

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ СОЛОДА
И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА
С ПОНИЖЕННОЙ КАЛОРИЙНОСТЬЮ**

**Improvement of malt processing and equipment
for the production of reduced-calorie beer**

М. Р. Сахапов, магистрант

И. П. Чупина, доктор экономических наук, профессор
Уральский государственный аграрный университет
(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

Аннотация

В статье рассмотрены пути совершенствования начальных стадий пивоваренного производства – затирания и фильтрации затора – с целью создания технологии пива с пониженной энергетической ценностью. Основное внимание уделено разработке и апробации комбинированного ферментно-теплового режима затирания солода с применением низкотемпературной ферментативной паузы (48°C) для селективного гидролиза β -глюканов и последующей высокотемпературной паузы (68°C) с добавлением экзогенных амилаз для ограниченного осахаривания. Цель – получение сусла с высоким содержанием сбраживаемых сахаров при одновременном снижении концентрации высокомолекулярных декстринов. Для интенсификации процесса фильтрации такого затора предложена модернизация фильтр-чана: установка системы вибрационного воздействия на слой дробины и внедрение блока предварительной вакуумной деаэрации сусла перед кипячением. Эксперименты проводились на опытной установке с использованием пшеничного и ячменного солода. Установлено, что предложенный режим затирания позволяет повысить степень сбраживаемости сусла на 8,5%, а содержание остаточных экстрактивных веществ снизить на 22% по сравнению с традиционной инфузионной схемой. Модернизированный фильтр-чан показал сокращение времени фильтрации на 32% и увеличение прозрачности сусла на 40%. Полученное пиво имело калорийность 38 ккал/100 г против стандартных 45–48 ккал/100 г, сохраняя при этом полноту вкуса. Разработанные решения способствуют повышению эффективности и расширению ассортимента пивоваренной продукции.

Ключевые слова: пивоварение, солод, затирание, фильтрация затора, низкокалорийное пиво, ферментные препараты, модернизация оборудования.

Summary

The article discusses ways to improve the initial stages of brewing - mashing and wort filtration - in order to create a technology for beer with reduced energy value. The main focus is on the development and testing of a combined enzyme-thermal mashing regime for malt using a low-temperature enzymatic pause (48°C) for selective hydrolysis of β -glucans and a subsequent high-temperature pause (68°C) with the addition of exogenous amylases for limited saccharification. The goal is to obtain wort with a high content of fermentable sugars while reducing the concentration of high molecular weight dextrins. To intensify the filtration process of such mash, a modernization of the filter tank is proposed: installation of a system of vibrational impact on the spent grain layer and implementation of a preliminary vacuum deaeration unit for the wort before boiling. Experiments were conducted on a pilot plant using wheat and barley malt. It was found that the proposed mashing regime increases the degree of wort fermentability by 8.5% and reduces the content of residual extractive substances by 22% compared to the traditional infusion scheme. The modernized filter tank showed a reduction in filtration time by 32% and an increase in wort clarity by 40%. The resulting beer had a calorie content of 38 kcal/100 g compared to the standard 45–48 kcal/100 g, while maintaining a full taste. The developed solutions contribute to increasing efficiency and expanding the range of brewing products.

Keywords: brewing, malt, mashing, mash filtration, low-calorie beer, enzyme preparations, equipment modernization.

Производство пива – сложный биотехнологический процесс, качество и экономика которого в значительной степени определяются на начальных стадиях: затирании солода и фильтрации затора. Классические схемы, направленные на максимизацию выхода экстракта, часто приводят к формированию сусла с высоким содержанием неферментируемых декстринов, что повышает калорийность и плотность готового пива [1]. Современный тренд на здоровое питание стимулирует спрос на легкие и низкокалорийные сорта, создание которых требует модификации технологических параметров на этапе получения сусла [2].

Одним из перспективных направлений является применение направленного ферментативного гидролиза с использованием как эндогенных ферментов солода, так и экзогенных препаратов. Это позволяет управлять углеводным профилем сусла, увеличивая долю сбраживаемых сахаров (мальтозы, глюкозы) [3]. Однако изменение реологии затора вследствие глубокого гидролиза некрахмальных полисахаридов (β -глюканов) может негативно сказаться на скорости и качестве его последующей фильтрации – ключевого этапа, определяющего потери экстракта и прозрачность сусла. Существующее оборудование (фильтр-чаны, варочные котлы) часто не оптимизировано для работы с такими нетрадиционными заторами.

Таким образом, совершенствование технологии должно носить комплексный характер, включая как разработку новых режимов затирания, так и модернизацию оборудования для обеспечения эффективного разделения фаз.

Целью данной работы являлась разработка и экспериментальная оценка комбинированной технологии затирания солода для получения низкокалорийного сусла и предложения по модернизации узла фильтрации затора для работы в рамках этой технологии.

Материалы и методы

Исследования проводились на лабораторно-опытной пивоваренной установке (объем варки 50 л). Сырье: солод ячменный светлый (сорт «Скарлетт») и солод пшеничный светлый. Использовались ферментные препараты: β -глюканаза (Brewzym® TXL) и амилазный комплекс (Amylase AG 300 L).

Схемы затирания:

1. Контроль (К): Традиционная двухпаузная инфузионная схема (52°C – 15 мин, 63°C – 40 мин, 72°C – 15 мин).
2. Экспериментальная (Э): Комбинированная схема: 48°C (β -глюканаза, 20 мин) → 68°C (амилазный комплекс, 50 мин) → 78°C (инактивация).

Модернизация фильтр-чана: В стандартный фильтр-чан был интегрирован блок из 4-х низкочастотных (35 Гц) вибрационных пластин, устанавливаемых на стенках, и вакуумный деаэратор на линии подачи сусла в отстойный котел.

Анализируемые показатели:

- Сусло: концентрация ферментируемых сахаров (ВЭК, ПЭК) по методу Конгресса, вязкость, содержание β -глюканов, прозрачность (нефелометрия).
- Процесс фильтрации: общая продолжительность, скорость, прозрачность первого сусла.
- Готовое пиво: реальная степень сбраживания, калорийность (расчет по формулам Баллинга), органолептика (по 10-балльной шкале).

Статистическую обработку данных проводили с определением стандартного отклонения.

Влияние схемы затирания на характеристики сусла и процесс фильтрации

Показатель	Схема К (Контроль)	Схема Э (Эксперимент)	Изменение, %
Концентрация сбраживаемых сахаров, %	72.5 ± 1.2	78.7 ± 1.5	+8.5
Содержание β -глюканов, мг/л	285 ± 25	120 ± 15	-57.9
Вязкость затора при 20°C, мПа·с	2.8 ± 0.2	1.9 ± 0.1	-32.1
Время фильтрации (стандартный фильтр-чан), мин	95 ± 5	110 ± 6	+15.8 (проблема)
Время фильтрации (модернизированный фильтр-чан), мин	-	75 ± 4	-32.2 (отн. К)
Прозрачность первого сусла, EBC	8.5 ± 0.5	$5.1 \pm 0.3^*$	-40.0

Примечание: * – для модернизированного фильтр-чана.

Данные таблицы 1 показывают, что экспериментальная схема затирания (Э) эффективно меняет углеводный состав, значительно повышая долю сбраживаемых сахаров и снижая вязкость затора за счет гидролиза β -глюканов. Однако при использовании стандартного оборудования это привело к увеличению времени фильтрации на 15,8%, вероятно, из-за изменения структуры дробинного слоя. Внедрение вибрационной системы и вакуумной деаэрации позволило не только нивелировать этот негативный эффект, но и значительно сократить общее время фильтрации относительно контроля (-32,2%), а также улучшить прозрачность сусла на 40%.

Таблица 2

Характеристики готового пива, полученного по экспериментальной технологии

Показатель	Пиво по схеме К	Пиво по схеме Э (с модернизацией)
Начальная плотность сусла, %	11.8	11.5
Конечная плотность пива, %	3.2	2.2
Реальная степень сбраживания, %	72.9	80.9
Содержание алкоголя, % об.	4.5	4.8
Калорийность, ккал/100 г	46	38
Оценка вкуса/телесности (средний балл)	7.5	8.0*

Примечание: * – отмечен более чистый, «сухой» вкус с мягкой горчинкой.

Результаты в таблице 2 подтверждают достижение цели: использование схемы Э позволило получить пиво с рекордно высокой степенью сбраживания (80,9%) и, как следствие, снизить калорийность на 17,4% (до 38 ккал/100 г). При этом органолептические характеристики не пострадали, а по некоторым параметрам улучшились, получив более высокую дегустационную оценку.

Заключение

1. Разработана и апробирована комбинированная ферментно-тепловая схема затирания солода, включающая низкотемпературную паузу для гидролиза β -глюканов (48°C) и высокотемпературную паузу с экзогенными амилазами (68°C). Данная схема позволяет увеличить долю сбраживаемых сахаров в сусле на 8,5% и снизить содержание β -глюканов на 58%, что является основой для производства пива с пониженной калорийностью.

2. Для устранения негативного влияния глубокого гидролиза на фильтруемость затора предложена и испытана модернизация фильтр-чана, заключающаяся во внедрении системы низкочастотной вибрации дробинного слоя и блока вакуумной деаэрации сусла. Это позволило сократить время фильтрации на 32% и повысить прозрачность сусла на 40% по сравнению с использованием стандартного оборудования.

3. Применение комплекса разработанных решений (технология + оборудование) обеспечило получение пива с рекордной для классических методов степенью сбраживания (80,9%) и калорийностью 38 ккал/100 г, что на 17% ниже, чем у контрольного образца. Органолептические характеристики готового продукта остались на высоком уровне.

4. Предложенные технологические и технические решения обладают потенциалом для внедрения на действующих пивоваренных предприятиях с целью расширения ассортимента за счет низкокалорийных сортов и повышения общей эффективности производства.

Библиографический список

1. *Кунце В.* Технология солода и пива. СПб.: Профессия, 2019. 1040 с.
2. *Брилёв Д. О., Полежаев А. Н.* Тенденции развития рынка пивоваренной продукции: спрос на низкокалорийные и функциональные сорта // Пищевая промышленность. 2022. № 8. С. 22-25.
3. *Bamforth C. W.* Progress in Brewing Science and Beer Production // Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering. 2017. Vol. 8. P. 161-176.
4. *Мельников С. А., Федосов А. В.* Интенсификация процесса фильтрации пивного затора с использованием физических методов воздействия // Известия вузов. Пищевая технология. 2021. № 2-3. С. 98-101.
5. *Гончарова Н.В., Сидоренко М.Ю.* Применение ферментных препаратов в технологии светлого пива для регулирования углеводного состава // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 4. С. 67-73.