

## Новый вид азотсодержащего сырья для использования в технологии дистиллятов



А. Н. Крикунова<sup>ORCID</sup>, Е. В. Дубинина\*<sup>ORCID</sup>,  
В. А. Песчанская<sup>ORCID</sup>, Е. В. Ульянова<sup>ORCID</sup>

Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной,  
безалкогольной и винодельческой промышленности<sup>ORCID</sup>, Москва, Россия

Поступила в редакцию: 13.10.2021

Поступила после рецензирования: 02.11.2021

Принята к публикации: 14.02.2022

\*e-mail: elena-vd@yandex.ru

© А. Н. Крикунова, Е. В. Дубинина,  
В. А. Песчанская, Е. В. Ульянова, 2022



### Аннотация.

Зерновые отруби используются в животноводстве и в пищевой промышленности, а также могут применяться в технологии дистиллятов в качестве источников азотистых веществ. Цель работы – сравнительная оценка комплекса водорастворимых азотистых соединений различных видов отрубей и выявление влияния на их состав и концентрацию гранулометрической характеристики.

Исследовали зерно пшеницы, ржи и тритикале, а также зерновые отруби промышленного производства. Определяли общий белок по методу Кьельдаля и модуль крупности. В водной фазе определяли белок по Лоури, аминный азот медным способом, содержание свободных аминокислот с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Установлено, что в отрубях, по сравнению с зерном, повышается содержание общего белка на 16–28 % и доля водорастворимых форм азотистых соединений на 6–29 %, в том числе свободных аминокислот в 1,4–2,3 раза. Доля растворимых белков в ржаных отрубях выше на 15–30 %, чем в других видах. Выявлены отличия между видами отрубей по содержанию отдельных аминокислот. Установлена высокая корреляционная связь между модулем крупности отрубей и массовой концентрацией растворимых белков и свободных аминокислот. Наблюдалось увеличение доли растворимых белков при снижении модуля крупности до 44,1 %. Выявлена линейная зависимость увеличения доли свободных аминокислот в отрубях на 46–54 % при снижении модуля крупности на 0,72–0,85. Выведены уравнения линейной зависимости для каждого вида отрубей.

Научно обоснована перспективность использования водных экстрактов зерновых отрубей в технологии дистиллятов. Оценка азотсодержащего комплекса различных видов зерновых отрубей показала преимущества мелких ржаных отрубей по концентрации растворимых форм белков и содержанию свободных аминокислот. Перспективы исследования – повышение бродильной активности дрожжей на стадии сбраживания сырья при производстве дистиллятов с целью формирования определенных органолептических характеристик.

**Ключевые слова.** Отруби, азотсодержащий комплекс, гранулометрический состав, свободные аминокислоты, дистилляция

**Финансирование.** Статья профинансирована Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России)<sup>ORCID</sup> и подготовлена в рамках выполнения государственного задания Всероссийским научно-исследовательским институтом пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности (ВНИИПБиВП)<sup>ORCID</sup> по теме FNEN-2019-00024.

**Для цитирования:** Новый вид азотсодержащего сырья для использования в технологии дистиллятов / Л. Н. Крикунова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 123–132. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-123-132>

## New Nitrogen-Containing Raw Materials in Distillate Technology

Ludmila N. Krikunova<sup>ID</sup>, Elena V. Dubinina\*<sup>ID</sup>,  
Violetta A. Peschanskaya<sup>ID</sup>, Ekaterina V. Ulyanova<sup>ID</sup>

All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry<sup>ROR</sup>, Moscow, Russia

Received: 13.10.2021

Revised: 02.11.2021

Accepted: 14.02.2022

\*e-mail: [elena-vd@yandex.ru](mailto:elena-vd@yandex.ru)

© L.N. Krikunova, E.V. Dubinina, V.A. Peschanskaya,  
E.V. Ulyanova, 2022



### Abstract.

Grain bran is used mostly in animal farming and food industry. However, grain bran can also serve as an alternative source of nitrogenous substances in distillate technology. The present research objective was to study the complex of water-soluble nitrogenous compounds in grain bran and to identify the effect of the bran type and its granulometric characteristics on their composition and concentration.

The research featured 30 industrial grain samples of wheat, rye, and triticale, as well as the corresponding bran samples. The total protein was determined by the Kjeldahl method, the size modulus – by sieving. In the bran aqueous phase, the protein content was measured using the Lowry method, the amine nitrogen content – by the copper method, and the free amino acid content – by the high-performance liquid chromatography.

In bran, the content of total protein increased by 16–28%, the proportion of water-soluble forms of nitrogenous compounds increased by 6–29%, and the free amino acids increased by 1.4–2.3 times, if compared with the grain samples. The proportion of soluble proteins in the rye bran was 15–30% higher than in other types. The types of bran had a different content of individual amino acids. A high correlation was observed between the modulus of the bran size, the mass concentration of soluble proteins, and the free amino acids. The proportion of soluble proteins reached 44.1% as the size modulus decreased. The samples of rye bran demonstrated the maximal growth of this indicator. Bran, regardless of the type of raw material and particle size distribution, had a higher concentration of free amino acids in comparison with the original grain. The experiment revealed the following linear dependence: the proportion of free amino acids in bran increased by 46–54% as the size modulus decreased by 0.72–0.85. The article introduces linear dependence equations for each type of bran, as well as the percentage of free amino acids for the change in the size modulus per unit.

Aqueous extracts of small-size rye grain bran proved to have good prospects for distillate technology. According to the evaluation of the nitrogen-containing complex of various grain bran types, small-size rye bran had more advantages in terms of soluble protein forms and free amino acids. Further research will feature the fermentation activity of yeast in distillate production to develop specific sensory properties.

**Keywords.** Bran, nitrogen-containing complex, particle size distribution, free amino acids, distillation

**Funding.** The research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Minobrnauka)<sup>ROR</sup> as part of state assignment for the All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry (VNIIPBiVP)<sup>ROR</sup> (FNEN-2019-00024).

**For citation:** Krikunova LN, Dubinina EV, Peschanskaya VA, Ulyanova EV. New Nitrogen-Containing Raw Materials in Distillate Technology. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):123–132. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-123-132>

### Введение

Зерновые отруби являются одним из продуктов переработки зерна в мукомольном производстве. Их выход в процентах от массы зернового сырья и биохимический состав определяются рядом факторов.

К первому фактору относится вид зерна. Классическими культурами, перерабатываемыми на предприятиях мукомольно-крупяного производства,

являются пшеница и рожь, реже тритикале (гибрид пшеницы и ржи). Данные виды зерна используются как для выработки хлебопекарной муки, так и муки макаронного назначения. В последнем случае применяется пшеница твердых либо мягких сортов с высокой стекловидностью. Биохимический состав пшеницы, ржи и тритикале, в зависимости от вида, сорта и природно-климатических условий

произрастания зерна, исследовался на протяжении многих лет и считается хорошо изученным. Состав отрубей из этих видов зерна изучен в меньшей степени. Имеются сведения о содержании основных компонентов биохимического состава (крахмал, клетчатка, белок, жир, зольность) пшеничных и ржаных отрубей и отрубей из тритикале [1–3]. В зерновых отрубях, по сравнению с исходным зерном, содержится в 2,5–3,0 раза меньше крахмала, но больше некрахмальных полисахаридов, минеральных веществ и общего белка.

Вторым фактором, который может оказать влияние на биохимический состав зерновых отрубей, является принятая на предприятии схема переработки зерна и сорт получаемой муки. Существуют простые помолы, к которым относятся обойные помолы пшеницы, ржи и односортный 87 %-ный помол ржи; сложные помолы без обогащения промежуточных продуктов (двухсортный 80 %-ный помол ржи, односортный 63 %-ный помол ржи и односортный 85 %-ный помол пшеницы); сложные помолы с сокращенным обогащением промежуточных продуктов; сложные помолы с развитым процессом обогащения и т. д. При сортовом помоле пшеницы в отруби, составляющие около 20 % от массы перерабатываемого сырья, переходит основная часть клетчатки (93,4 %), гемицеллюлозы (80,5 %), жиров (до 62 %) и примерно третья часть от общего содержания белка [4]. Обобщающие данные об основных источниках образования зерновых отрубей, влиянии на их биохимический состав различных технологических приемов, а также способах повышения биодоступности их компонентов представлены в обзоре, сделанном итальянскими и финскими специалистами [5].

В ряде работ при исследовании биохимического состава зерновых отрубей показано высокое содержание в них биологически активных компонентов, в том числе полифенолов (особенно высокое содержание в ржаных отрубях), водорастворимой клетчатки ( $\beta$ -глюкан, арабиноксилан) и резистентного крахмала, обладающих митогенной, антиоксидантной и пребиотической активностями [5–9].

На основе данных по биохимическому составу зерновых отрубей предложен ряд направлений их использования. Зерновые отруби применяют в качестве пищевой добавки, повышающей биологическую ценность продуктов, и при производстве функциональных продуктов питания [10–12]. Оценка водопоглотительной способности пшеничных отрубей и содержания в них компонентов, обуславливающих их активную кислотность, позволяет рекомендовать определенные дозировки при выработке хлеба и мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности [13, 14].

Отдельным направлением использования зерновых отрубей является их применение в качестве сырья для выработки пищевых белковых продуктов.

Известны способы получения белковых продуктов, основанные на выделении фракций белков из сырья с использованием щелочных экстрагентов, в том числе с предварительной обработкой ферментными препаратами различного спектра действия [15–19].

Все существующие направления использования зерновых отрубей предполагают переработку пшеничных отрубей. В Российской Федерации зерноперерабатывающие предприятия производят большие объемы ржаной муки. Традиционным для населения нашей страны является потребление ржаного и ржано-пшеничного хлеба. Поэтому ржаные отруби являются доступным сырьевым ресурсом.

Сведений об использовании зерновых отрубей при производстве дистиллятов из различных видов растительного сырья в научной литературе не выявлено. Однако в работах, опубликованных ранее и посвященных исследованию биохимических процессов, влияющих на эффективность производства и формирующих качество зерновых и фруктовых (плодовых) дистиллятов, говорится о целесообразности использования дополнительных источников азотистого питания на стадии сбраживания. Показано, что оптимальные результаты достигаются при использовании активаторов брожения с максимальным содержанием свободных аминокислот и растворимых форм фосфора [20–23]. Используемые промышленно выпускаемые активаторы брожения, преимущественно импортные, повышают стоимость производства. Альтернативным источником факторов роста для дрожжей, исходя из сведений о биохимическом составе и направлениях использования зерновых отрубей, могут быть их водорастворимые компоненты. К основным водорастворимым компонентам азотсодержащего комплекса относят растворимый белок, аминный азот и свободные аминокислоты.

Цель исследования состояла в изучении комплекса азотистых соединений пшеничных и ржаных отрубей и отрубей из тритикале, а также в выявлении влияния на их состав и концентрацию вида отрубей и их гранулометрической характеристики.

#### **Объекты и методы исследования**

Объектами исследования в работе были три образца зерна (пшеница, рожь и тритикале) и 30 образцов зерновых отрубей, полученных с зерноперерабатывающих предприятий: АО «Московский мельничный комбинат № 3» (г. Москва), АО «Зернопродукт» (г. Ногинск), ОАО «Истра-хлебопродукт» (г. Истра), ООО «СКС-торг» (г. Пушкино), ООО «Шахтинский мукомольный завод» (г. Шахты). Отдельные образцы зерновых отрубей получены на промышленной установке Мельник 100 люкс (МСХА им. К. А. Тимирязева) [24].

Оценку гранулометрического состава отрубей проводили по модели крупности (М). Определение

модуля крупности включало рассев образца отрубей через набор сит (диаметром ( $d$ ) 1,60, 1,25, 1,00, 0,80 и 0,56 мм) и расчет по формуле:

$$M = (d_0 \times P_0 + d_1 \times P_1 + d_2 \times P_2 + \dots + d_n \times P_n) / 100 \quad (1)$$

где  $d$  – средний диаметр соседних сит, мм;  $P_n = m_n \times 100 / \sum m_i$  – процентное содержание каждой фракции после отсева на ситах, %.

Изучение азотсодержащего комплекса состояло в определении в исходных отрубях общего белка по методу Кьельдаля, растворимого белка по методу Лоури, аминного азота медным способом, а также состава и массовой концентрации свободных аминокислот в водной фазе с пересчетом их массовой доли в исходных отрубях. Для получения сопоставимых результатов степени экстракции водорастворимых азотсодержащих компонентов все образцы зерновых отрубей дополнительно измельчали на лабораторной мельнице до 100 %-ного прохода через сито  $d = 0,56$  мм.

Разделение аминокислот проводили с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии на приборе Agilent Technologies 1200 Series («Agilent», США) с хроматографической колонкой Luna 5u C18(2) 150×4,6 мм 5 μ (Phenomenex, США) с предколонкой по методике измерений массовой концентрации свободных аминокислот в алкогольных и безалкогольных напитках методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ФР.1.31.2012.13428). Применяли следующие рабочие параметры жидкостного хроматографа: скорость потока элюента (ацетонитрил/ацетатный буферный раствор) – 1,0 см<sup>3</sup>/мин, градиент, %: 0–28 мин – 10/90; 29–40 мин – 28/72; 41–50 мин – 25/75; 51–55 мин – 50/50; 56–60 мин – 90/10; 61–63 мин – 10/90.

Перевод азотсодержащих компонентов в водную фазу проводили путем смешивания образца отрубей с дистиллированной водой в соотношении 1:10 и выдержки смеси при температуре 20–25 °С в течение 30 мин при периодическом перемешивании. Отделение водной фракции осуществляли центрифугированием на лабораторной центрифуге при 6000 об/мин.

Обработку экспериментальных данных проводили с использованием методов математической статистики. Математическую интерпретацию

взаимосвязи между значениями гранулометрического состава и содержанием растворимых форм азотсодержащих компонентов осуществляли с использованием программного обеспечения Excel 2010 Microsoft Office.

### Результаты и их обсуждение

Сравнительная оценка азотсодержащего комплекса разных видов зерновых отрубей проводилась на основе изучения концентрации общего белка, а также растворимых форм – растворимого белка и аминного азота. В состав растворимого белка, определяемого по методу Лоури, входили азотсодержащие компоненты с амидными (пептидными) связями, а также аминокислотные остатки тирозина и триптофана. Аминный азот представляет собой сумму большинства свободных аминокислот и пептидов, способных образовывать растворимые комплексы с соединениями меди. Установлено, что суммарное содержание азотсодержащих компонентов, характеризующихся величиной показателей общего белка, растворимого белка и аминного азота, больше зависело от исследованного образца, чем от вида переработанного зерна (табл. 1).

Интервалы варьирования массовой доли общего белка, растворимого белка и аминного азота, независимо от вида отрубей, составляли 11,6–15,6, 2,5–6,0 и 2,5–4,8 соответственно.

При расчете доли растворимых белков в составе общих белков отмечена тенденция роста этого показателя в образцах ржаных отрубей от 15 до 30 % по сравнению с пшеничными и тритикалевыми отрубями.

Исследование состава и концентрации свободных аминокислот показало, что основными являются аспарагиновая кислота и аспарагин (табл. 2).

Доля аспарагиновой кислоты в сумме свободных аминокислот составила 20–25 %, а аспарагина – 30–35 %. Выявлены отличия между видами отрубей по содержанию отдельных аминокислот. Пшеничные отруби характеризовались повышенным содержанием триптофана (в 2–2,5 раза), по сравнению с ржаными и тритикалевыми, при низком содержании аланина.

В ржаных отрубях установлено высокое содержание аспарагиновой и глутаминовой кислот и аспарагина. Их суммарная концентрация варьировалась в пределах от 827 до 1202 мг/дм<sup>3</sup>

Таблица 1. Сравнительная характеристика азотсодержащего комплекса разных видов зерновых отрубей

Table 1. Comparative analysis of the nitrogen-containing complex in different types of grain bran

Вид отрубей	Массовая доля, %			Доля растворимых белков, % в общих белках
	Общий белок	Растворимый белок	Аминный азот	
Пшеничные	11,6–15,6	2,5–5,2	2,5–4,5	20,3–35,9
Ржанные	13,6–14,3	3,4–6,0	3,3–4,8	24,6–42,0
Тритикалевые	13,0–13,9	2,9–4,9	2,9–4,7	22,3–35,3

Таблица 2. Влияние вида зерновых отрубей на содержание свободных аминокислот

Table 2. Effect of grain bran type on free amino acids

Наименование аминокислоты	Содержание, мг%		
	Пшеничные отруби	Ржаные отруби	Тритикалевые отруби
Аспарагиновая	181,0–279,5	242,0–407,4	209,7–287,0
Глутаминовая	40,5–113,0	122,0–190,7	63,5–97,5
Аспарагин	212,0–367,0	463,0–603,5	304,6–351,0
Гистидин	7,0–28,5	15,0–20,1	19,7–22,5
Серин	21,5–41,0	23,5–45,7	25,7–30,0
Глутамин	27,5–144,0	65,0–71,1	44,0–57,5
Аргинин	15,0–20,5	11,5–15,3	10,2–13,5
Глицин	51,5–123,0	34,5–121,3	37,7–78,0
Треонин	45,0–60,0	37,5–88,2	41,1–72,5
Аланин	56,6–84,5	48,0–201,5	58,3–273,5
Тирозин	1,5–3,5	5,5–9,0	4,2–5,5
Валин	10,0–40,5	39,5–54,2	34,3–41,0
Метионин	19,5–20,5	9,0–10,3	4,7–6,5
Триптофан	128,0–191,0	68,0–71,1	59,4–67,0
Изолейцин	11,5–28,5	19,0–22,3	21,3–24,0
Лейцин	14,0–50,5	25,5–29,7	30,8–37,5
Фенилаланин	31,9–41,5	25,5–28,0	27,4–32,0
Лизин	18,5–44,0	16,5–33,2	21,5–28,5
Итого	892,5–1681,0	1269,0–2022,6	1018,1–1525,0

и составила 60–70 %. Данный вид отрубей характеризовался максимальным суммарным содержанием свободных аминокислот, а образцы отрубей из тритикале были ближе к образцам пшеничных отрубей.

Отмечался широкий интервал варьирования содержания как отдельных аминокислот, так и их суммарной концентрации. Это свидетельствует о влиянии биохимического состава зерна и способов его переработки на содержание растворимых аминокислот.

С точки зрения оценки их питательной ценности для размножения дрожжей аминокислоты разделяют на хорошо (аспарагиновая кислота, аргинин, валин, гистидин, изолейцин, триптофан) и плохо усваиваемые (лейцин, метионин, тирозин, треонин, серин, лизин). Доказано, что дрожжевая клетка может ассимилировать большинство аминокислот, кроме пролина. Присутствие естественных питательных сред с широким составом аминокислот, к которым относятся водные экстракты отрубей, повышает ферментативную активность дрожжевых клеток. В этом случае возможна прямая ассимиляция аминокислот дрожжами в процессе их размножения [25, 26]. При ассимиляции аминокислот в результате ферментативного дезаминирования образуются разнообразные летучие компоненты, участвующие в сложении аромата и вкуса спиртных напитков на основе дистиллятов.

В количественном отношении в дистиллятах, независимо от используемого сырья (крахмал-, инулин- и сахаросодержащее, фруктовое), преобладают высшие спирты. Основными являются пропиловый, изобутиловый и изоамиловый. Одним из путей образования данных летучих соединений является их биосинтез из соответствующих аминокислот. Предшественниками пропилового, изобутилового и изоамилового спиртов являются треонин, валин и лейцин. Их содержание в зерновых отрубях незначительно и составляет 1–5 % от суммы свободных аминокислот.

В связи с установленным влиянием исходного биохимического состава сырья на содержание водорастворимых азотистых соединений зерновых отрубей на следующем этапе работы исследовали по одному образцу зерна каждого вида и отруби с различным модулем крупности. Их получили на предприятиях при переработке данного вида зерна по разным технологическим схемам. Условно принято считать отруби с модулем крупности свыше 1,0 крупными, от 0,6 до 1,0 – средними, ниже 0,6 – мелкими.

В результате исследований выявлено, что в отрубях, независимо от гранулометрического состава, повышается содержание общего белка (табл. 3). Это согласуется с данными других авторов [1, 2]. Также в отрубях возрастает содержание водорастворимого белка в 2,0–4,5 раза и аминного азота в 1,5–2,5 раза. Это может быть обусловлено концентрированием в

Таблица 3. Влияние гранулометрического состава и вида сырья на его белковый комплекс

Table 3. Effect of granulometric composition and type of raw material on its protein complex

Наименование сырья	Модуль крупности	Массовая доля, %			Доля растворимых белков, % к общим белкам
		Общий белок	Растворимые белки	Аминный азот	
Пшеница					
Зерно	–	11,3	1,2	1,8	10,6
Отруби № 1	1,34	14,5	2,8	2,7	19,3
Отруби № 2	1,14	14,3	2,8	2,9	19,6
Отруби № 3	0,86	14,1	2,9	3,3	20,6
Отруби № 4	0,49	13,8	5,2	4,5	37,7
Рожь					
Зерно	–	11,7	1,8	2,0	15,4
Отруби № 5	1,25	14,2	3,0	3,3	21,1
Отруби № 6	1,12	14,0	3,5	3,6	25,0
Отруби № 7	0,90	13,8	3,7	4,1	26,8
Отруби № 8	0,53	13,6	6,0	4,8	44,1
Тритикале					
Зерно	–	10,9	1,5	1,9	14,3
Отруби № 9	1,30	13,5	2,9	2,5	21,5
Отруби № 10	1,17	13,7	3,1	3,1	22,6
Отруби № 11	0,71	13,4	3,7	3,9	27,6
Отруби № 12	0,48	13,0	4,9	4,7	37,7

периферийных частях зерна водо- и солерастворимых белков (альбуминов и глобулинов).

Установлена высокая корреляционная связь между модулем крупности отрубей и массовой концентрацией в них растворимых белков. При снижении модуля крупности в образцах отрубей возрастает доля мелких частиц. Растворимые азотсодержащие компоненты концентрируются именно в этих частицах. Концентрация растворимых белков возрастает в 1,5–2,0 раза при снижении модуля крупности отрубей в 2–3 раза. Одновременно отмечено увеличение доли растворимых белков в общих. Максимальный рост данного показателя отмечен для образцов отрубей из ржи и составил 23 %.

Все имеющиеся в литературных источниках данные о составе и концентрации аминокислот в зерне и отрубях относятся к характеристике общих белков и оцениваются с позиции пищевой ценности. В данном исследовании важно было определить возможное влияние вида сырья и гранулометрического состава отрубей на концентрацию свободных аминокислот в водорастворимой части.

Полученные экспериментальные данные (табл. 4–6) позволили установить следующее:

- отруби, независимо от вида сырья и гранулометрического состава, характеризовались повышенной концентрацией свободных аминокислот (в 1,4–2,3 раза), чем в исходном зерне;
- отруби из ржи, по сравнению с отрубями из пшеницы и тритикале, характеризовались повышенным со-

держанием свободных аминокислот на 15–20 и 25–30 % соответственно;

– при снижении модуля крупности на 0,72–0,85 концентрация свободных аминокислот во всех исследованных образцах возрастала.

При переработке пшеницы концентрация свободных аминокислот в отрубях была выше, чем в исходном зерне, в 1,7–2,3 раза за счет увеличения содержания аспарагиновой кислоты в 1,4–1,9 раза, аспарагина в 1,5–2,2 раза и триптофана в 3,4–4,1 раза.

Повышение суммарного содержания свободных аминокислот при переработке ржи составило 1,5–2,0 раза, а при переработке тритикале – 1,4–1,9 раза. В отличие от пшеницы в этих видах отрубей вклад в повышение концентрации свободных аминокислот, наряду с аспарагиновой кислотой и аспарагином, внес аланин, содержание которого повышалось на 2,4–5,0 раза.

Установлено, что суммарная концентрация свободных аминокислот в образцах отрубей из ржи, по сравнению с аналогичными по гранулометрическому составу образцами отрубей из пшеницы, была выше на 17–22 % для крупных отрубей, на 12 % для средних, на 17 % для мелких. Также отмечено повышенное содержание аспарагина в ржаных отрубях более чем в 1,5 раза. В процессе спиртового брожения аспарагин в результате переаминирования превращается в аспарагиновую кислоту, которая относится к легко усвояемым дрожжами аминокислотам.

Оценка содержания свободных аминокислот в аспекте их влияния на образование летучих

Таблица 4. Концентрация свободных аминокислот в образцах зерна и отрубей из пшеницы

Table 4. Concentration of free amino acids in wheat grain and bran

Наименование аминокислоты	Содержание, мг%				
	Зерно	Отруби			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Аспарагиновая	148,0	201,5	205,8	207,0	279,5
Глутаминовая	43,5	77,5	98,6	113,0	113,0
Аспарагин	168,5	259,0	262,3	277,5	367,0
Гистидин	13,5	9,5	12,7	25,0	28,5
Серин	19,0	44,0	49,5	54,5	41,0
Глутамин	100,0	32,5	52,6	84,0	144,0
Аргинин	6,5	17,5	20,1	25,5	20,5
Глицин	33,0	68,0	83,3	96,0	123,0
Треонин	22,0	63,5	70,1	75,0	60,0
Аланин	34,0	138,0	140,4	142,0	84,5
Тирозин	5,0	2,0	2,0	2,5	3,5
Ванин	22,0	31,5	35,6	41,5	40,5
Метионин	6,5	12,5	12,9	14,0	20,5
Триптофан	56,5	193,5	211,8	232,5	191,0
Изолейцин	11,5	20,2	22,3	26,0	28,5
Лейцин	21,5	36,0	46,6	51,0	50,5
Фенилаланин	20,5	41,0	44,2	50,0	41,5
Лизин	14,5	29,5	46,6	50,5	44,0
Итого	746,0	1277,0	1417,4	1567,5	1681,0

Таблица 5. Концентрация свободных аминокислот в образцах зерна и отрубей из ржи

Table 5. Concentration of free amino acids in rye grain and bran

Наименование аминокислоты	Содержание, мг%				
	Зерно	Отруби			
		№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
Аспарагиновая	275,7	321,4	333,5	317,7	407,4
Глутаминовая	98,3	115,2	157,1	190,3	190,7
Аспарагин	384,7	508,5	520,2	534,0	603,5
Гистидин	5,1	10,9	13,7	19,9	20,1
Серин	15,0	25,2	26,9	45,0	45,7
Глутамин	52,3	68,5	71,2	70,3	71,1
Аргинин	15,1	12,0	12,4	13,0	15,3
Глицин	17,6	59,6	67,6	88,6	121,3
Треонин	9,2	58,7	60,4	67,7	88,2
Аланин	58,9	150,4	152,3	175,6	201,5
Тирозин	7,1	6,5	6,0	8,5	9,0
Ванин	30,3	43,8	42,4	53,5	54,2
Метионин	4,2	10,2	9,5	10,7	10,3
Триптофан	14,7	70,4	71,2	70,0	71,1
Изолейцин	10,3	21,9	22,0	24,5	22,3
Лейцин	7,2	20,6	26,7	28,9	29,7
Фенилаланин	10,6	27,3	26,1	27,7	28,0
Лизин	9,9	12,8	17,3	24,4	33,2
Итого	1036,2	1543,9	1636,5	1770,3	2022,6

Таблица 6. Концентрация свободных аминокислот в образцах зерна и отрубей из тритикале

Table 6. Concentration of free amino acids in triticale grain and bran

Наименование аминокислоты	Содержание, мг%				
	Зерно	Отруби			
		№ 9	№ 10	№ 11	№ 12
Аспарагиновая	170,3	215,2	229,7	270,0	271,1
Глутаминовая	52,4	60,7	63,5	85,3	90,3
Аспарагин	252,7	299,8	304,6	310,1	327,7
Гистидин	10,5	18,1	19,7	20,5	20,5
Серин	11,3	22,6	25,7	26,7	29,6
Глутамин	30,8	40,3	44,0	50,2	51,3
Аргинин	10,5	10,8	10,2	11,7	11,6
Глицин	20,6	35,6	37,7	63,0	62,5
Треонин	18,4	20,8	41,1	72,4	70,3
Аланин	41,2	99,3	108,3	160,6	204,4
Тирозин	4,7	4,5	4,2	4,7	5,0
Ванин	30,3	33,6	34,3	40,7	41,0
Метионин	5,0	4,8	4,7	5,0	6,1
Триптофан	30,3	109,0	109,4	166,3	163,5
Изолейцин	22,5	22,1	21,3	22,1	24,0
Лейцин	32,7	29,5	30,8	36,0	37,5
Фенилаланин	21,6	26,3	27,4	30,1	31,9
Лизин	24,2	21,4	21,5	27,5	27,6
Итого	790,0	1074,4	1138,1	1402,9	1485,9

компонентов, определяющих характер и оттенки аромата спиртных напитков, показала преимущество ржаных отрубей. В мелких ржаных отрубях содержалось на 30 % больше треонина и на 25 % меньше суммы лейцина и изолейцина.

По содержанию и соотношению свободных аминокислот образцы отрубей из тритикале оказались ближе к образцам из пшеницы, чем из ржи. В мелких отрубях из данного вида зерна содержание глутамина было в 2,5 и в 1,5 раза ниже, чем в пшеничных и ржаных отрубях соответственно. Концентрация триптофана в отрубях из тритикале на 25–30 % ниже, чем в пшеничных отрубях, но выше в 2–2,5 раза, чем в ржаных.

Математическая интерпретация полученных результатов выявила высокую линейную обратно пропорциональную зависимость увеличения доли свободных аминокислот в отрубях по сравнению с их содержанием в зерне соответствующего вида (рис. 1). Как видно из графического материала, выявленные зависимости имеют практически одинаковые значения угла наклона прямых. Обработка графического материала дала возможность вывести уравнения линейной зависимости для каждого из видов отрубей (2)–(4). Они позволят рассчитать содержание свободных аминокислот в образце отрубей на основании данных по содержанию аминокислот в зерне и модуля крупности отрубей:

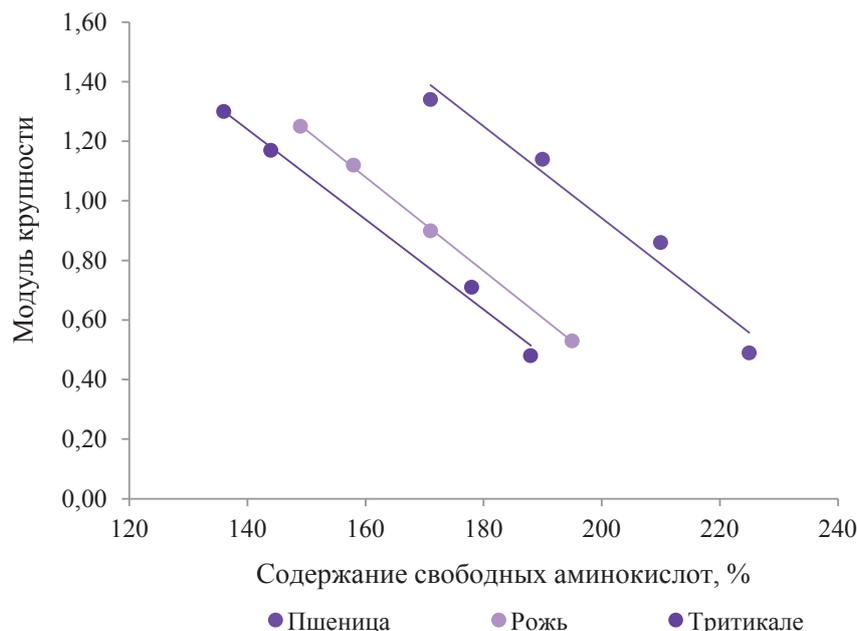


Рисунок 1. Влияние модуля крупности зерновых отрубей на содержание свободных аминокислот

Figure 1. Effect of grain bran size modulus on free amino acids

$$A_o = A_3(Mk252)/100, \% \quad (2)$$

$$A_o = A_3(Mk226)/100, \% \quad (3)$$

$$A_o = A_3(Mk215)/100, \% \quad (4)$$

где  $A_o$  – содержание свободных аминокислот в образце отрубей;  $A_3$  – содержание свободных аминокислот в зерне;  $M$  – модуль крупности;  $k$  – постоянный коэффициент ( $k = -60,6$ ); 252, 226, 215 – эмпирические коэффициенты для каждого вида отрубей.

Из представленных графических данных видно, что снижение модуля крупности на 0,85 для пшеничных отрубей, на 0,72 для ржаных и на 0,82 для отрубей из тритикале привело к увеличению процентного содержания свободных аминокислот для данных видов отрубей на 54, 46 и 52 % соответственно. Рассчитан прирост процентного содержания свободных аминокислот на изменение модуля крупности на одну условную единицу  $M$ . Расчетные показатели для отрубей из данных видов зерна имели практически равные значения для пшеничных, ржаных и тритикалевых отрубей и составили 63,5, 63,9 и 63,4 % соответственно.

Полученные результаты дают возможность научно обосновать перспективы нового направления использования зерновых отрубей. Оценка водорастворимых азотсодержащих компонентов зерновых отрубей показала, что доля растворимых белков составляет в среднем 30 % от общего содержания белка. Выявлена высокая корреляционная зависимость содержания растворимых белков и свободных аминокислот от гранулометрического

состава отрубей. Показано преимущество мелких отрубей по переходу азотсодержащих компонентов в жидкую фазу. Установлено, что ржаные отруби характеризовались максимальным процентом перехода азотсодержащих компонентов в водную фазу и оптимальным соотношением свободных аминокислот с точки зрения азотного питания дрожжей и образования ценных летучих компонентов.

### Выводы

В работе проведены комплексные исследования оценки водорастворимых азотсодержащих компонентов отрубей из пшеницы, ржи и тритикале – растворимых белков, аминного азота и свободных аминокислот. Массовая доля растворимого белка в образцах варьировалась в пределах 2,5–6,0 %, аминного азота – 2,5–4,8 %, содержание свободных аминокислот составляло для пшеничных отрубей 892,5–1681,0, для ржаных отрубей – 1269,0–2022,6 и для отрубей из тритикале – 1018,1–1525,0 мг%.

В отрубях, по сравнению с исходным зерном, повышается содержание общего белка на 16–28 %, доля водорастворимых форм азотистых соединений на 6–29 %, в том числе свободных аминокислот в 1,4–2,3 раза.

Установлена корреляционная связь между модулем крупности отрубей ( $M$ ) и массовой концентрацией в них растворимых белков: концентрация растворимых белков возрастает в 1,5–2,0 раза при снижении модуля крупности отрубей в 2–3 раза. Максимальная доля растворимых белков к общим была выявлена в образце мелких отрубей из ржи и составила 44,1 %.

Впервые изучен состав и содержание свободных аминокислот различных видов отрубей. Показано, что максимальным содержанием свободных аминокислот характеризовались отруби из ржи независимо от модуля крупности. Выявлены отличительные особенности содержания отдельных аминокислот в отрубях в зависимости от вида переработанного зерна.

По сравнению с другими видами отрубей ржаные отличались повышенной концентрацией аспарагиновой кислоты и аспарагина – легко усвояемых дрожжами аминокислот. Кроме того, оценка содержания свободных аминокислот в аспекте их влияния на образование летучих компонентов показала, что в мелких ржаных отрубях содержалось на 30 % больше треонина и на 25 % меньше суммы лейцина и изолейцина.

Математическая обработка экспериментальных данных выявила высокую линейную зависимость от модуля крупности показателя увеличения доли свободных аминокислот в отрубях по сравнению с их содержанием в зерне соответствующего вида. Выведены уравнения линейной зависимости для каждого вида отрубей. Рассчитан прирост процентного содержания свободных аминокислот при изменении модуля крупности на одну условную единицу М.

Полученные результаты показывают перспективность использования зерновых отрубей, в первую очередь мелких ржаных, в технологии дистиллятов в качестве дополнительного источника азотистого питания для дрожжей. Применение

зерновых отрубей на стадии подготовки сырья к дистилляции позволит усилить синтез ароматобразующих компонентов и повысить органолептические характеристики спиртных напитков.

Результаты исследования являются научно обоснованной предпосылкой для углубленного исследования по влиянию водных экстрактов зерновых отрубей на метаболическую активность дрожжей на стадии сбраживания сырья и ее регулирование с целью формирования определенных органолептических характеристик конечного продукта при получении дистиллятов.

#### **Критерии авторства**

Авторы в равной степени участвовали в подготовке и написании статьи.

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Contribution**

All the authors contributed equally to the study and bear equal responsibility for information published in this article.

#### **Conflict of interest**

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

### **References/Список литературы**

1. Kazakov ED, Karpilenko GP. Biochemistry of grain and bakery products. St. Petersburg: GIORД; 2005. 512 p. (In Russ.).  
Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П. Биохимия зерна и хлебопродуктов. СПб.: ГИОРД, 2005. 512 с.
2. Meleshkina EP, Pankratov GN, Pankrat'eva IA, Chirkova LV, Kandrovk RKh, Vitol IS, *et al.* Triticale. Processing technology. Moscow: FLINTA; 2018. 188 p. (In Russ.).  
Тритикале. Технология переработки / Е. П. Мелешкина [и др.]. М.: ФЛИНТА, 2018. 188 с.
3. Chalamacharla RB, Harsha K, Sheik KB, Viswanatha CK. Wheat bran-composition and nutritional quality: A review. *Advances in Biotechnology and Microbiology*. 2018;9(1).
4. Pogorelova NA, Moliboga EA, Sarnizckaya NA. The study of the process of polymer bioconversion of wheat bran enzyme preparation of proteolytic activity. *Bulletin of the Omsk State Agrarian University*. 2018;32(4):31–35. (In Russ.).  
Погорелова Н. А., Молибога Е. А., Сарницкая Н. А. Исследование процесса биоконверсии полимеров пшеничных отрубей ферментным препаратом протеолитического действия // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2018. Т. 32. № 4. С. 31–35.
5. Verni M, Rizzello CG, Coda R. Fermentation biotechnology applied to cereal industry by-products: Nutritional and functional insights. *Frontiers in Nutrition*. 2019;6. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00042>
6. Buzhylov M, Kaprelyants L, Pozhitkova L, Soboleva A, Kishenya A. Enzymatic modification of wheat bran. *Food Science and Technology*. 2020;14(1):12–21. <https://doi.org/10.15673/fst.v14i1.1643>
7. Bitjukova AV, Amelkina AA, Evteev AV, Bannikova AV. New biotechnology for the production of phytocompounds from secondary products of grain processing. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(1):5–13. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-5-13>

8. Luithui Y, Baghya Nisha R, Meera MS. Cereal by-products as an important functional ingredient: effect of processing. *Journal of Food Science and Technology*. 2019;56(1). <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3461-y>
9. Chakraborty M, Budhwar S. Critical analysis of wheat bran as therapeutic source. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*. 2019;3(3):296–303. <https://doi.org/10.31142/ijtsrd21755>
10. Kapreliants L, Zhurlova O. Technology of wheat and rye bran biotransformation into functional ingredients. *International Food Research Journal*. 2017;24(5):1975–1979.
11. Kapreliants L, Zhurlova O, Shpyrko T, Pozhitkova L. Xylooligosaccharides from agricultural by-products: characterization, production and physiological effects. *Food Science and Technology*. 2017;11(3):25–34. <https://doi.org/10.15673/fst.v11i3.606>
12. Koneva SI, Mogucheva EhP. Effect of wheat bran on the quality of bread with high nutritional value. *Polzunovskiy Vestnik*. 2011;(3–2):141–144. (In Russ.).  
Конева С. И., Могучева Э. П. Исследование влияния пшеничных отрубей на качество хлеба повышенной пищевой ценности // Ползуновский вестник. 2011. № 3–2. С. 141–144.
13. Gunenc A, Alswiti C, Hosseinian F. Wheat bran dietary fiber: Promising source of prebiotics with antioxidant potential. *Journal of Food Research*. 2017;6(2). <https://doi.org/10.5539/jfr.v6n2p1>
14. Umanskaya SV, Mekhantseva IYu, Riabov AA. Analysis of the possibility of using bran in the production of flour confectionery. *Innovative Technologies in Science and Education (ITNO 2020): Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference (on-line); 2020; Rostov-on-Don. Rostov-on-Don: DGTU-PRINT; 2020. p. 463–466. (In Russ.)*. <https://doi.org/10.23947/itno.2020.463-466>
15. Kolpakova VV, Zajtseva LV, Smirnov EA. Method for obtaining protein product out of bran. Russia patent RU 2250026C2. 2005.  
Способ получения белкового продукта из отрубей: пат. 2250026C2 Рос. Федерация. № 2002132034/13 / Колпакова В. В., Зайцева Л. В., Смирнов Е. А.; заявл. 28.11.2002; опубл. 20.04.2005; Бюл. № 11. 8 с.
16. Meleshkina EP, Krikunova LN, Vitol IS. Method of producing protein product from peripheral parts of grain. Russia patent RU 2612907C1. 2017.  
Способ получения белкового продукта из периферийных частей зерна: пат. 2612907C1 Рос. Федерация. № 2016112584 / Мелешкина Е. П., Крикунова Л. Н., Витол И. С.; заявл. 04.04.2016; опубл. 13.03.2017; Бюл. № 8. 7 с.
17. Alsirrag M. Preparation wheat bran protein concentrate, studying its functional properties. *JOUR*. 2016;02(27): 39–51.
18. Vitol IS, Igoryanova NA, Meleshkina EP. Bioconversion of secondary products of processing of grain cereals crops. *Food Systems*. 2019;2(4):18–24. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-4-18-24>
19. Ulanova RV, Kolpakova VV, Kulikov DS, Evlagina EG. Amino acid composition of protein concentrates from secondary products of food production and alternative raw materials. *Storage and Processing of Farm Products*. 2020;(4):89–103. (In Russ.). <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.330>
20. Urošević I, Nikićević N, Stanković L, Anđelković B, Urošević T, Kristić G, et al. Influence of yeast and nutrients on the quality of apricot brandy. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 2014;79(10):1223–1234. <https://doi.org/10.2298/JSC140125024U>
21. Pielech-Przybylska K, Balcerek M, Nowak A, Patelski P, Dziekońska-Kubczak U. Influence of yeast on the yield of fermentation and volatile profile of “Węgierka Zwykła” plum distillates. *Journal of the Institute of Brewing*. 2016;122(4):612–623. <https://doi.org/10.1002/jib.374>
22. Oganesyants LA, Krikunova LN, Dubinina EV, Shvets SD. Evaluation of the fermentation activators use prospects in the technology of corneliancherries distillates. *Polzunovskiy Vestnik*. 2020;(3):24–30. (In Russ.).  
Оценка перспектив применения активаторов брожения в технологии дистиллятов из плодов кизила / Л. А. Оганесянц [и др.] // Ползуновский вестник. 2020. № 3. С. 24–30.
23. Permyakova LV. Classification of preparatiopns to promote yeast vital activity. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2016;42(3):46–55. (In Russ.).  
Пермякова Л. В. Классификация стимуляторов жизненной активности дрожжей // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 42. № 3. С. 46–55.
24. Kandrov RH. Technological characteristics of wheat-triticale flour. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2019;7(3):13–22. (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/food190302>
25. Sarishvili NG, Reytblat BB. Microbiological foundations of wine champagne technology. *Moscow: Pishchevaya promyshlennost'*; 2000. 363 p. (In Russ.).  
Саришвили Н. Г., Рейтблат Б. Б. Микробиологические основы технологии шампанизации вина. М.: Пищевая промышленность, 2000. 363 с.
26. Walker GM, Stewart GG. *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages. *Beverages*. 2016;2(4). <https://doi.org/10.3390/beverages2040030>