 %; глутамина – на 3,0 % – 11,8 %; аспарагина – на 2,4 % – 4,5 %; метионина в среднем на 13,3 % – 29,9 %; серина – на 7,5 % – 8,6 %; валина – на 5,0 % – 6,3 %);

– научно обоснованная интенсивная технология производства пива, с использованием активированной водорослью хлореллой (*Chlorella pyrenoidosa* [ВСЕ С-7]) дрожжевой разводки, предусматривающая активацию чистой культуры дрожжей путем внесения водоросли хлореллы, позволяющая интенсифицировать процессы брожения и созревания пива и сократить их общую продолжительность с 28 до 24 суток, увеличить бродильную активность дрожжей на 9,9 % – 38,9 % и повысить эффективность использования местных сырьевых ресурсов Республики Беларусь.

**Личный вклад соискателя** ученой степени состоит в проведении аналитического обзора отечественной и зарубежной литературы, подбора методов и методик исследований, анализа и статистической обработки экспериментальных данных, разработке совместно с руководителем способа интенсификации процессов брожения и созревания пива, разработке в соавторстве нормативной документации для промышленного выпуска нового сорта пива.

**Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов.** Результаты работы были представлены и обсуждались на 17-ти международных научных и научно-практических конференциях: VIII Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств», 2011–2014 гг., Могилев, МГУП; Международной научно-технической конференции «Современные технологии и оборудование пищевых производств» 29–30 сентября 2011 г., Тернополь (Украина), Тернопольский национальный технический университет имени И. Пулюя; Международной научной конференции «Хранение, наука, техника и

технологии» 2011–2014 гг., Пловдив (Болгария), Университет по хранителни технологии; Республиканской научной конференции студентов и аспирантов высших учебных заведений Республики Беларусь «НИРС – 2011» 18 октября 2011 г., Минск, БГТУ; V Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы техники и технологии пищевых производств» 15 декабря 2011 г., Барнаул (Россия), Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова; Международной научно-практической конференции «Проблемы гигиены и технологии питания. Современные тенденции и перспективы развития» 19–20 марта 2012 г., Донецк (Украина), Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского; Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие малых городов России: научный, технологический и образовательный потенциал», 17–18 мая 2012 г., Мелеуз (Россия), ФГОУ ВПО Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского; XI Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности», 3–4 октября 2012 г., Минск, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; II Международной научно-практической конференции «Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности – 2013», 24–26 апреля 2013 г., Воронеж (Россия), Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I; XVI Международной научно-практической конференции «Современные технологии в АПК» 2013–2014 гг., Гродно, ГТАУ.

**Опубликованность результатов диссертации.** Количество авторских листов публикаций по теме диссертации, соответствующих пункту 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь от 1 февраля 2012 года, составляет 2,07 авторских листа. По теме диссертации опубликовано 26 печатных работ, в том числе в рецензируемых научных журналах и сборниках научных трудов – 8 статей, 15 статей и тезисов докладов в сборниках материалов научных конференций, одна технологическая инструкция, получено одно положительное решение о выдаче патента Республики Беларусь и одно положительное решение предварительной экспертизы по заявке на выдачу патента.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения и общей характеристики работы, 5 глав, заключения, списка использованных источников, приложений. Объем диссертации составляет 277 страниц: объем, занимаемый иллюстрациями, таблицами – 66 страниц, приложениями – 72 страницы, в том числе 37 таблиц, 29 рисунков, 194 наименования использованных источников литературы, в том числе иностранных – 32.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**В первой главе** содержится аналитический обзор научной и научно-технической отечественной и зарубежной информации, касающейся основных процессов метаболизма дрожжевых культур, которые формируют как физико-химические показатели готового пива, так и их органолептические свойства.

Систематизированы сведения по существующим способам интенсификации процесса брожения и созревания пива, а также способам активации пивоваренных дрожжей, которые позволяют вести технологический процесс более эффективно и улучшить качество готового продукта. Показана актуальность и целесообразность использования дрожжевых подкормок в производстве пива.

Проведен анализ научно-практических аспектов использования водорослей в пищевой промышленности. Приведены данные, подтверждающие, что водоросль хлорелла является ценным и перспективным сырьем в производстве пива.

На основании проведенного анализа литературных данных обоснован выбор объектов исследования, подтверждена актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

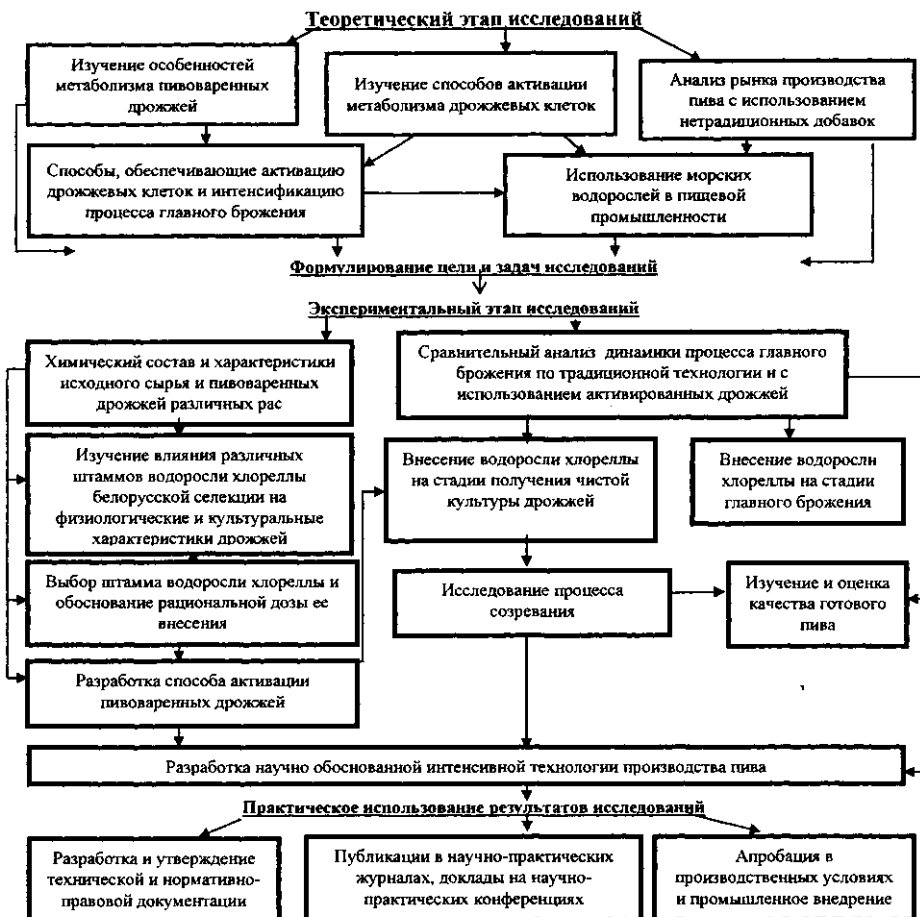
**Во второй главе** представлен перечень и характеристика объектов, методов и методик исследования, разработана структурная схема исследований (рисунок 1).

Объектами исследований являлись пивоваренные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* рас 34; 8aM; 11; 129; 463 и 96, а также водоросли штаммов *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7, *Chlorella vulgaris* IBCE C-8, *Chlorella vulgaris* BIN IBCE C-20 белорусской селекции, полученные из коллекции хозяйственно полезных водорослей института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси.

Отбор проб, подготовка и проведение испытаний осуществлялись общепринятыми и специальными физико-химическими, микробиологическими и органолептическими методами оценки и анализа свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции пивоваренной промышленности.

При определении ряда показателей применялись новейшие высокоэффективные методы исследований: рентгенофлуоресцентный анализ при изучении минерального состава, высокоэффективная жидкостная хроматография при определении содержания аминокислотного состава, атомно-эмиссионная спектрофотометрия при определении токсичных элементов. Экспериментальные данные обрабатывались методами математической статистики. Математическое планирование эксперимента осуществлялось в программе Statgraphics Plus.





**Рисунок 1 – Структурная схема исследований**

**В третьей главе** изучены отечественные штаммы водоросли *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7, *Chlorella vulgaris* IBCE C-8, *Chlorella vulgaris* BIN IBCE C-20. Установлено, что значительную часть содержащихся в них веществ составляют белки (56,45 % – 58,56 %). Они представлены как незаменимыми – валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин, так и заменимыми аминокислотами, которые в свою очередь являются азотистым питанием для дрожжей. Все штаммы водоросли хлореллы содержат в своем составе значительное количество минеральных элементов (калий, кальций, марганец, железо, цинк, сера), в том числе богаты йодом

– 15,8–26,9 мкг/г. По содержанию витаминов хлорелла превосходит все растительные корма, содержит витамины группы В, в том числе витамин В<sub>12</sub> (0,054–0,070 мкг/г), а также витамин Е (140,57–252,10 мкг/г), β-каротин (646,50–1130,20 мкг/г).

По результатам исследований химического состава, содержанию токсичных элементов, а также микробиологической чистоты исследуемых водорослей (*Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7, *Chlorella vulgaris* IBCE C-8, *Chlorella vulgaris* BIN IBCE C-20) было установлено, что данное сырье является безопасным и, следовательно, перспективным для дальнейшего использования в разработке интенсивной технологии получения пива.

Известно [1], что водоросли способны оказывать влияние на пивоваренные дрожжи, стимулируя их активность. Учитывая данный факт, был изучен вопрос влияния различных штаммов водоросли хлореллы на физиологические и культуральные характеристики пивоваренных дрожжей рас 8aM, 463, 96, 129, 34, 11 [10]. Проводившиеся исследования представлены на примере расы 8aM.

Исследование культуральных характеристик дрожжей рас 8aM, 463, 96, 129, 34, 11 при росте на питательных средах Сабуро, модифицированных различными штаммами водоросли хлореллы, показали, что после культивирования (визуальный анализ и измерения проводили в трехсуточной культуре) наблюдается тенденция к увеличению размера колоний: для штамма *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 в 1,3–2,5 раза; для штамма *Chlorella vulgaris* IBCE C-8 в 1,5–2 раза; для штамма *Chlorella vulgaris* BIN IBCE C-20 в 1,3–2 раза [3, 16, 18].

Стоит отметить, что при культивировании на средах, в состав которых входила водоросль *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7, для всех исследуемых рас дрожжей наблюдали наибольшее увеличение размеров колоний (в 1,3–2,5 раза), что свидетельствует о быстрой адаптации клеток к изменившимся условиям внешней среды. В то время как при использовании водоросли *Chlorella vulgaris* IBCE C-8 у рас 96; 463; 129 размер колоний не изменялся по сравнению с контролем, а на средах, содержащих водоросль *Chlorella vulgaris* BIN IBCE C-20, размер колоний не изменялся у рас 8aM; 463; 129. Следовательно, в дальнейших исследованиях целесообразно использовать водоросль *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7.

Анализ физиологических характеристик дрожжей показывает, что внесение различных штаммов водоросли хлореллы белорусской селекции в питательную среду позволяет увеличить общее количество дрожжевых клеток на 7,2 % – 19,8 %; количество почкующихся клеток на 1,1 % – 46,7 %; количество клеток, упитанных по гликогену, – на 1,5 % – 9,5 % и уменьшить

количество мертвых клеток в 1,3–3,4 раза, в некоторых опытных образцах мертвые клетки отсутствовали (таблица 1) [11, 13, 14].

Таблица 1 – Физиологические характеристики дрожжей расы 8aM при использовании различных штаммов водоросли хлореллы белорусской селекции

Добавка	Физиологическая активность								Примечание
	Общее кол-во дрожжевых клеток, млн кл./см <sup>3</sup>		Кол-во мертвых клеток, %		Кол-во почкующихся клеток, %		Кол-во клеток, упитанных по гликогену, %		
	Начальные данные	Через 24 часа	Начальные данные	Через 24 часа	Начальные данные	Через 24 часа	Начальные данные	Через 24 часа	
Контроль без добавки		124,00 ±2,20		2,83±0,70		20,05 ±0,50		80,46 ±0,30	Клетки средней выровненности, мелкие, почкуются
<i>Chlorella pyrenoidosa</i> IBCE C-7	72,00 ±0,21	148,60 ±3,20	Нет	Нет	17,14±0,14	29,21 ±0,20	77,65 ±1,30	88,12 ±0,60	Клетки крупные, хорошо выровнены, почкуются
<i>Chlorella vulgaris</i> BIN IBCE C-20		144,00 ±1,23		0,93±0,10		25,84 ±0,30		86,00 ±0,20	
<i>Chlorella vulgaris</i> IBCE C-8		146,00 ±2,00		1,10±0,20		26,41 ±0,50		86,33 ±0,20	

Использование водоросли *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 в наибольшей степени по сравнению с другими применяемыми штаммами позволяет улучшить физиологические характеристики дрожжевых клеток: упитанность по гликогену на 4,5 % – 9,5 %, количество почкующихся клеток на 9,9 % – 46,7 %, количество дрожжевых клеток на 15,5 % – 19,8 % и уменьшить количество мертвых клеток в 2,6–3,1 раза, в некоторых образцах дрожжевых разводов мертвые клетки вообще отсутствовали. Использование активированной водорослью *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 чистой культуры дрожжей имеет решающее значение для ускорения процесса главного брожения, особенно на начальном его этапе, когда скорость процесса лимитируется длительной адаптацией дрожжей и их продуктивностью.

Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии исследуемых штаммов водоросли хлореллы на физиологические и культуральные характеристики пивоваренных дрожжей. Однако наилучшими характеристиками обладали дрожжи, активированные штаммом *Chlorella rugenoidosa* IBCE C-7 и, следовательно, в дальнейших исследованиях целесообразно было использовать именно данный штамм водоросли хлореллы.

С целью определения оптимальных параметров процесса культивирования дрожжей при получении чистой культуры (доза задачи водоросли и продолжительность культивирования после внесения водоросли), обеспечивающих достижение необходимых физиологических характеристик дрожжей, был проведен полный факторный эксперимент 2<sup>2</sup>.

В качестве параметров оптимизации рассматривались общее количество дрожжевых клеток ( $Y_1$ , млн кл/см<sup>3</sup>) и количество клеток, упитанных по гликогену ( $Y_2$ , %). В качестве основных факторов, влияющих на параметры оптимизации, были выбраны: дозировка водоросли хлореллы  $X_1$  (мг/100 г), используемой в качестве активатора, и  $X_2$  (ч) продолжительность культивирования после внесения водоросли.

Влияние исследуемых факторов на параметры оптимизации оценивали, построив поверхности отклика. Поверхности отклика общего количества дрожжевых клеток и клеток, упитанных по гликогену, представлены на рисунке 2.

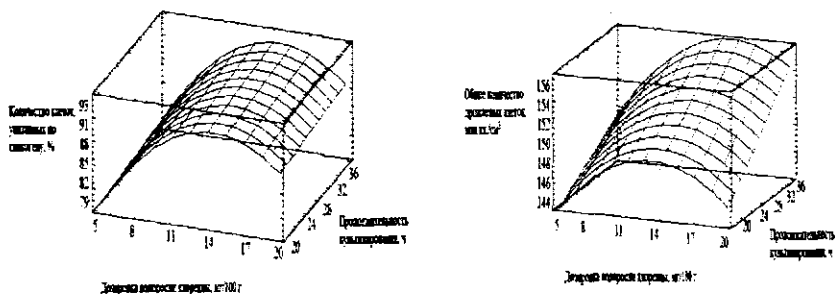


Рисунок 2 – Поверхности отклика, отражающие зависимость процесса культивирования дрожжевых клеток от параметров культивирования

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие зависимость исследуемых функций отклика от выбранных факторов:

для изменения общего количества дрожжевых клеток:

$$Y_1 = 42,67 + 5,004 \times x_1 + 2,936 \times x_2 - 0,195 \times x_1^2 + 0,035 \times x_1 \times x_2 \quad (1)$$

для изменения числа клеток, упитанных по гликогену:

$$Y_2 = 57,645 + 3,099 \times x_1 + 0,527 \times x_2 - 0,106 \times x_1^2 + 0,004 \times x_1 \times x_2 \quad (2)$$

Работоспособность моделей подтверждается высокими коэффициентами детерминации  $R^2$ : 0,97 – для общего количества дрожжевых клеток; 0,94 – для клеток, упитанных по гликогену.

Путем многокритериальной оптимизации с применением критерия желательности Харрингтона были установлены оптимальные значения параметров культивирования чистой культуры дрожжей: дозировка водоросли 15 мг/100 г и продолжительность культивирования чистой культуры дрожжей после внесения водоросли в течение 24 часов [8].

Для опытного подтверждения полученных результатов оптимизации культивирования чистой культуры дрожжей с использованием водоросли *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 были проведены экспериментальные исследования по изучению влияния различных количеств водоросли на физиологические и культуральные характеристики пивоваренных дрожжей (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние различных количеств водоросли *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 на физиологические характеристики дрожжей расы 8aM

Показатели	Начальные данные	Доза внесения водоросли (данные, полученные через 24 часа культивирования), мг/100 г				
		Контроль	5	10	15	20
Общее кол-во дрожжевых клеток, млн кл./см <sup>3</sup>	72,00±0,21	124,00±2,00	148,6±2,35	150,00±3,00	156,60±2,15	156,8±2,45
Количество мертвых клеток, %	нет	2,83 ± 0,20	отсутствуют			
Количество почкующихся клеток, %	17,14±0,14	20,05±0,30	29,21±0,20	29,84±2,01	30,41±0,50	32,00±0,30
Количество клеток, упитанных по гликогену, %	77,65±1,30	80,46±0,50	88,12±0,50	92,12±1,02	94,00±2,14	95,32±1,25

Проведенные исследования подтверждают, что получение чистой культуры дрожжей по оптимизированному режиму культивирования

(дозировка водоросли 15 мг/100 г и продолжительность культивирования чистой культуры дрожжей после внесения водоросли в течение 24 часов) способствует уменьшению количества мертвых клеток для рас 129; 96; 463 в среднем в 3,0–3,8 раза, а для дрожжей рас 34; 11; 8aM мертвые клетки вовсе отсутствовали. Также наблюдали увеличение клеток, упитанных по гликогену, для всех шести рас в среднем на 8,6 % – 16,8 %, и увеличение почкующихся клеток на 28,1 % – 51,6 % [15, 17, 18]. Использование водоросли в количестве 20 мг/100 г также позволяет получать физиологически активную чистую культуру дрожжей, однако внесение водоросли в данном количестве способствует появлению слегка уловимого морского запаха, а разница в полученных характеристиках имеет незначительные расхождения и, следовательно, использование водоросли *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 в количестве 15 мг/100 г экономически более целесообразно.

Анализ данных, полученных при изучении культуральных характеристик пивоваренных дрожжей, на плотных питательных средах модифицированных водорослью *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7, показал, что наибольшее увеличение размеров колоний (в среднем в 1,5–3,0 раза) наблюдали при введении водоросли в количестве 15 мг/100 г [16, 18].

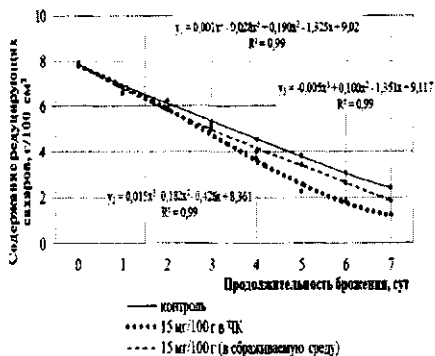
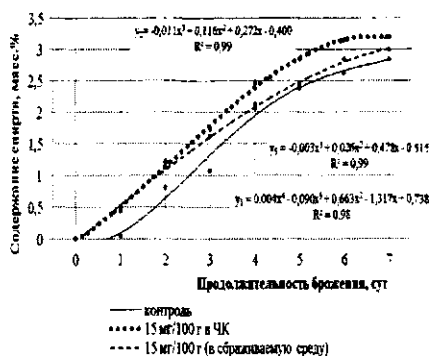
Таким образом, опытными данными было подтверждено, что применение оптимизированного способа получения чистой культуры дрожжей с использованием водоросли *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 в количестве 15 мг/100 г позволяет получать активную дрожжевую культуру с высокими физиологическими характеристиками, тем самым создавая благоприятные условия для более интенсивного хода процесса главного брожения.

**В четвертой главе** проведен сравнительный анализ динамики процессов сбраживания пивного суслу с использованием чистой культуры дрожжей, полученной по традиционной технологии и полученной с использованием водоросли *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7.

В результате проведенного сравнительного анализа было установлено, что в обоих случаях дозировка водоросли 15 мг/100 г является наиболее оптимальной.

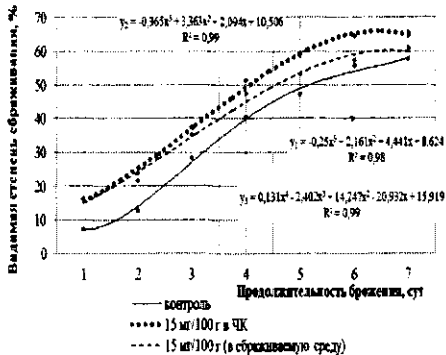
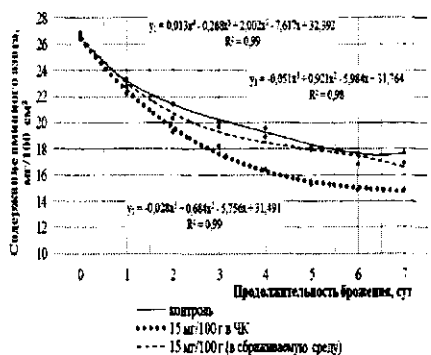
Наилучшей стадией введения водоросли следует считать стадию получения чистой культуры дрожжей с использованием водоросли *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7. Это в дальнейшем существенно влияет на процесс главного брожения, способствуя его интенсификации (увеличивается накопление этилового спирта на 14,6 % – 20,2 %, а при внесении водоросли непосредственно перед главным брожением на 5,6 % – 14,4 % (рисунок 3а); увеличивается потребление редуцирующих сахаров и аминного азота на 16,9 % – 41,3 % и 9,3 % – 15,9 % соответственно, в то время как при внесении

водоросли непосредственно перед главным брожением на 11,0 % – 21,9 % и 1,8 % – 12,5 %) (рисунок 3б–3в) [5, 9, 13].



а) Динамика накопления спирта в процессе сбраживания

б) Динамика потребления редуцирующих сахаров в процессе сбраживания



в) Динамика потребления аминного азота в процессе сбраживания

г) Динамика изменения видимой степени сбраживания

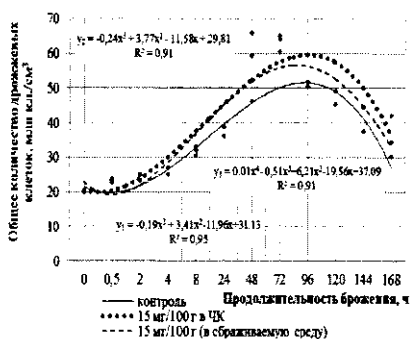
Рисунок 3 – Динамика физико-химических показателей процесса сбраживания

Это также подтверждается полученными данными по видимой степени сбраживания. Так, в опытных образцах, сброженных активированными разводками с использованием водоросли *Chlorella rupeoidosa* IBCE C-7 в количестве 15 мг/100 г, на шестые сутки брожения степень сбраживания составляла в среднем 60,45 % – 64,36 %, в то время как при внесении водоросли непосредственно перед главным брожением, только к седьмому суткам видимая степень сбраживания достигала значений в интервале 58,18 % – 60,82 % (рисунок 3г).

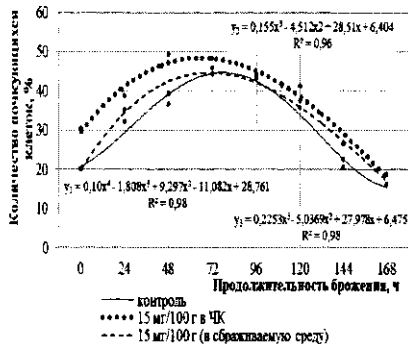


Обобщая данные, полученные в процессе брожения по утилизации сбраживаемых углеводов, аминного азота и накоплению этанола, установлено, что применение водоросли *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 в количестве 15 мг/100 г на стадии получения чистой культуры дрожжей позволяет сократить продолжительность брожения с 7 до 6 суток.

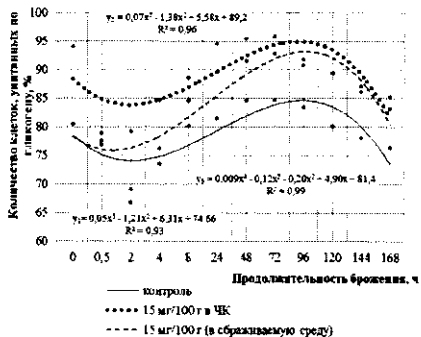
Анализ физиологических характеристик дрожжей в процессе брожения позволил установить, что опытные образцы всех рас дрожжей превышали контрольные по приросту биомассы – максимальное накопление дрожжевых клеток в них достигается к 48 часам брожения и совпадает с началом интенсивного брожения. В то время как в контрольных образцах и образцах, в которые вносили водоросль в сбраживаемую среду, данный процесс начинается позже, к 72 часам брожения (рисунок 4а).



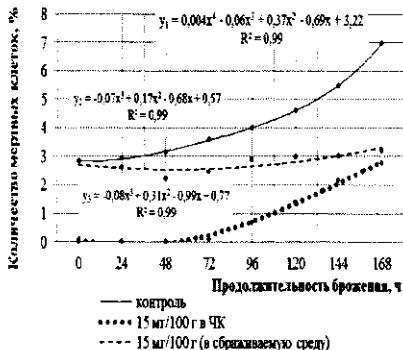
а) Динамика накопления дрожжевой биомассы в процессе сбраживания



б) Динамика количества почкующихся клеток в процессе сбраживания



в) Динамика количества клеток, упитанных по гликогену, в процессе сбраживания



г) Динамика количества мертвых клеток в процессе сбраживания

Рисунок 4 – Динамика физиологических характеристик дрожжей в процессе брожения

Количество почкующихся клеток максимально увеличивается на вторые сутки брожения и превышает контрольные образцы на 24,7 % – 46,1 %, а количество клеток, упитанных по гликогену, имеет максимум к третьим суткам и превышает контрольные образцы на 6,9 % – 13,1 % (при использовании активированной водорослью дрожжевой разводки), а при внесении водоросли непосредственно перед главным брожением оба показателя имеют максимальное значение на третьи сутки – на 3,2 % – 22,6 % и 4,6 % – 9,6 % соответственно (рисунок 4б–4в).

В конце брожения наблюдали максимально низкое значение мертвых клеток: при внесении водоросли в чистую культуру дрожжей – 2,76 %, а при внесении непосредственно перед главным брожением – их количество достигало 3,20 %. В то время как в контрольном образце количество мертвых клеток в среднем составляло 6,98 % (рисунок 4г) [4, 12].

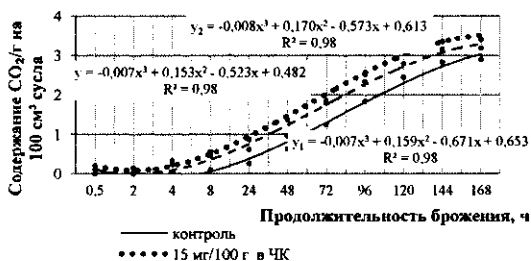


Рисунок 5 – Динамика бродной активности дрожжей

С целью оценки скорости спиртового брожения была исследована динамика образования диоксида углерода у дрожжей при внесении водоросли на различных технологических стадиях. Результаты исследования выделения диоксида углерода при брожении приведены на рисунке 5.

Установлено, что использование водоросли *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 в чистой культуре дрожжей позволяет повысить бродную активность дрожжей в процессе брожения, способствует более короткому периоду лаг-фазы, который составляет 30 минут, и более высокому выделению углекислоты (3,4 г/100 см<sup>3</sup>) в конце брожения. В образцах с внесением водоросли непосредственно перед главным брожением период лаг-фазы составлял 2 часа; количество выделившейся углекислоты в конце брожения 3,18 г/100 см<sup>3</sup>, в то время как в контроле эти показатели соответствовали 4 часам и 2,9 г/100 см<sup>3</sup>. Максимальная интенсивность выделения газа в опытных образцах, сбраживаемых активированной разводкой, происходит в период между 48 и 72 часами брожения, в то время как в контроле и образцах, в которые водоросль вносили перед главным брожением, этот период составлял 72–96 часов. Данный факт свидетельствует о том, что период активного размножения клеток заканчивается, и процесс метаболизма перестраивается на

синтез этилового спирта. Полученные результаты коррелируются с данными, полученными при анализе прироста биомассы [7].

С целью более полного анализа состояния дрожжевых клеток в процессе брожения в зависимости от стадии внесения водоросли, используемой в качестве активатора, была рассчитана удельная скорость роста для экспоненциальной фазы роста дрожжей, которая представлена на рисунке 6.



Рисунок 6 – Удельная скорость роста дрожжей

В опытных образцах, для сбраживания которых использовали активированную дрожжевую разводку, удельная скорость роста превышала контрольный показатель в 1,5 раза, а в образцах с внесением водоросли перед главным брожением в 1,1 раза [6].

Таким образом, данные по удельной скорости роста дрожжей еще раз подтверждают

тот факт, что в период между 48–72 часами брожения скорость роста дрожжей сильно снижается и наступает период бурного брожения. Следовательно, результаты имеют тесную взаимосвязь с данными, полученными при анализе общего количества дрожжевых клеток в процессе главного брожения.

В результате экспериментальных исследований установлено, что наиболее оптимальной стадией введения водоросли следует считать стадию получения чистой культуры дрожжей, так как именно она позволяет получать дрожжевую разводку с более высокими физиологическими характеристиками и, следовательно, интенсифицировать процесс главного брожения, сокращая его с 7 до 6 суток.

Установлено, что применение активированной водорослью *Chlorella rupeoidosa* ИВСЕ чистой культуры дрожжей повышает в сусле концентрацию таких микроэлементов, как медь, цинк, железо, которые являются активными центрами многих внутриклеточных ферментов, что в дальнейшем способствует их активации и, следовательно, влияет на интенсификацию процесса брожения. В начальный момент брожения содержание цинка, меди и железа увеличивается в опытных образцах в 1,1–1,2 раза; в 1,2–1,7 раза; в 1,2–1,7 раза соответственно по сравнению с контрольными образцами. Также отмечено повышение концентрации йода в опытных образцах по сравнению с контрольными образцами в 5,1–6,8 раза. При изучении динамики данных микроэлементов в процессе главного брожения было установлено, что как в опытных, так и в контрольных образцах происходило уменьшение

концентрации микроэлементов. Данные изменения происходили медленно и прогрессивно по ходу всего технологического процесса [12, 19, 22].

Установлено, что при использовании активированных водорослью хлореллой *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 дрожжевых разводов аминокислотный состав суслу изменяется в сторону увеличения концентрации всех аминокислот, что непосредственно связано с наличием водоросли в составе дрожжевой разводки.

На основании экспериментальных данных установлено, что усвоение аминокислот идет более интенсивно и глубоко по сравнению с контролем. Так, усвоение треонина увеличивается на 5,9 % – 14,6 %; глутамина – на 3,0 % – 11,8 %; аспарагина – на 2,4 % – 4,5 %; метионина – на 13,3 % – 29,9 %; серина – на 7,5 % – 8,6 %; валина – на 5,0 % – 6,3 %.

Следующим этапом исследования было изучение процесса созревания пива. Установлено, что у опытных образцов пива, сброженных дрожжевой разводкой, активированной водорослью *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7, в процессе созревания флокуляционная активность дрожжевых клеток наиболее ярко выражена, несмотря на высокую физиологическую активность клеток в процессе главного брожения. Процесс созревания для этих образцов можно считать законченным на 18 сутки, так как и разница между видимой и конечной степенью сбраживания составляла 4,0 %, в то время как в контроле она равнялась 6,9 %. Содержание диацетила составляло 0,02 мг/дм<sup>3</sup>, что ниже пороговой концентрации восприятия. В то время как в контрольных образцах этот показатель был выше 0,09 мг/дм<sup>3</sup>, хотя и находился в допустимых пределах.

Таким образом, было установлено, что в опытных образцах пива, полученных с использованием активированной дрожжевой разводки, процесс дображивания протекает интенсивнее и его можно считать законченным на 18 сутки дображивания [11, 14, 20, 23].

**В пятой главе** приведены данные по разработке способа интенсификации процессов брожения и созревания пива с использованием активированной водорослью *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 дрожжевой разводки. Усовершенствованная технологическая схема производства пива по интенсивной технологии представлена на рисунке 7.

Отличительной особенностью разработанной интенсивной технологии является то, что впервые при получении чистой культуры дрожжей было предложено использовать водоросль *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 в качестве активатора, что в дальнейшем позволяет сократить длительность процессов главного брожения на одни сутки и дображивания на трое суток. Готовое пиво в зависимости от применяемой расы дрожжей имеет высокую действительную 62,72 % – 65,45 % и видимую 74,30 % – 78,00 % степени сбраживания, что превышает контрольные показатели на 10,0 % – 15,5 % и 6,9 % – 10,8 % соответственно [5].

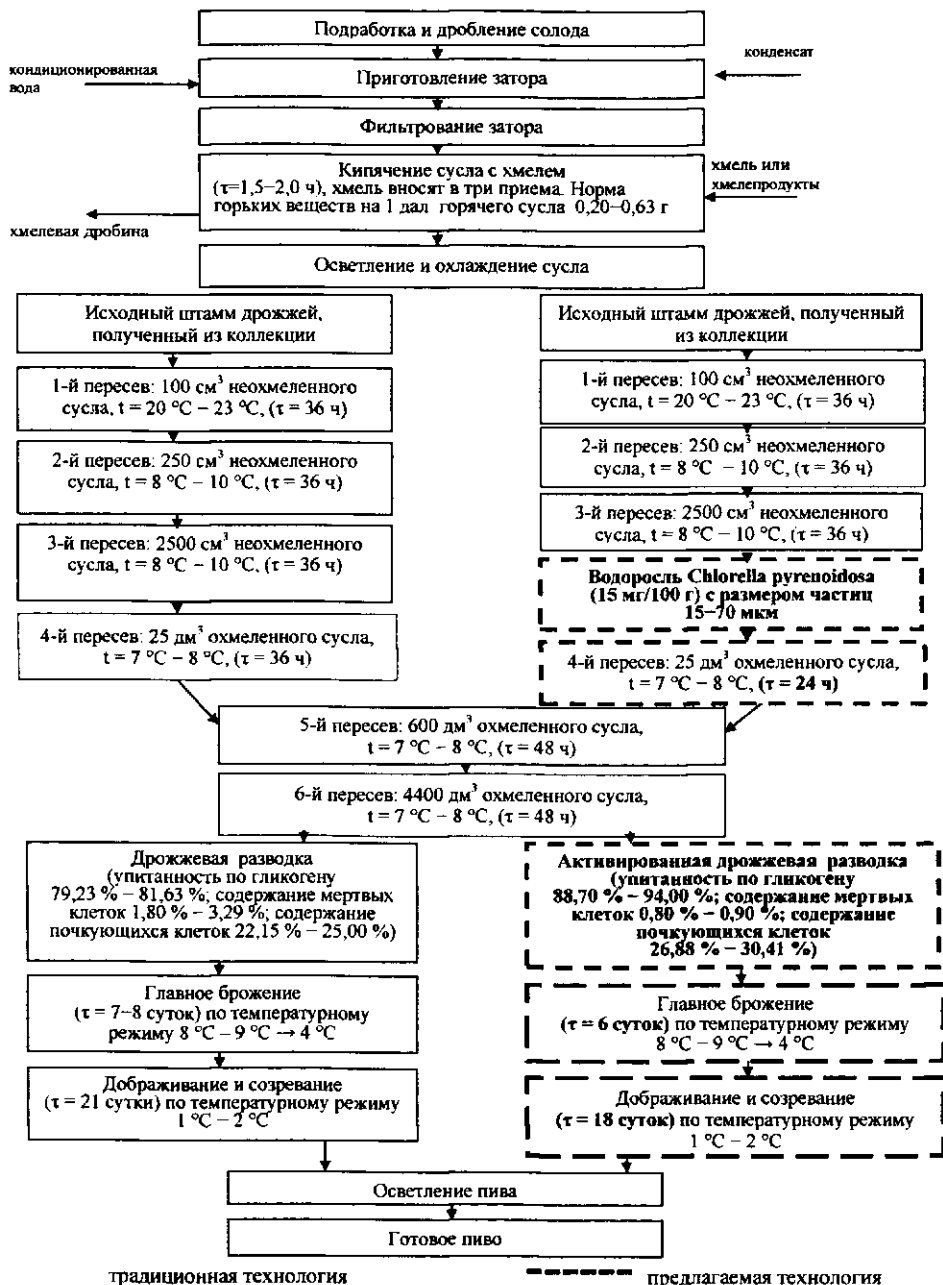


Рисунок 7 – Технологическая схема производства пива

Установлено, что показатели качества и безопасности опытных образцов готового пива находятся в допустимых пределах, характеризуются физико-химическими и органолептическими показателями, соответствующими требованиям СТБ 395-2005 «Пиво. Общие технические условия».

В таблице 3 представлены показатели готового пива, полученного с применением дрожжей расы 8aM.

Таблица 3 – Физико-химические показатели готового пива

Показатели	Готовое пиво	
	Контроль	Опыт
Массовая доля сухих веществ начального сусла, %	11,00	11,00
Цвет, пв. ед.	0,86	0,84
Титруемая кислотность, к. ед.	2,33	2,32
pH	4,38	4,36
Содержание спирта, масс. %	3,12	3,52
Содержание видимого экстракта, %	3,18	2,64
Содержание действительного экстракта, %	4,82	3,86
Видимая степень сбраживания, %	71,11	76,00
Действительная степень сбраживания, %	56,18	64,90
Содержание микроэлементов:		
Содержание йода, мкг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,93
Содержание меди, мг/кг	0,32	0,40
Содержание железа, мг/кг	0,76	1,08
Содержание цинка, мг/кг	0,09	0,11

Разработана технологическая инструкция по производству пива ТИ ВУ 700036606.101 – 2013 [24].

Технология апробирована в промышленных условиях на ИЗАО «Пивоварни Хайнекен». Экономический эффект достигается за счет увеличения оборачиваемости броидильного оборудования, а следовательно, и производительности предприятия по выпуску пива в результате внедрения интенсивной технологии на основе использования активированной с помощью водоросли хлореллы (*Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7) дрожжевой разводки и составляет 7084,8 руб. на 1 дал готового пива в ценах 2013 года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучено влияние различных штаммов водоросли хлореллы (*Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7, *Chlorella vulgaris* IBCE C-8, *Chlorella vulgaris* BIN IBCE C-20) на физиологические характеристики пивоваренных дрожжей. Использование данных водорослей позволяет улучшить физиологические свойства дрожжевых клеток, а именно: увеличить упитанность клеток по

гликогену на 1,5 % – 9,5 %, количество почкующихся клеток на 1,1 % – 46,7 %, общее количество дрожжевых клеток на 7,2 % – 19,8 %. Количество мертвых клеток уменьшилось в 1,3–3,4 раза либо отсутствовало. Данные показатели в дальнейшем имеют решающее значение для ускорения процесса главного брожения, особенно на начальном его этапе, когда скорость процесса лимитируется длительной адаптацией дрожжей. Установлено, что наиболее рационально применять в качестве дополнительного источника биологически активных веществ водоросль *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 [1, 3, 10, 15, 16, 18].

2. В результате статистической обработки экспериментальных данных получена математическая зависимость, адекватно описывающая зависимость накопления общего количества дрожжевых клеток и клеток, упитанных по гликогену, от продолжительности процесса получения чистой культуры дрожжей и дозы вносимой водоросли. Путем многокритериальной оптимизации с использованием критерия желательности Харрингтона установлены оптимальные параметры культивирования чистой культуры дрожжей (доза внесения водоросли – 15 мг/100 г, продолжительность культивирования после внесения водоросли – 24 ч), позволяющие получать дрожжевую разводку со стабильно высокими физиологическими характеристиками [8].

3. В результате анализа влияния различных количеств водоросли хлореллы (*Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7) на физиологические и культуральные характеристики дрожжей было подтверждено стимулирующее действие оптимизированного процесса получения чистой культуры дрожжей с использованием водоросли в количестве 15 мг/100 г, которое позволяет получить культуру дрожжей с повышенной физиологической активностью. Установлено, что внесение водоросли в питательную среду для культивирования способствует уменьшению количества мертвых клеток в 3,0–3,8 раза, увеличению клеток, упитанных по гликогену, на 8,6 % – 16,8 %, увеличению почкующихся клеток на 28,1 % – 51,6 % [1, 15, 16, 17, 18].

4. На основании проведенной сравнительной оценки эффективности применения водоросли *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 на стадии получения чистой культуры дрожжей и на стадии главного брожения установлено, что наиболее рационально применять водоросль на стадии получения чистой культуры дрожжей. Это в дальнейшем оказывает влияние на процесс главного брожения, способствуя его интенсификации: на шестые сутки брожения степень сбраживания 60,45 % – 64,36 %, что на 12,2 % – 18,3 % выше, чем в контрольных образцах, а при внесении водоросли перед главным брожением только на седьмые сутки видимая степень сбраживания достигает 58,18 % – 60,82 %; накопление этилового спирта на шестые сутки увеличивается на



14,6 % – 20,2 %, а при внесении водоросли перед главным брожением только на седьмые сутки на 5,6 % – 14,4 %; увеличивается потребление редуцирующих сахаров и аминного азота на 16,9 % – 41,3 % и 9,3 % – 15,9 % соответственно, а при внесении водоросли перед главным брожением на 11,0 % – 21,9 % и 1,8 % – 12,5 % соответственно. Экспериментально подтверждено стимулирующее действие водоросли хлореллы в количестве 15 мг/100 г на бродильную активность дрожжей в процессе сбраживания, количество выделившегося углекислого газа увеличивается в среднем на 9,9 % – 38,9 %, а при внесении водоросли перед главным брожением на 4,9 % – 29,0 % по сравнению с контролем [2, 6, 7, 9, 20, 21].

5. На основании данных о минеральном и аминокислотном составе в процессе брожения установлено, что применение в составе чистой культуры дрожжей водоросли *Chlorella rupeoidosa* IBCE C-7 повышает концентрацию в пивном сусле таких микроэлементов, как медь, цинк, железо, которые являются активными центрами многих внутриклеточных ферментов, что в дальнейшем способствует их активации и, следовательно, влияет на интенсификацию процесса брожения. В начальный момент брожения содержание цинка, меди, железа и йода увеличивается в опытных образцах по сравнению с контрольными образцами при использовании водоросли в чистой культуре дрожжей в среднем в 1,1–1,2 раза; в 1,2–1,7 раза; в 1,2–1,7 раза; в 5,1–6,8 раза соответственно [5, 12, 19, 22].

Аминокислотный состав сусла также изменяется в сторону увеличения концентрации всех аминокислот. Потребление аминокислот в опытных образцах происходит более интенсивно по сравнению с контрольными, что обеспечивает интенсивный рост и размножение клеток, сокращение расхода сахара на построение дрожжевых клеток, более полное его потребление, способствует улучшению физиологического состояния клетки, стимулирует дрожжевой метаболизм и, как следствие, интенсифицирует процесс сбраживания. Усвоение треонина происходит полнее в среднем на 5,9 % – 14,6 %; глутамина – на 3,0 % – 11,8 %; аспарагина – на 2,4 % – 4,5 %; метионина в среднем на 13,3 % – 29,9 %; серина – на 7,5 % – 8,6 %; валина – на 5,0 % – 6,3 % [5].

6. Предложена научно обоснованная интенсивная технология получения пива с использованием активированной водорослью хлореллой (*Chlorella rupeoidosa* IBCE C-7) дрожжевой разводки, предусматривающая активацию чистой культуры дрожжей путем внесения водоросли хлореллы, позволяющая интенсифицировать процессы брожения и созревания пива, сократив их общую продолжительность до 24 суток (по традиционной технологии – 28 суток), увеличить бродильную активность дрожжей на 9,9 % – 38,9 % и повысить эффективность использования местных сырьевых ресурсов [4, 11, 13, 14, 23].

7. Экономический эффект в результате внедрения интенсивной технологии на основе использования активированной с помощью водоросли хлореллы (*Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7) дрожжевой разводки составляет 7084,8 руб. на 1 дал готового пива в ценах 2013 года.

#### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

В результате проведенных исследований по применению водоросли *Chlorella pyrenoidosa* IBCE C-7 в качестве активатора пивоваренных дрожжей была установлена целесообразность использования данной водоросли в количестве 15 мг/100 г на стадии получения чистой культуры дрожжей, что в дальнейшем способствует интенсификации процессов брожения и созревания пива.

Новизна способа активации дрожжей, а также разработанной интенсивной технологии получения пива подтверждена положительным решением на выдачу патента Республики Беларусь [25] и положительным результатом предварительной экспертизы по заявке на выдачу патента [26].

Разработанная технология апробирована в производственных условиях ИЗАО «Пивоварни Хайнекен», получены акт о выработке опытной партии и акт дегустационной комиссии, разработана и утверждена технологическая документация на интенсивную технологию производства пива ТИ ВУ 700036606.101 – 2013 «Технологическая инструкция по производству пива «Ольгерд» [24].

Полученные в диссертации экспериментальные данные позволят посредством внесения водоросли хлореллы активировать дрожжевые клетки, что приведет к получению физиологически более активной дрожжевой разводки, а рекомендуемая доза и стадия внесения водоросли даст возможность интенсифицировать процессы брожения и созревания.

Социальный эффект заключается в том, что население республики получит продукт с высокими органолептическими характеристиками, что внесет свой вклад в расширение ассортимента выпускаемой продукции, а также будет способствовать повышению эффективности использования местных сырьевых ресурсов Республики Беларусь.

### **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

#### Статьи в научных журналах, сборниках научных трудов

1 Моргунова, Е.М. Использование морских водорослей как источника активации пивоваренных дрожжей / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2011 г. – № 4. – С. 16–19.

2 Моргунова, Е.М. Зеленая водоросль хлорелла как источник интенсификации процесса брожения при получении пива / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова // Хранение, наука, техника и технологии 2011: материалы научной конференции с международным участием, Пловдив, 14–15 окт. 2011 г. / Ун-т пищевых технологий; редкол.: К. Василев [и др.]. – Пловдив, 2011. – С.319–324.

3 Моргунова, Е.М. Особенности роста пивоваренных дрожжей на плотных и жидких питательных средах / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова // Хранение, наука, техника и технологии 2012: материалы научной конференции с международным участием, Пловдив, 9–10 окт. 2012 г. / Ун-т пищевых технологий; редкол.: П. Денев [и др.]. – Пловдив, 2012. – С.277–279.

4 Моргунова, Е.М. Интенсификация процесса главного брожения пивного суслу на основе применения активатора роста – *Chlorella pyrenoidosa* / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова, Е.В. Родин // Вестник МГУП. – 2013 г. – № 2. – С.34–38.

5 Моргунова, Е.М. Перспективное направление в интенсификации сбраживания пивного суслу / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова, Е.В. Родин // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2013 г. – № 2. – С.34–38.

6 Моргунова, Е.М. Влияние микроскопической водоросли хлореллы на интенсивность роста дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* / Е.М. Моргунова, Л.И. Нефедов, Ю.С. Назарова // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2013 г. – № 4. – С.14–17.

7 Моргунова, Е.М. Исследование бродильной активности дрожжей / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова // Хранение, наука, техника и технологии 2013: материалы научной конференции с международным участием, Пловдив, 18–19 окт. 2013 г. / Ун-т пищевых технологий; редкол.: П. Денев [и др.]. – Пловдив, 2013. – С.337–340.

8 Моргунова, Е.М. Оптимизация процесса культивирования чистой культуры дрожжей / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова // Хранение, наука, техника и технологии 2014: материалы научной конференции с международным участием, Пловдив, 24–25 окт. 2014 г. / Ун-т пищевых технологий; редкол.: П. Денев [и др.]. – Пловдив, 2014. – С.497–500.

#### Статьи в сборниках материалов конференций, тезисы докладов

9 Назарова, Ю.С. Исследование возможности использования морских водорослей для интенсификации процесса брожения / Ю.С. Назарова, Е.М. Моргунова, В.А. Автушенко, Е.Л. Михаленко // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов VIII Международной научной конференции, Могилев, 27–28 апр. 2011 г. / Могилевский гос. ун-т продовольствия; редкол.: А.В. Акулич [и др.]. – Могилев, 2011. – С. 74.

10 Моргунова, Е.М. Влияние водоросли хлорелла на физиологическую активность пивоваренных дрожжей / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова // Современные технологии и оборудование пищевых производств: материалы Международной научно-технической конференции, Тернополь, 29–30 сен. 2011 г. / Тернопольский национальный технический унив-т имени И. Пулюя, редкол.: В.Юкало [и др.]. – Тернополь, 2011. – С.75–76.

11 Назарова, Ю.С. Морепродукты как источник интенсификации процесса брожения при получении пива / Ю.С. Назарова, Е.М. Моргунова // НИРС – 2011: материалы респ. конф. студентов и аспирантов вузов Республики Беларусь, Минск, 18 октября 2011 г. / Белорус, гос. ун-т; редкол.: С.В. Абламейко [и др.].– Минск, 2011. – С.397.

12 Назарова, Ю.С. Нетрадиционная йодсодержащая добавка для пивоварения / Ю.С. Назарова, Е.М. Моргунова // НИРС – 2011: материалы респ. конф. студентов и аспирантов вузов Республики Беларусь, Минск, 18 октября 2011 г. / Белорус, гос. ун-т; редкол.: С.В. Абламейко [и др.].– Минск, 2011. – С.397.

13 Моргунова, Е.М. Применение морских водорослей в пивоваренной промышленности / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: тезисы докладов V Всероссийской научно-практической конференции, Барнаул, 15 декабря 2011 г. / Алтайский гос. технический ун-т им. И.И. Ползунова; редкол.: М.П. Щетинина [и др.].– Барнаул, 2011. Ч.1. – С. 226–229.

14 Моргунова, Е.М. Зеленая водоросль хлорелла – уникальная добавка для пивоварения / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова // Проблемы гигиены и технологии питания. Современные тенденции и перспективы развития: материалы Международной научно-практической конференции, Донецк, 19–20 марта 2012 г. / Мин-во образования и науки, молодежи и спорта [и др.]; редкол.: А.А. Садеков [и др.].– Донецк: [Пред-во Донец. нац. ун-т экономики и торговли им. М. Туган-Барановского], 2012. – С.56–57.

15 Назарова, Ю.С. Исследование влияния морских водорослей на физиологические характеристики различных рас дрожжей / Ю.С. Назарова, Е.М. Моргунова, В.В. Автушенко // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов Международной научной конференции студентов и аспирантов, Могилев, 26–27 апреля 2012 г. / Могилевский гос. ун-т продовольствия; редкол.: А.В. Акулич [и др.]. – Могилев, 2012. Ч.1. – С. 44.

16 Назарова, Ю.С. Культуральные особенности различных рас пивоваренных дрожжей, активизированных препаратами из морских водорослей / Ю.С. Назарова, Е.М. Моргунова, В.В. Автушенко // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов Международной

научной конференции студентов и аспирантов, Могилев, 26–27 апреля 2012 г. / Могилевский гос. ун-т продовольствия; редкол.: А.В. Акулич [и др.]. – Могилев, 2012. – Ч.1. – С.46.

17 Моргунова, Е.М. Способ активации пивоваренных дрожжей / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова // Инновационное развитие малых городов России: научный, технологический и образовательный потенциал: материалы Международной научно-практической конференции, Мелеуз, 17–18 мая 2012 г. / ФГОУ ВПО Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ф-л в г.Мелеузе; редкол.: А.Н. Мамцев [и др.]. – Мелеуз, 2012. – С.221–224.

18 Моргунова, Е.М. Особенности роста различных рас пивоваренных дрожжей на модифицированной питательной среде / Е.М.Моргунова, Ю.С. Назарова // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы XI Международной научно-практической конференции, Минск, 3–4 октября 2012 г. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; редкол.: В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2012. – С. 51–54.

19 Моргунова, Е.М. Исследование возможности использования морских водорослей как йодсодержащей добавки для пивоварения / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов IX Международной научно-технической конференции, Могилев, 25–26 апреля 2013 г. / Могилевский гос. ун-т продовольствия; редкол.: А.В. Акулич [и др.]. – Могилев, 2013. – Ч.1. – С. 29.

20 Моргунова, Е.М. Исследование влияния различных количеств водоросли хлореллы на процесс главного брожения / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов IX Международной научно-технической конференции, Могилев, 25–26 апреля 2013г. / Могилевский гос. ун-т продовольствия; редкол.: А.В. Акулич [и др.]. – Могилев, 2013. – Ч.1. – С. 28.

21 Моргунова, Е.М. Способ интенсификации процесса сбраживания пивного сусла / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова // Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности 2013: материалы II Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2013 г. / Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I редкол.: В.И. Котарев [и др.]. – Воронеж, 2013. – Ч. 1. – С. 140–143.

22 Макаренко, А.В. Влияние водоросли хлореллы на изменение содержания йода в процессе главного брожения / А.В. Макаренко, Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов IX Международной научной конференции студентов и

аспирантов, Могилев, 24–25 апреля 2014 г. / Могилевский гос. ун-т продовольствия; редкол.: А.В. Акулич [и др.]. – Могилев, 2014. – Ч.1. – С. 47.

23 Моргунова, Е.М. Активатор дрожжей в пивоварении / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова, Е.В. Родин // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XVII международной научно-практической конференции, Гродно, 16 мая 2014 г. / Гродненский гос. аграрный ун-т; редкол.: В.В. Пешко. – Гродно, 2014. – С.116–118.

#### Нормативно-технические документы

24 Технологическая инструкция по производству пива «Ольгерд»: ТИ ВУ 700036606.101–2013 / Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова: утв. УО «Могилевский государственный университет продовольствия» 22.04.2013. Введ.18.04.2013. – Могилев, 2013. – 16 с.

#### Патенты, заявки на изобретение

25 Способ активации дрожжей: положительное решение о выдаче патента по заявке на изобретение а 20130339 (22) Респ. Беларусь, МПК С 12Р 19/40/ Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова; заявитель Могилевский государственный университет продовольствия. – № а 20130339; заявл. 18.03.2013; опубл. 30.10.2014 // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – №. 5. – С.23–24.

26 Способ производства пива: положительное решение о выдаче патента по заявке на изобретение а 20131219 (22) Респ. Беларусь, МПК С 12С 7/00/ Е.М. Моргунова, Ю.С. Назарова; заявитель Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». – № а 20131219; заявл. 23.10.2013; опубл. 30.06.2015 // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2015. – №. 3. – С.22.

## РЕЗЮМЕ

Назарова Юлия Станиславовна

Технология производства пива с использованием водоросли *Chlorella pyrenoidosa* для активации пивоваренных дрожжей

Ключевые слова: добавка из водоросли хлореллы, брожение, интенсификация, активация дрожжей, бродильная активность, пиво.

Целью настоящей работы является разработка способа активации пивоваренных дрожжей с использованием в качестве активатора водоросли хлореллы белорусской селекции и интенсификация процессов брожения и созревания пива.

При исследовании исходного сырья, полупродуктов и готового пива применялись общепринятые в пивоваренной промышленности, научных учреждениях республики и за рубежом методы исследований, методы математической статистики.

Получены новые данные о влиянии различных штаммов водоросли хлореллы, культивируемых на территории Республики Беларусь, на изменение культуральных и физиологических характеристик пивоваренных дрожжей, выбран наиболее оптимальный штамм водоросли для их активации.

Впервые определены оптимальные режимы процесса получения чистой культуры дрожжей с использованием водоросли *Chlorella pyrenoidosa*, обеспечивающие высокие физиологические характеристики дрожжевой биомассы, и разработан способ активации дрожжей.

Установлен интенсифицирующий эффект применения полученной по оптимизированному способу дрожжевой разводки на процессы брожения и созревания, позволяющий сократить продолжительность этих стадий и получить молодое пиво с высокой степенью сбраживания.

Разработана и апробирована в производственных условиях интенсивная технология получения пива. Проведена оценка качественных показателей готового пива, полученного по разработанной технологии в сравнении с традиционной технологией. Использование водоросли хлореллы позволяет получить продукт с высокими органолептическими характеристиками.



## РЭЗЮМЭ

Назарава Юлія Станіславаўна

Тэхналогія вытворчасці піва з выкарыстаннем водарасці *Chlorella pyrenoidosa* для актывацыі піваварных дрожджаў

Ключавыя словы: дабаўка з водарасці хларэлы, браджэнне, інтэнсіфікацыя, актывацыя дрожджаў, брадзільная актыўнасць, піва.

Мэтай дадзенай працы з'яўляецца распрацоўка спосабу актывацыі піваварных дрожджаў з выкарыстаннем у якасці актыватара водарасці хларэлы беларускай селекцыі і інтэнсіфікацыя працэсаў браджэння і паспявання піва.

Пры даследаванні зыходнай сыравіны, паўпрадуктаў і гатовага піва ўжываліся агульнапрынятыя ў піваварнай прамысловасці, навуковых установах рэспублікі і за мяжой метады даследаванняў, металы матэматычнай статыстыкі.

Атрыманы новыя дадзеныя аб уплыву розных штамаў водарасці хларэлы, атрыманых на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь, на змяненне культуральных і фізіялагічных характарыстык піваварных дрожджаў, абраны найбольш аптымальны штам водарасці для іх актывацыі.

Упершыню вызначаны аптымальныя рэжымы працэсу атрымання чыстай культуры дрожджаў з выкарыстаннем з водарасці *Chlorella pyrenoidosa*, якія забяспечваюць высокія фізіялагічныя характарыстыкі дражджавой біямасы, і распрацаваны спосаб актывацыі дрожджаў.

Устаноўлен інтэнсіфікаваны эфект выкарыстання атрыманай па аптымізаванаму спосабу дражджавой разводкі на працэсы браджэння і паспявання, які дазваляе скараціць працягласць гэтых стадый і атрымаць маладое піва з высокай ступенню зброджвання.

Распрацавана і апрабавана ў вытворчых умовах інтэнсіўная тэхналогія атрымання піва. Праведзена ацэнка якасных паказчыкаў гатовага піва, атрыманага па распрацаванай тэхналогіі ў параўнанні з традыцыйнай тэхналогіяй. Выкарыстанне водарасці хларэлы дазваляе атрымаць прадукт з высокімі арганалептычнымі характарыстыкамі.

## SUMMARY

Nazarova Yuliya Stanislavovna

Technology of beer production using algae *Chlorella pyrenoidosa* to activate the brewing yeast

Keywords: activator from algae *Chlorella*, fermentation, stimulation, activation of the yeast, the fermentation activity, beer.

The aim of this work is to provide a method of activation of brewing yeast using as an activator algae *Chlorella* Belarusian breeding and intensification of the processes of fermentation and maturation of beer.

In the study of raw materials, intermediates and finished beer was applied generally accepted in the brewing industry, scientific institutions of the Republic and abroad, research methods, methods of mathematical statistics.

New data on the effect of different algae strains *Chlorella*, cultivated on the territory of the Republic of Belarus, to the changing cultural and physiological characteristics of brewing yeast, chosen the best strain of algae to activate them.

First determined the optimal conditions of the process of obtaining a yeast wiring using supplements from algae *Chlorella pyrenoidosa*, providing high physiological characteristics of yeast biomass and developed a way to activate the yeast.

Installed intensifying the effect of the application obtained by the optimized method terminal yeast fermentation and maturation, which allows to reduce the duration of these stages and get young beer with a high fermentation.

Developed and tested in a production environment intensive technology of production of beer. The evaluation of quality indicators of the finished beer, obtained by the developed technology in comparison with conventional technology. The use of algae *Chlorella* allows to obtain a product with high organoleptic characteristics.