

УДК 663.53

## БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРЕЧИХИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОРИГИНАЛЬНЫХ СПИРТНЫХ НАПИТКОВ

© 2023 г. Е. М. Серба<sup>1</sup>\*, Л. В. Римарева<sup>1</sup>, М. Б. Оверченко<sup>1</sup>, Н. И. Игнатова<sup>1</sup>,  
Е. Р. Крючкова<sup>1</sup>, Ф. И. Крыщенко<sup>1</sup>, М. Э. Медриш<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального  
исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, 111033 Россия

\*e-mail: serbae@mail.ru

Поступила в редакцию 21.05.2023 г.

После доработки 26.05.2023 г.

Принята к публикации 03.06.2023 г.

Показана возможность использования гречихи для производства спиртных напитков, обладающих оригинальными органолептическими свойствами. Подобраны комплекс ферментов, раса дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и условия ферментации, обеспечивающие улучшение биохимических и технологических показателей гречишного сула и самого процесса ферментации. Показано, что повышение степени конверсии некрахмальных полисахаридов гречихи позволило не только снизить вязкость сула в 2.3 раза, но и повысить концентрацию растворимых углеводов на 15.3% и аминного азота на 9.0%, что привело к увеличению выхода целевого продукта – этанола. Выявлено, что в процессе ферментации гречихи снижался уровень синтеза вторичных метаболитов и изменялось их количественное содержание в составе летучих примесей по сравнению с традиционно используемыми зерновыми культурами в производстве дистиллятов. Установлено, что основное снижение в гречишном дистилляте приходилось на долю высших спиртов, но при этом повышалась доля альдегидов и эфиров, которые могут оказывать влияние на появление оригинальных оттенков и тонов в аромате и вкусе дистиллятов; особенно увеличивалось содержание ацетальдегида – в 2.5 раза и этилацетата – в 1.35 раза.

**Ключевые слова:** гречиха, ферментные препараты, ферментация, дрожжи, этанол, летучие метаболиты, зерновые дистилляты

**DOI:** 10.56304/S0234275823020114

Работами последних лет, показана перспективность использования гречихи (*Fagopyrum esculentum* Moench), широко распространенной в России в качестве нетрадиционного сырья бродильных производств [1–5]. Внимание исследователей к этой псевдозерновой культуре обусловлено возможностью не только придавать новые органолептические свойства продуктам брожения, но и повысить их биологическую и питательную ценность. В отличие от зернового сырья (пшеницы, кукурузы, ржи), традиционно применяемого в производстве спирта, спиртных напитков, пива и кваса, гречиха, содержащая углеводные и белковые полимеры, является более богатым источником биологически активных веществ: антиок-

сидантов, витаминов (особенно: Р – рутина, В<sub>1</sub> – тиамин, В<sub>2</sub> – рибофлавин, РР – ниацин), минеральных веществ (ионов магния, меди, фосфора, марганца, железа) и др., придающих целевой продукции функциональные свойства [1, 3, 5–8].

Кроме того, отличительной особенностью белка гречихи по сравнению с белками злаковых культур является пониженное содержание глютена: белковых фракций проламинов (1.1–1.2% от общего содержания белка) и глютелинов (10.0–12.0%), в то время как в зерновых их количество в несколько раз выше (более 80% от общего содержания белка) [1, 5, 9, 10]. Фракционный состав белка гречихи представлен, в основном, альбуминами (21–24%) и глобулинами (42–45%). За счет более высокой доли незаменимых аминокислот, таких как триптофан, лизин, метионин и изолейцин, биологическая ценность гречишного белка выше, чем ржаного [1, 5, 10].

В ряде исследований, посвященных использованию гречихи в бродильных производствах, от-

*Список сокращений:* АС – амилотическая активность; ГлС – глюкоамилазная активность; КС – ксиланазная активность; β-ГлС – β-глюканазная активность; ПС – протеолитическая активность; РВ – редуцирующие вещества; РСВ – растворимые сухие вещества; ФП – ферментный препарат, ТХУ – трихлоуксусная кислота.

мечено, что даже при частичной замене традиционного сырья целевая продукция приобретает не только новые функциональные свойства, но и приятные сенсорные характеристики [4, 8–11]. Показано, что гречиха как источник крахмала, состоящего из глюкозы, конверсируемой дрожжами в этанол, и биологически ценного белка, содержащего все незаменимые аминокислоты, необходимые для жизнедеятельности дрожжей, а также ферментов, витаминов и микроэлементов, является перспективным сырьем в производствах пива, кваса, солодов, слабоалкогольных напитков. Однако подобных исследований для обоснования возможности использования этой перспективной растительной культуры, в состав которой помимо основных углеводных и белковых полимеров входят ароматические и биологически ценные компоненты, для получения оригинальных крепких спиртных напитков практически не проводилось. Особенно это направление исследований перспективно для производства зерновых дистиллятов, обогащенных летучими ароматобразующими соединениями, представляющими собой продукты метаболизма дрожжей и различных биохимических превращений компонентов растительного сырья в процессе его биокаталической конверсии, сбраживания и дистилляции [12–15]. Разработка оригинальных спиртных напитков на основе дистиллятов из отечественного сырья будет способствовать расширению ассортимента конкурентоспособной продукции высокого качества и эффективному импортозамещению.

Цель данных исследований состояла в изучении влияния особенностей состава полимеров в зерне гречихи на качество суслу, эффективность его сбраживания и синтез метаболитов. для обоснования возможности использования гречихи в технологиях зерновых дистиллятов.

## УСЛОВИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

**Объектами исследований** служили: зерно гречихи, измельченное до размера частиц 40–120 мкм при помощи мультифункциональной дробилки Вилитек VLM-6 (ООО “Вилитек”, Россия); ферментные препараты (ФП) – источники  $\alpha$ -амилазы и глюкоамилазы – для декстринизации и осахаривания крахмала; ксиланазы и  $\beta$ -глюканызы – для деструкции некрахмальных полисахаридов; комплекс пептидаз и протеиназ – для гидролиза белковых веществ [16–18]; дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* расы 985-Г (с термотолерантными и осмофильными свойствами) и 1039 (с осмофильными свойствами) – для сбраживания зернового суслу [19].

**Определение активности ферментов** проводили согласно существующим методикам [20, 21]. За единицу амилолитической активности (АС) принимали такое количество фермента, которое ка-

тализирует гидролиз 1 г растворимого крахмала до декстринов различной молекулярной массы в стандартных условиях (30°C, рН 6.0, 10 мин); за единицу глюкоамилазной активности (ГлС) принимали количество фермента, катализирующего гидролиз крахмала при 30°C и рН 4.7 с высвобождением за 1 мин 1 мкмоль глюкозы; за единицу ксиланазной активности (КС) принимали количество фермента, действующего на ксилан из березы с высвобождением 1 мкмоль восстанавливающих сахаров (в глюкозном эквиваленте), образующихся за 1 мин в стандартных условиях (50°C и рН 5.0); за единицу общей протеолитической активности (ПС) принимали такое количество фермента, которое за 1 мин при температуре 30°C, рН 5.3 приводит гемоглобин в не осаждаемое ТХУ состояние в количестве, соответствующем 1 мкмоль тирозина.

**Биокаталитическую конверсию полимеров гречишного сырья для приготовления суслу** проводили по схеме ферментативно-гидролитической обработки зерна в колбах Эрленмейера объемом 750 см<sup>3</sup>, содержащих измельченное зерно гречихи и воду (гидромодуль 1 : 3 или 1 : 2 в зависимости от условий эксперимента), и помещенных в водяную баню ПЭ-4300 (“Экрос”, Россия). В водно-зерновую суспензию добавляли термостабильную  $\alpha$ -амилазу Неозим АА 180 (Hunan Hong Ying Xiang Biochemistry Industry Co., LTD, КНР), и выдерживали при температуре 40–60°C в течение 30 мин. Дальнейшее приготовление замеса осуществляли при температуре 85–90°C в течение 120 мин при периодическом перемешивании [22, 23]. Далее содержимое колб охлаждали до 58–60°C и инкубировали в присутствии ферментов в течение 60 мин. Для получения зернового суслу осахаривание крахмала и гидролиз некрахмальных полисахаридов, в том числе арабиноксиланов, осуществляли ФП: источниками глюкоамилазы – Биозим 800L (Shandong Longda Bio-products Co, КНР) и ксиланазы – Висколаза 150L (Shandong Longda Bio-products Co., LTD); для гидролиза белковых веществ использовали ФП, содержащий комплекс грибных протеаз: Протоферм FP (Shandong Longda Bio-products Co., LTD). ФП вводили в различных дозировках в зависимости от условий эксперимента.

**Процесс биоконверсии** белковых и углеводных полимеров в гречишном сусле тестировали по степени накопления аминного азота методом йодометрического титрования; общих и редуцирующих веществ (РВ) – колориметрическим методом [24, 25]. Вязкость подготовленного к сбраживанию суслу измеряли на вискозиметре SV-10 (A&D, Япония). Растворимые сухие вещества (РСВ) суслу фиксировали на рефрактометре Rochet PAL-S, ATAGO (Япония).

**Таблица 1.** Сравнительный биохимический состав зерна гречихи и других злаках  
**Table 1.** Comparative biochemical composition of buckwheat grains and other cereals

Исследуемые показатели	Содержание, %			
	гречиха	кукуруза	пшеница	рожь
Белки	13.1 ± 0.5	10.6 ± 0.4	12.2 ± 0.4	10.9 ± 0.4
Крахмал	54.5 ± 2.6	65.0 ± 3.2	57.0 ± 2.7	53.7 ± 2.5
Клетчатка	7.1 ± 0.3	3.0 ± 0.1	2.7 ± 0.1	3.1 ± 0.1
Гемицеллюлозы	4.4 ± 0.2	2.4 ± 0.1	3.4 ± 0.2	7.5 ± 0.3

**Таблица 2.** Характеристика ферментных препаратов по уровню активности основных ферментов  
**Table 2.** Characterization of enzyme preparations by the level of activity of the main enzymes

Наименование ФП	Основной фермент	Ферментативная активность, ед./г				
		АС	ГлС	КС	β-ГкС	ПС
Неозим АА 180	Термостабильная α-амилаза	1800 ± 80	0	0	0	0
Биозим 800L	Глюкоамилаза	600 ± 30	13000 ± 600	0	0	0
Висколаза 150L	Ксиланаза и β-глюканаза	0	0	6000 ± 300	1000 ± 50	0
Протоферм FP	Комплекс пептидаз и протеиназ	0	0	0	0	800 ± 40

**Состав и содержание летучих метаболитов**, синтезируемых дрожжами, тестировали с использованием газового хроматографа серии HP Agilent 6890 (США) [26].

**Статистическую обработку данных**, полученных не менее, чем в 3-х повторностях, осуществляли с помощью программы Microsoft Excel с использованием коэффициента Стьюдента (доверительный интервал – 0.95).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В технологиях зерновых дистиллятов традиционно применяют злаковые культуры, в которых важна сбалансированность состава основных полимеров зерна: крахмала, белка и некрахмальных полисахаридов [10, 12, 14]. Сравнительное содержание этих полимеров в зерне гречихи и широко применяемых в производстве спирта зерновых культурах приведено в табл. 1.

Гречиха, как и все злаки, относится к группе многокомпонентного растительного сырья, в котором преобладает крахмал – основной полимер, определяющий выход этанола [15, 17]. Содержание крахмала в зерне гречихи находится практически на уровне таких сырьевых источников как пшеница и рожь, но на 16.2% ниже, чем в кукурузе. Отличительной особенностью зерна гречихи являлось высокое содержание клетчатки, которое более чем в 2 раза превосходило показатели других зерновых культур (табл. 1).

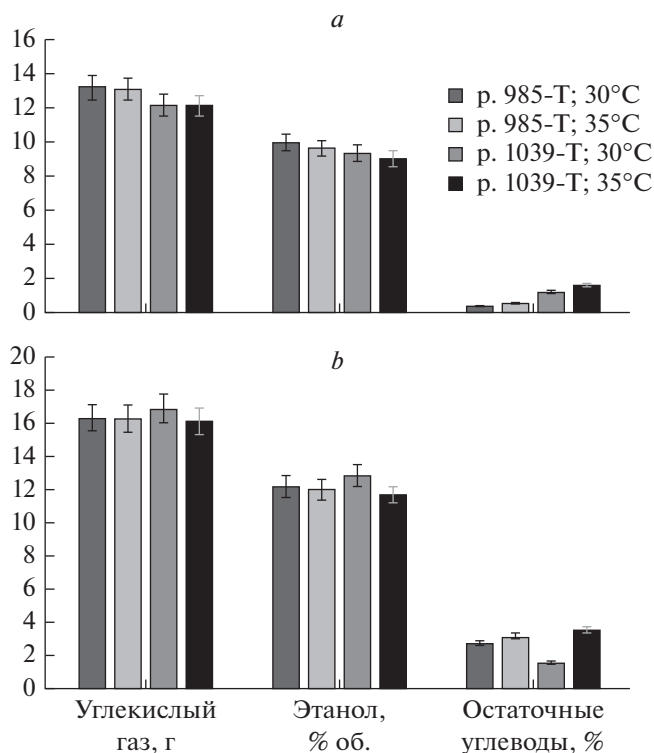
Известно, что степень биокаталитической конверсии полимеров в ассимилируемые дрожжами растворимые углеводы и азотистые веще-

ства определяет эффективность сбраживания зернового суслу и уровень образования целевого продукта – этанола [15–18]. В данной работе использовали ферментные препараты с различной субстратной специфичностью и уровнем активности (табл. 2).

Для разжижения и декстринизации крахмала при приготовлении 20 и 28%-ного гречишного суслу использовали ФП – источник термостабильной α-амилазы, из расчета 0.6 и 1.0 ед. АС/г крахмала, соответственно; для осахаривания крахмала – источник глюкоамилазы, в дозировке 10.0 и 15.0 ед. ГлС/г крахмала; для гидролиза некрахмальных полисахаридов – источник ксиланазы и β-глюканазы, из расчета – 0.3 и 1.0 ед. КС/г сырья (0.05 и 0.17 ед. β-ГкС/г сырья); для протеолиза белков – источник комплекса пептидаз и протеиназ, в дозировке – 0.3 и 0.8 ед. ПС/г сырья (табл. 2).

На первом этапе исследовали влияние исходной концентрации РСВ гречишного суслу на образование углекислого газа, содержание остаточных несброженных углеводов в бражке и синтез этанола дрожжами *S. cerevisiae* расы 985-Т и 1039 при температуре 30° и 35°С (рис. 1).

Масса приготовленного гречишного суслу с использованием традиционно применяемого комплекса ферментов была густой и малоподвижной из-за разбухшей шелухи гречневой муки, что негативно сказалось на результатах процесса брожения: суслу с концентрацией РСВ – 28% выбродило не полностью, имел место недоброд: уровень остаточных углеводов (РВ) составил 1.6–3.6% (рис. 1б). При использовании осмофильной расы дрожжей 1039 при температуре 30°С отмечена

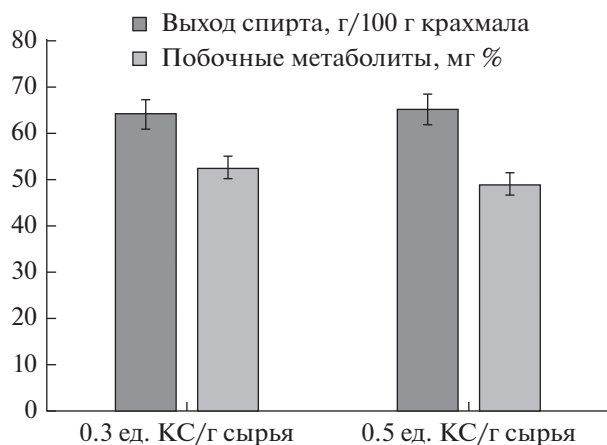


**Рис. 1.** Влияние концентрации растворимых сухих веществ гречишного сусла 20 (а) и 28% (b) на показатели его сбраживания дрожжами *S. cerevisiae* расы 985-Т и 1039 при температуре 30° и 35°С.  
**Fig. 1.** The effect of the concentration of soluble solids of buckwheat wort of 20 (a) and 28% (b) on the indicators of its fermentation by yeast *S. cerevisiae* races 985-Т and 1039 at a temperature of 30° and 35°С.

более высокая концентрация этанола (12.9 об. %) по сравнению с использованием расы 985-Т (12.2 об. %) в аналогичных условиях; выход спирта составил 58.9 г/100 г крахмала.

Лучшие показатели были достигнуты при сбраживании гречишного сусла с концентрацией РСВ 20% дрожжами р. 985Т и температуре 30°С (рис. 1а). Выход спирта при этом составил 64.0 г/100 г крахмала (рис. 2). Поэтому в дальнейшем объектом исследования являлось сусло концентрацией РСВ 20%, сбраживаемое дрожжами *S. cerevisiae* р.985-Т при температуре 30°С.

Учитывая более высокое содержание некрахмальных полисахаридов в гречишном сырье, по сравнению с зерновыми культурами, исследовали влияние повышения дозировки ферментов ксиланазного и β-глюканазного действия на качественные показатели гречишного сусла (рис. 3) и биосинтетические процессы дрожжей (рис. 2). Установлено, что увеличение дозировки этих ферментов способствовало существенному снижению вязкости сусла (в 2.3 раза), некоторому повышению концентрации редуцирующих углеводов (РВ) – на 15.3% и аминного азота – на 9.0% (рис. 3).



**Рис. 2.** Влияние дозировки ксиланазы на выход спирта и уровень образования побочных метаболитов в спиртовых дистиллятах.  
**Fig. 2.** The use of xylanase dosage at the exit of alcohol and the level of formation of metabolites in alcohol distillates).

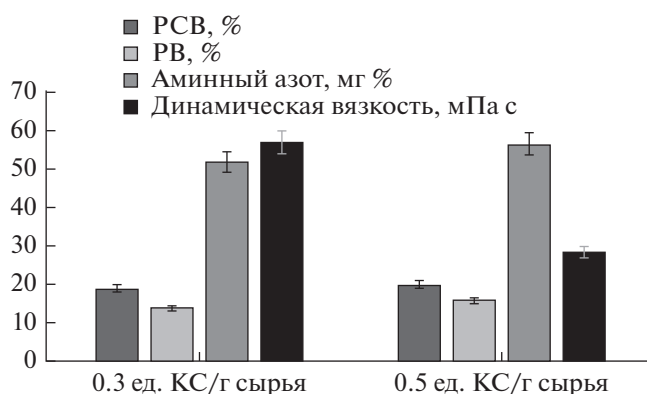
Результаты сравнительных исследований по сбраживанию гречишного сусла подтвердили положительное влияние увеличения дозировки гемицеллюлаз на повышение степени конверсии некрахмальных полисахаридов. Кроме того, улучшились реологические и технологические свойства сусла, увеличился выход целевого продукта – этанола (65.1 г против 64.0 г /100 г крахмала) и отмечено некоторое снижение уровня образования летучих метаболитов, сопутствующих синтезу этанола (рис. 2).

Как известно, летучие компоненты, образующиеся в зерновых дистиллятах, влияют на качество спиртных напитков, формируя их вкус и аромат [13]. Поэтому интересно было установить, какой эффект оказывает исследуемое сырье гречихи на метаболизм дрожжевых клеток по сравнению с традиционно применяемым в производстве спиртных напитков зерновым сырьем, в частности кукурузы.

Анализ состава побочных метаболитов, сопутствующих синтезу этанола, проводили сравнивая дистилляты, полученные при сбраживании дрожжами *S. cerevisiae* р.985-Т при температуре 30°С сусла кукурузы и гречихи с концентрацией РСВ 20%, приготовленных по одинаковой схеме.

Выявлено, что использование гречихи в качестве субстрата для приготовления зернового сусла способствовало снижению уровня образования побочных метаболитов, сопутствующих синтезу этанола, в 1.3 раза (табл. 3).

Согласно полученным результатам изменение состава метаболитов, синтезированных дрожжами *S. cerevisiae* расы 985-Т, происходит, в основном, за счет уменьшения образования высших спиртов. Согласно полученным результатам, из-



**Рис. 3.** Влияние дозировки ксиланазы на вязкость гречишного сусла и концентрацию в нем растворимых сухих веществ (PCB), редуцирующих углеводов (PB), аминного азота.

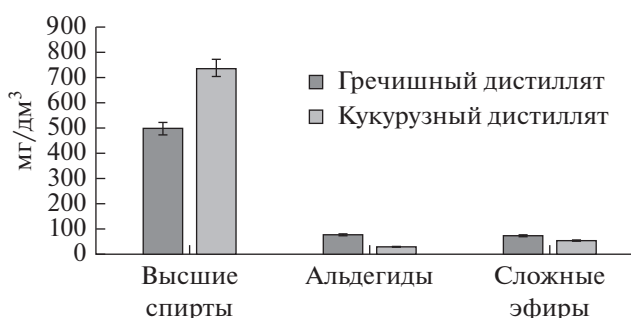
**Fig. 3.** Influence of xylanase dosage on the viscosity of buckwheat must and the concentration of soluble dry substances (SDS), reducing carbohydrates (RC), amine nitrogen in it.

менение состава метаболитов, синтезированных дрожжами *S. cerevisiae* расы 985-Т, происходит, в основном, за счет уменьшения образования высших спиртов. Их доля в составе летучих примесей гречишного дистиллята снизилась в 1.4 раза, но при этом увеличилась доля альдегидов и эфиров

**Таблица 3.** Содержание побочных метаболитов в полученных дистиллятах

**Table 3.** The content of side metabolites in the distillates obtained)

Сопутствующие метаболиты, мг/дм <sup>3</sup>	Гречишный	Кукурузный
Ацетальдегид	80.03	32.20
Ацетон	1.12	1.90
Этилацетат	74.3	55.00
Метанол, % об	0.003	0.003
2-пропанол	0.26	0.15
Изобутилацетат	0.15	0.29
1-Пропанол	58.20	56.20
Изобутанол	90.10	102.40
1-Бутанол	0.70	1.40
Изоамилол	270.0	500.60
1-Пентанол	0.60	0.80
Этиллактат	0.50	0.50
Гексанол	0.95	1.70
Бензальдегид	9.30	25.30
Бензалкоголь	0.30	0.56
Фенилэтанол	35.25	51.90
<b>Итого</b>	<b>621.76</b>	<b>830.90</b>



**Рис. 4.** Состав побочных летучих веществ в дистиллятах, полученных в результате сбраживания гречишного и кукурузного сусла.

**Fig. 4.** Composition of secondary volatile substances in distillates obtained as a result of the fermentation of buckwheat and corn mash.

по сравнению с аналогичными показателями кукурузного дистиллята (рис. 4).

Особенно повысилось содержание ацетальдегида – в 2.5 раза и этилацетата – в 1.35 раза. Эти соединения могут оказывать влияние на появление оригинальных оттенков и тонов в аромате и вкусе дистиллятов [13, 14, 23], что позволит получить конечный продукт – зерновой дистиллят с улучшенными органолептическими и аналитическими показателями.

Таким образом, использование гречиши и подобранного комплекса ферментов с различной субстратной специфичностью при приготовления зернового сусла позволяет улучшить его биохимические и технологические показатели, повысить эффективность спиртового брожения и получать спиртовые дистилляты, обладающие своеобразными оттенками и тонами в их аромате и вкусе. На основе подобных дистиллятов в дальнейшем могут быть разработаны оригинальные спиртные напитки, что будет способствовать расширению ассортимента конкурентоспособной продукции высокого качества отечественного производства и эффективному импортозамещению.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания (тема № FGMF-2022-0006).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Троценко А.С., Танашкина Т.В., Корчагин В.П., Клыков А.Г. Проблемы и перспективы использования гречиши в пищевой биотехнологии. *Вестник тихоокеанского государственного экономического университета*, 2010, 2, 104–114.
2. Phiarais V.P.N., Mauch A., Schehl B.D., Zarnkow M., Gastl M., Herrmann M., Zannini E., Arendt E.K. Processing of a top fermented beer brewed from 100%

- buckwheat malt with sensory and analytical characterization. *J. Inst. Brew.*, 2010, 116(3), 265–274. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00430.x>
3. Гнеушева И.А., Солохина И.Ю., Горькова И.В., Павловская Н.Е. Фотосенсибилизирующее действие гречихи и продуктов ее биотехнологической переработки. *Вестник Орловского государственного аграрного университета*, 2012, 35(2), 45–47.
  4. Dezelak M., Zarnkow M., Becker T., Kosir I.J. Processing of bottom-fermented gluten free beer like beverages based on buckwheat and quinoa malt with chemical and sensory characterization. *J. Inst. Brew.*, 2014, 120(4), 360–370. <https://doi.org/10.1002/jib.166>
  5. Агафонов Г.В., Чусова А.Е., Ковальчук Н.С., Зуева Н.В. Возможность применения гречихи в технологии ферментированного солода. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 2018, 80(4), 170–176. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-4-170-176>
  6. Горькова И.В. Применение гречневой муки в производстве функциональных продуктов. *Проблемы развития АПК региона*, 2016, 25(1–1), 188–191.
  7. Танашкина Т.В., Семенюта А.А., Троценко А.С., Клыков А.Г. Безглютеновые слабоалкогольные напитки из светлого и томленого гречишного солода. *Техника и технология пищевых производств*, 2017, 45(2), 74–80. <https://doi.org/10.21179/2074-9414-2017-2-74-80>
  8. Zielinski H., Ciesarova Z., Kukurova K., Zielinska D., Szawara-Nowak D., Starowicz M., Wronkowska M. Effect of fermented and unfermented buckwheat flour on functional properties of gluten-free muffins. *J. Food Sci. Technol.*, 2017, 54(6), 1425–1432. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2561-4>
  9. Starowicz M., Koutsidis G., Zielinski H. Sensory analysis and aroma compounds of buckwheat containing products—a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2018, 58(11) 1767–1779. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1284742>
  10. Серба Е.М., Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Микуляк А.А., Иванов В.В. Обоснование перспективы использования гречихи в производстве оригинальных спиртных напитков. *Пищевая промышленность*, 2023, 5, 45–47. <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.5.5.012>
  11. Танашкина Т.В., Перегудова А.А., Семенюта А.А., Боярова М.Д. Безглютеновые гречишные квасы с добавлением пряно-ароматического сырья. *Техника и технология пищевых производств*, 2020, 50(1), 70–78. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-70-78>
  12. Песчанская В.А., Крикунова Л.Н., Дубинина Е.В. Сравнительная характеристика способов производства зерновых дистиллятов. *Пиво и напитки*, 2015, 6, 40–43.
  13. Абрамова И.М., Медриш М.Э., Савельева В.Б., Романова А.Г., Гаврилова Д.А. Исследование летучих примесей в спиртных напитках, изготовленных из выдержанных зерновых дистиллятов. *Пищевая промышленность*, 2018, 7, 74–76.
  14. Абрамова И.М., Медриш М.Э., Савельева В.Б., Приёмухова Н.В., Романова А.Г., Преснякова О.П. Сравнительный анализ методов исследования примесей в дистиллятах и спиртных напитках на их основе. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2018, 2, 14–19.
  15. Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Серба Е.М., Игнатова Н.И., Павлова А.А., Абрамова И.М. Влияние особенностей состава зерна сорго на эффективность его микробной конверсии в этанол и лизин. *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология*, 2022, 15(3), 347–362. <https://doi.org/10.17516/1997-1389-0392>
  16. Серба Е.М., Абрамова И.М., Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Грунин Е.А. Влияние ферментных препаратов на технологические показатели зернового суслу и качество спирта. *Пиво и напитки*, 2018, 1, 50–54.
  17. Серба Е.М., Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Погоржельская Н.С. Роль биокатализа в технологиях переработки зернового сырья. *Пищевая промышленность*, 2022, 5, 13–15. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.5.5.003>
  18. Rimareva L.V., Serba E.M., Overchenko M.B., Shelekhova N.V., Ignatova N.I., Pavlova A.A. Enzyme complexes for activating yeast generation and ethanol fermentation. *Foods and Raw Materials*, 2022, 10(1), 127–136. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-1-127-136>
  19. Серба Е.М., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Римарева Л.В. Сравнительные исследования штаммов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, перспективных для сбраживания концентрированного зернового суслу. *Актуальные вопросы индустрии напитков*, 2019, 3, 201–207. <https://doi.org/10.21323/978-5-6043128-4-1-2019-3-201-207>
  20. Серба Е.М., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Соколова Е.Н., Курбатова Е.И. Разработка национальных стандартов по методам определения активности ферментных препаратов. *Пищевая промышленность*, 2013, (7), 40–44.
  21. Серба Е.М., Таджибова П.Ю., Игнатова Н.И., Оверченко М.Б., Погоржельская Н.С., Римарева Л.В. Особенности биотехнологических способов конверсии соевого сырья в ферментированные продукты. *Биотехнология*, 2021, 37(5), 41–48. <https://doi.org/10.21519/0234-2758-2021-37-5-41-48>
  22. Серба Е.М., Оверченко М.Б., Римарева Л.В., Игнатова Н.И., Орехова А.Е., Павлова А.А. Способы ферментативно-гидролитической подготовки зернового суслу для спиртового брожения. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*, 2020, 5, 52–56. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/552-56>
  23. Серба Е.М., Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Медриш М.Э., Павлова А.А., Соколова Е.Н. Подбор мультиэнзимной композиции и условий подготовки концентрированного зернового суслу. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 2021, 11(3) (38), 384–392. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-3-384-392>
  24. Инструкция по теххимическому и микробиологическому контролю спиртового производства. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное агентство по сельскому хозяйству, Изд. 7-е, Москва: ДеЛи принт, 2007, 479. ISBN 978-5-94343-158-6.
  25. ОФС.1.2.3.0022.15 Определение аминного азота методами формольного и йодометрического титрования.
  26. ГОСТ Р 55792–2013. Бражка из пищевого сырья. Газохроматографический метод определения содержания летучих органических примесей. Москва: Стандартинформ, 2014, III, 18 с.

## Biotechnological Aspects of the Use of Buckwheat in the Production of Original Alcoholic Beverages

E. M. Serba<sup>a, #</sup>, L. V. Rimareva<sup>a</sup>, M. B. Overchenko<sup>a</sup>, N. I. Ignatova<sup>a</sup>,  
E. R. Kryuchkova<sup>a</sup>, F. I. Kryshchenko<sup>a</sup>, and M. E. Medrish<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology, Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, 111033 Russia*

<sup>#</sup>*e-mail: serbae@mail.ru*

**Abstract**—The possibility of using buckwheat for the production of alcoholic beverages with original organoleptic properties has been shown. A complex of enzymes, a yeast race of *Saccharomyces cerevisiae* and fermentation conditions were selected to improve the biochemical and technological parameters of buckwheat must and the fermentation process itself. It was shown that an increase in the degree of conversion of non-starch buckwheat polysaccharides made it possible not only to reduce the wort viscosity by 2.3 times, but also to elevate the concentration of soluble carbohydrates by 15.3% and amine nitrogen by 9.0%, and therefore, increase the yield of the target ethanol product. It was revealed that during the buckwheat fermentation, the level of synthesis of secondary metabolites decreased and their content in the fraction of volatile impurities changed in comparison with crops conventionally used in the production of distillates. It was established that the main decrease in buckwheat distillate was observed for higher alcohols, but at the same time, the proportion of aldehydes and esters grew, which can lead to the appearance of original shades and tones in the aroma and taste of distillates; special increase was characteristic of the content of acetaldehyde (2.5 times) and ethyl acetate (1.35 times).

*Keywords:* buckwheat, enzyme preparations, fermentation, yeast, ethanol, volatile metabolites, grain distillates