

Научная статья

УДК 663.433

DOI: 10.17586/2310-1164-2022-15-1-22-28

## Эффективность применения ферментных препаратов в технологии напитков на основе голозерного овса

М.Н.Г. Ибрахим\*, Е.И. Лисина, Н.В. Баракова

Университет ИТМО  
Россия, Санкт-Петербург, \*monikanbil@yahoo.com

**Аннотация.** Исследовали влияние ферментных препаратов на процесс проращивания зерен овса голозерного и разделения зерновой пульпы, полученной из измельченных проросших зерен, смешанных с водой. В качестве активаторов проращивания были выбраны ферментные препараты фирмы Novozymes: *Phytaflow* (фитаза), *Duozym 2x* (альфа- и глюкоамилаза), *Novo Pro* (эндопептидаза), *Novozym 25023* (амилаза, кислая протеаза, целлюлаза), *Ondea Pro* (пуллуланаза, альфа-амилаза, ксиланаза, нейтральная протеаза, липаза, целлюлаза). Доза внесения каждого ферментного препарата составляла 0,01; 0,03 и 0,05% относительно массы зерна. Проращивание проводили традиционным способом на бумаге в чашках Петри согласно ГОСТ 12038-84. Влияние ферментных препаратов оценивали на третий день проращивания зерна по энергии прорастания и длине корешков, на четвертый день – по длине ростка и количеству непроросших зерен. Установлено, что обработка зерен голозерного овса любым из выбранных ферментных препаратов влияет на интенсивность роста зерна, но наибольший эффект оказал ферментный препарат комплексного действия *Novozym 25023*. При дозе его внесения 0,03% энергия прорастания увеличилась на 7,5%. Эффективность ферментативной обработки зерен оценивали также по степени разделения зерновой пульпы, полученной из измельченных и смешанных с водой (соотношение 1:2) проросших зерен голозерного овса. Разделение зерновой пульпы проводили методом центрифугирования при 1000 об/мин<sup>-1</sup> в течение 10 мин. Обработка семян ферментными препаратами перед проращиванием увеличила степень разделения зерновой пульпы. Выход фильтрата из зерновой пульпы, полученной при обработке зерна ферментным препаратом *Novozym 25023*, увеличился на 18%. Полученные результаты полезны разработчикам технологии напитков на зерновой основе, которые являются альтернативным продуктом для людей, не переносящих лактозу или вегетарианцам.

**Ключевые слова:** овес голозерный; проращивание; ферментные препараты; энергия прорастания

Original article

## Influence the efficiency of enzyme preparations in the technological production of naked oat based drinks

Monica N.G. Ibrahim\*, Ekaterina I. Lisina, Nadezhda V. Barakova

ITMO University  
St. Petersburg, Russia, \*monikanbil@yahoo.com

**Abstract.** The effect of various enzyme preparations with different enzymatic activity on the process of germination of hull-less oat seeds and the process of separation of grain pulp obtained from the crushed germinated seeds mixed with water was studied. Enzyme preparations from Novozymes were chosen as germination inducers: *Phytaflow* (phytase), *Duozym2x* (alpha- and glucoamylase), *Novo Pro* (endopeptidase), *Novozym 25023* (amylase, acid protease, and cellulase), *Ondea Pro* (pullulanase, alpha-amylase, xylanase, neutral protease, lipase, and cellulase). Each enzyme preparation was added with 0.01%, 0.03%, and 0.05% doses relative to the grain weight. Germination was carried out by the traditional way on a wet filter paper in Petri dishes according to GOST 12038-84. The effect of each enzyme preparation was assessed on the third day of seed germination in terms of germination energy and root length, and on the fourth day in terms of sprout length and the number of non-germinated seeds. As a result of the experimental work, it was found that the treatment of hull-less oat seeds with the selected enzyme preparations affects the intensity of the seed growth phases. However, *Novozym 25023* – the enzyme preparation of complex action – had the most significant effect between all its doses at 0.03%, while on the third day of seed germination the germination energy increased by 7.5%. The effect of enzyme preparations on the degree of separation of solid and liquid phases in a mixture obtained from crushed germinated hull-less oat seeds mixed with water in a ratio of 1:2 was also evaluated. The grain pulp was separated by centrifugation at 1000 rpm for 10 minutes. The yield of the filtrate from the grain pulp obtained by treating the grain with *Novozym 25023* enzyme preparation (amylase, acid protease, and cellulase) increased the yield of the filtrate by 18%. The present results would

be helpful in the technological development of grain-based beverages, which are alternative products for people who are lactose intolerant or vegan.

**Keywords:** grains of naked oats; oat milk; sprouted grain; germination of oats; amylolytic enzymes

## Введение

Безалкогольные напитки на зерновой основе относятся к продуктам здорового питания [1] и пользуются высоким потребительским спросом. Зерновое сырье является источником биологически активных веществ, витаминов и минералов.

Технология напитков на зерновой основе включает несколько основных этапов: замачивание зерна в течение нескольких часов, измельчение, дополнительное внесение воды и фильтрование полученной зерновой пульпы [2]. Целесообразно проводить дополнительную технологическую операцию — проращивание зерна [3–5]. В процессе проращивания в зерне протекают биохимические процессы, сопровождающиеся гидролизом высокомолекулярных соединений и образованием простых углеводов, аминокислот, дополнительного количества биологически активных веществ, витаминов группы В и С. Кроме того, проращивание зерна способствует увеличению срока годности безалкогольного напитка, приготовленного на его основе [6].

При проращивании зерна с целью получения на его основе солода главной задачей ставится накопление в зерне амилолитических ферментов. В работах [7, 8] на примере ячменя показано, как применение ферментных препаратов способствует повышению в зерне этой группы ферментов.

При проращивании зерна с целью получения из него безалкогольного напитка дополнительно ставится задача получения в проросшем зерне не только большего количества ферментов, но и других питательных веществ [9–11]. Решить эту задачу возможно, если при получении зерновой основы для напитка будут использованы и ростки, которые формируются в процессе роста зерна. В ростках содержатся сахара и ценные биологически активные вещества: хлорофилл, фенольные вещества, витамины [12]. Длина ростков может составлять от нескольких миллиметров до 20–30 см в зависимости от длительности процесса проращивания. От того, какой длины ростки будут использоваться при получении зерновой основы напитка, будет зависеть не только химический состав готового продукта, но и его органолептические свойства — ростки приносят в напиток характерные травяные нотки. Встает вопрос о необходимости проведения поиска технологического решения, позволяющего влиять на процесс проращивания зерна. Одним из таких способов является обработка зерна ферментными препаратами.

В работах [13–15] показано влияние обработки ферментными препаратами на эффективность процесса роста семян, а в [16] как разные по своей специфичности ферменты по-разному влияют на биохимические процессы, протекающие внутри семян, и описано формирование химического состава ростков и мучнистой части зерна.

В технологическую цепочку получения напитка на зерновой основе — после этапов проращивания, измельчения и добавления воды — входит этап разделения полученной зерновой пульпы на жидкую и твердую фракции, поэтому актуально провести исследования того, как на этот процесс может влиять ферментативная обработка зерна.

Перспективной зерновой культурой для производства безалкогольных напитков является голозерный овес. По сравнению с пленчатым овсом, пшеницей и ячменем, голозерный овес содержит большее количество белка, незаменимых аминокислот, жира, бета-глюкана и витаминов [17]. В отличие от пленчатого овса и ячменя голозерный овес не имеет оболочки, а значит и степень влияния ферментных препаратов на процесс обработки зерна тоже будет отличаться. Исследований по влиянию ферментных препаратов на процесс роста голозерного овса в процессе проращивания и получения жидкой фракции на зерновой основе (основы для напитка) ранее не проводилось.

Цель исследования — оценить влияние ферментативной обработки зерен голозерного овса на процесс роста зерна, а также воздействие ферментных препаратов на разделение зерновой пульпы, полученной из измельченных и смешанных с водой зерен, на формирование твердой и жидкой фракций.

## Объекты и методы исследований

Для проведения экспериментов использовали голозерный овес (*Avenanuda L.*) урожая 2020 года, место произрастания – Республика Беларусь. Химический состав зерен: белки – 10%, жиры – 6,2%, углеводы – 55,0%. Для ферментативной обработки использовали ферментные препараты фирмы Novozymes (Дания): *Phyfalow* (фитаза), *Duozym 2x* (альфа- и глюкоамилаза), *NovoPro* (эндопептидаза), *Novozym 25023* (α-амилаза, кислая протеаза, целлюлаза), *OndeaPro* (пуллуланаза, альфа-амилаза, ксиланаза, нейтральная протеаза, липаза, целлюлаза). Все ферментные препараты вносили в количестве 0,01; 0,03 и 0,05% относительно массы зерна.

Проращивание проводили методом проращивания на бумаге (НБ) в стерильных условиях при 120°C в течение 2 ч (вместе с фильтровальной бумагой) в чашках Петри согласно ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственные. Методы определения всхожести. Ферментные препараты разводили водой в соотношении 1:20, отбирали рассчитанное количество разбавленных ферментных препаратов и вносили на фильтровальную бумагу (два слоя) и выкладывали на дно чашек. На проращивание отбирали зерна голозерного овса одинаковой величины. Предварительно зерно просеивали через сито диаметром 2 см. В каждую чашку отсчитывали по 100 отобранных зерен и накрывали сверху смоченной в воде фильтровальной бумагой. Проращивание проводили в термостате с охлаждением ТСО-1М при температуре 20°C, при этом ежедневно на несколько секунд чашки Петри приоткрывали и при необходимости фильтровальную бумагу увлажняли.

На третий день проращивания проводили подсчет количества не проросших зерен, рассчитывали энергию прорастания зерен и измеряли длину корешков. На четвертый день измеряли длину ростков и подсчитывали количество не проросших зерен.

Далее проросшее зерно измельчали методом истирания в ступке, смешивали с водопроводной водой (гидромодуль 1:2), получали зерновую пульпу. Разделение зерновой пульпы проводили методом центрифугирования при 1000 об/мин<sup>-1</sup> в течение 10 мин. Измеряли количество полученной надосадочной жидкости и рассчитывали ее выход относительно массы отобранной для центрифугирования зерновой пульпы. Представленные данные являются результатом опытов в двух повторностях.

## Результаты и обсуждение

В процессе проращивания зерна отмечается несколько стадий. На первом этапе вода поступает в мучнистую часть зерна, происходит процесс активного набухания зародыша. Если зерна были обработаны ферментными препаратами, то ферменты, входящие в состав этих препаратов, проникая вместе с водой, начинают воздействовать на мучнистое тело, способствуя размягчению структуры клеточных стенок и эндосперма, тем самым ускоряя процесс проращивания. Морфологические показатели, полученные в процессе роста голозерного овса, обработанного ферментными препаратами, представлены в таблице 1.

Из результатов, представленных в таблице, следует, что на третий день проращивания энергия прорастания зерен голозерного овса в контрольном образце (без внесения ферментных препаратов) составила 76%. При обработке зерна ферментным препаратом *Phyflow* (фитаза) различной дозировкой энергия прорастания в среднем увеличилась на 4,6%, при обработке *Duozym 2x* (альфа-амилаза, глюкоамилаза) – на 5%, при *NovoPro* (эндопептидаза) – на 3,6%, *Novozym 25023* (амилаза, кислая протеаза, целлюлаза) – на 7,6%, *Ondea Pro* (пуллуланаза, альфа-амилаза, ксиланаза, нейтральная протеаза, липаза, целлюлаза) – на 7%. Наибольшее влияние на повышение энергии прорастания было получено при внесении ферментного препарата *Novozym 25023* в количестве 0,03%.

Таблица 1. Морфометрические показатели корешков и ростков голозерного овса после обработки зерна ферментными препаратами

Table 1. Morphometric characteristics of naked oat roots and germs after treatment with enzyme preparations

Ферментный препарат	Доза внесения, %	Количество корешков разной длины на третий день проращивания, %				Энергия проращивания, %	Количество ростков на четвертый день проращивания, %		Количество не проросших зерен
		длина корешка, мм					длина ростка, мм		
		16–20	10–15	4–9	1–3		< 10	1–9	
<i>Phytaflow</i>	0,01	17,0 ± 0,2	38,0 ± 5,8	18,0 ± 4,2	17,0 ± 1,6	83	24,0 ± 3,6	62 ± 3,6	14 ± 3,6
	0,03	17,0 ± 1,4	18,5 ± 3,2	24,0 ± 3,5	27,0 ± 2,3	82	9,0 ± 4,3	80 ± 2,4	11 ± 2,8
	0,05	23,0 ± 3,8	17,0 ± 1,6	18,0 ± 1,3	11,0 ± 3,1	77	18,0 ± 2,0	74 ± 1,2	8 ± 1,4
<i>Duozym 2x</i>	0,01	3,0 ± 1,8	20,0 ± 5,1	25,0 ± 1,2	31,0 ± 1,1	80	27,0 ± 4,2	62 ± 2,8	18 ± 1,7
	0,03	7,0 ± 4,2	14,0 ± 3,8	24,0 ± 3,7	29,0 ± 1,3	86	14,0 ± 3,3	67 ± 1,2	14 ± 2,6
	0,05	–	20,0 ± 1,2	36,0 ± 1,5	20,0 ± 4,2	79	16,0 ± 2,6	52 ± 1,5	18 ± 4,3
<i>NovoPro</i>	0,01	5,0 ± 1,5	19,0 ± 4,9	28,0 ± 2,4	24,0 ± 2,1	76	13,0 ± 2,4	63 ± 4,2	24 ± 2,7
	0,03	4,0 ± 3,8	30,0 ± 3,6	24,0 ± 2,5	21,0 ± 2,4	79	21,0 ± 1,2	62 ± 3,0	17 ± 5,4
	0,05	2,0 ± 1,3	7,0 ± 1,6	47,0 ± 3,6	22,0 ± 4,7	77	16,0 ± 1,2	60 ± 3,6	23 ± 1,4
<i>Novozym 25023</i>	0,01	6,0 ± 3,2	17,0 ± 3,6	34,0 ± 1,8	24,0 ± 2,8	81	11,0 ± 3,6	73 ± 3,2	16 ± 1,2
	0,03	2,0 ± 2,6	16,0 ± 1,4	38,0 ± 4,2	23,0 ± 3,7	86	35,0 ± 3,2	48 ± 1,8	13 ± 3,2
	0,05	23,0 ± 4,0	43,0 ± 1,4	23,0 ± 3,6	16,0 ± 4,5	82	14,0 ± 2,7	70 ± 2,5	12 ± 4,5
<i>OndeaPro</i>	0,01	16,0 ± 3,4	31,0 ± 5,1	29,0 ± 2,9	15,0 ± 6,3	86	10,0 ± 2,4	79 ± 4,3	13 ± 2,2
	0,03	3,0 ± 2,8	9,0 ± 3,8	44,0 ± 1,6	25,0 ± 3,4	81	8,0 ± 1,8	81 ± 1,2	11 ± 1,6
	0,05	2,0 ± 3,7	14,0 ± 4,3	45,0 ± 1,8	23,0 ± 2,8	84	13,0 ± 4,2	71 ± 4,0	16 ± 1,4
Контроль	–	7,0 ± 2,6	34,0 ± 2,4	21,0 ± 4,2	14,0 ± 3,1	76	12,0 ± 1,4	70 ± 2,3	18 ± 3,2

На третий день проращивания во всех образцах, включая контрольный, сформировались корешки разной длины. Если сравнить среднюю длину корешков, выросших при обработке зерна ферментными препаратами с разной дозой внесения, с длиной корешков, выросших в контрольном образце (без обработки ферментными препаратами), то получим следующие результаты: при обработке ферментным препаратом *Phyflow* средняя длина корешков от 10 до 20 мм на 9% выше, чем в контрольном образце, длина корешков от 1 до 9 мм была такой же, как в контрольном образце; при обработке зерна ферментным препаратом *Duozym 2x* средняя длина корешков от 10 до 20 мм была на 3% ниже, чем в контрольном образце, но длина корешков от 1 до 9 мм выше, чем в контрольном на 8%; при обработке зерна ферментным препаратом *NovoPro* средняя длина корешков от 10 до 20 мм была на 1% ниже, чем в контрольном образце, но длина корешков от 1 до 9 мм выше, чем в контрольном на 8%; при обработке зерна ферментным препаратом *Novozym 25023* средняя длина корешков от 10 до 20 мм была такой же, как в контрольном образце, но длина корешков от 1 до 9 мм выше, чем в контрольном на 10%; при обработке зерна ферментным препаратом *OndeaPro* средняя длина корешков от 10 до 20 мм была на 5% выше, чем в контрольном образце, длина корешков от 1 до 9 мм выше, чем в контрольном на 4%.

Если сравнить влияние каждого ферментного препарата с разной дозой внесения по средней длине проросших корешков, то наибольшее влияние оказал ферментный препарат *Novozym 25023* с дозой внесения 0,03% (на 8% выше, чем контрольный), *Phyflow* – с дозой внесения 0,03% (на 3,7% выше), *OndeaPro* – с дозой внесения 0,01% (на 4% выше, чем контрольный), *NovoPro* – с дозой внесения 0,01% (на 3,7% выше, чем контрольный), *Duozym 2x* с дозой внесения 0,01% (на 0,95% выше, чем контрольный).

На третий день проращивания в образцах, которые были обработаны ферментными препаратами *Phyflow*, *Duozym 2x*, *Novozym 25023*, *OndeaPro* появились ростки, в образцах, обработанных ферментным препаратом *NovoPro* и в контрольном образце ростков еще не было.

При обработке зерна ферментным препаратом *Phyflow* (доза внесения 0,01%) были ростки длиной от 10 до 20 мм – 1% и длиной от 1 до 2 мм 17%; при дозе внесения ферментного препарата *Phyflow* (доза внесения 0,03%) количество ростков длиной от 10 до 20 мм – 11%. При обработке зерна ферментным препаратом *Duozym 2x* (доза внесения 0,01%) были ростки длиной от 10 до 20 мм – 5%. При обработке ферментным препаратом *Novozym 25023* (доза внесения 0,03%) – ростки длиной от 10 до 20 мм – 12%.

При обработке ферментным препаратом *OndeaPro* (доза внесения 0,05%) были ростки длиной от 10 до 20 мм – 12%.

На четвертый день проращивания количество непроросших зерен снизилось в контрольном образце на 6%, в образцах, обработанных ферментными препаратами, наибольший эффект на снижение числа непроросших зерен, оказал ферментный препарат *Phyflow* с дозой внесения 0,05%.

На четвертый день проращивания во всех образцах, включая контрольный, появились ростки разной длины. Если сравнивать среднюю длину ростков, выросших при обработке ферментными препаратами с разной дозой внесения, с длиной ростков, выросших в контрольном образце (без обработки ферментными препаратами), то получим следующие результаты: при обработке ферментным препаратом *Phyflow* средняя длина ростка выше 10 мм на 9% выше, чем в контрольном образце, средняя длина ростков от 1 до 9 мм такая же, как в контрольном; при обработке ферментным препаратом *Duozym 2x* средняя длина ростка выше 10 мм ниже на 3%, чем в контрольном образце, длина ростков от 1 до 9 мм выше на 8%, чем в контрольном образце.; при обработке ферментным препаратом *NovoPro* средняя длина ростка выше 10 мм на 1% выше, чем в контрольном образце, длина ростков от 1 до 9 мм такая же, как в контрольном; при обработке ферментным препаратом *Novozym 25023* средняя длина ростка выше 10 мм на 4,5% выше, чем в контрольном образце, длина ростков от 1 до 9 мм выше, чем в контрольном на 4%; при обработке ферментным препаратом *Ondea Pro* средняя длина ростка выше 10 мм меньше на 1%, чем в контрольном образце, длина ростков от 1 до 9 мм на 10% выше, чем в контрольном.

Наибольшее влияние на рост ростков оказал ферментный препарат *Novozym 25023* с дозой внесения 0,03%

По совокупности всех показателей: энергии прорастания, влиянию на длину корешков и ростков можно сделать заключение, что наибольшее влияние на процесс роста зерна в процессе проращивания оказал ферментный препарат *Novozym 25023* с дозой внесения 0,03%.

После измельчения проросшие (вместе с ростками) зерна голозерного овса, обработанные ферментными препаратами различной направленности и в разном количестве, смешивались с водой. Полученную зерновую пульпу разделяли на твердую и жидкую фракции и определяли вход жидкой фракции – надосадочной жидкости (супернатант). Результаты, полученные после центрифугирования, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Выход надосадочной жидкости в зависимости от специфичности и дозы внесения ферментного препарата

Tabele 2. The yield of supernatant liquid depending on the specificity and dosage of enzyme preparation

Наименование ферментного препарата	Доза внесения, %	Выход надосадочной жидкости, %
<i>Phytaflow</i> (фитаза)	0,01	23,80
	0,03	22,50
	0,05	24,60
<i>Duozym 2x</i> (альфа – и глюкоамилаза)	0,01	21,00
	0,03	19,00
	0,05	18,60
<i>NovoPro</i> (эндопептитаза)	0,01	17,50
	0,03	20,00
	0,05	18,00
<i>Novozym 25023</i> (амилаза, кислая протеаза, целлюлаза)	0,01	22,10
	0,03	29,00
	0,05	26,00
<i>OndeaPro</i> (пуллуланаза, альфа-амилаза, ксиланаза, нейтральная протеаза, липаза, целлюлаза)	0,01	24,00
	0,03	25,86
	0,05	23,72
Контроль (без ферментного препарата)	–	16,50

Из представленных в таблице результатов видно, что ферментативная обработка зерен голозерного овса позволила не только увеличить количество проросших зерен и длину ростков, но и повлияла на степень разделения зерновой пульпы на твердую и жидкую фракцию. Жидкость впоследствии будет использоваться в качестве основы для напитка на зерновой основе. Все используемые ферментные

препараты положительно повлияли на степень разделения зерновой пульпы, но лучшим стал ферментный препарат *Novozym 25023* при дозе внесения 0,03%, при которой отмечена и самая высокая энергия прорастания зерен голозерного овса и наибольшая длина ростков.

## Заключение

Результаты, полученные в ходе эксперимента, будут полезны специалистам, занимающимся предпосевной обработкой семян, а также разработчикам технологий напитков на зерновой основе. Такие напитки пользуются повышенным спросом во всем мире, поскольку являются альтернативным продуктом для людей, не переносящих лактозу, или вегетарианцев.

При составлении рецептур напитков данного направления интересным аспектом является тот факт, что подбором ферментных препаратов, дозой их внесения и количеством дней проращивания, можно регулировать длину проросших ростков, включение которых в технологическую цепочку получения зерновой основы позволит дополнительно обогатить продукт новыми биологически активными веществами, придать напитку функциональность и создать желаемый органолептический профиль.

## Литература

1. Меренкова С.П., Андросова Н.В. Актуальные аспекты производства напитков на растительной основе // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2018. Т. 6. № 3. С. 57–67.
2. Райник В.С., Сергеева И.Ю. Технология производства овсяного молока как основы для зерновых напитков // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: сб. тр. Барнаул: Изд-во Алтайского гос. техн. ун-та им. И.И. Позунова, 2019. С. 281–285.
3. Lemmens E., Moroni A.V., Pagand J., Heirbaut P., Ritala A., Karlen Y., Lê K.-A., Van den Broeck H.C., Brouns F.J.P.H., De Brier N., Delcour J.A. Impact of cereal seed sprouting on its nutritional and technological properties: A critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018, V. 18. Is. 1, pp. 305–328.
4. Kaukovirta-Norja A., Wilhelmson A., Poutanen K. Germination: a means to improve the functionality of oat. *Agricultural and Food Science*. 2004, V. 13, no. 1, pp. 100–112.
5. Gabrovská D., Fiedlerová V., Holasová M., Mašková E., Ouhrabková J., Rysová J., Winterová R., Michalová A. Nutritional changes of common oat (*Avena sativa* L.) and naked oat (*Avena nuda* L.) during germination. *Czech J. Food Sci.* 2004, V. 22, pp. 317–320.
6. Странник А.А. Способ получения напитка из проросших зерен пшеницы и напитков, полученный этим способом: пат. 2 385659 Российская Федерация. 2010. Бюл. № 10. 5 с.
7. Хоконова М.Б. Применение ферментных препаратов в производстве пивоваренного солода // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2016. № 1. С. 50–54.
8. Nkhata S.G., Ayua E., Kamau E.H., Shingiro J.-B. Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes. *Food Science & Nutrition*. 2018, V. 6, pp. 2446–2458.
9. Рогожин В.В., Рогожина Т.В. Физико-биохимические механизмы прорастания зерновок пшеницы // Вестник Алтайского государственного университета. 2011. № 8. С. 17–21.
10. Доценко С.М., Бибик И.В., Любимова О.И., Гужель Ю.А. Кинетика биохимического процесса проращивания семян сои // Вестник КрасГАУ. 2016. № 1. С. 66–74.
11. Мороз И.В., Павлюк А.Н., Сапунова Л.И., Урбанчик Е.Н., Масальцева А.И. Влияние энзиматической обработки на всхожесть и ферментативную активность семян рапса, овса, и гороха // Биотехнология: достижения и перспективы развития: сб. тр. Пинск: Изд-во Полесского гос. ун-та, 2021. С. 90–93.
12. Сапунова Л.И., Тамкович И.О., Мороз И.В. Влияние предпосевной ферментативной обработки на прорастание семян пшеницы // Материалы XVI Международной научно-практической конференции. Минск, 3–8 июля 2018. С. 168–169.
13. Демиденко Г.А. Морфометрические особенности проростков семян разных сортов яровой пшеницы при использовании азотных удобрений // Вестник КрасГАУ. 2020. № 6. С. 20–27.
14. Nelson K., Stojanovska L., Vasiljevic T., Mathai M. Germinated grains: A superior whole grain functional food. *Can J Physiol Pharmacol*. 2013, V. 91, no. 6, pp. 429–441.
15. Андреев Н.Р., Гольдштейн В.Г., Носовская Л.П., Адикаева Л.В., Голионко Е.О. Голозерный овес – перспективное сырье для глубокой переработки // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 5. С. 447–455.
16. Вознесенская Т.Ю., Шаповал О.А. Влияние обработки семян комплексом аминокислот с микроэлементами на всхожесть, энергию и интенсивность прорастания // Плодородие. 2020. № 5. С. 33–35.
17. Обрезков М.В., Каменская Е.П. Влияние ферментных препаратов на рост и биохимический состав ростков ячменя // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: сб. тр. Барнаул: Изд-во Алтайского гос. техн. ун-та им. И.И. Позунова, 2021. С. 335–340.

## References

1. Merenkova S.P., Androsova N.V. Topical aspects of producing beverages based on plant raw material. *Bulletin of South Ural State University, Series "Food and Biotechnology"*. 2018. V. 6, no. 3, pp. 57–67. (In Russian)
2. Rajnik V.S., Sergeeva I.Yu. Technology for the production of oat milk as the basis for cereal drinks. *Modern problems of engineering and technology of food production. Collection of Work*. Barnaul, Altai State Technical University named after I.I. Polzunova Publ., 2019. pp. 281–285. (In Russian)
3. Lemmens E., Moroni A.V., Pagand J., Heirbaut P., Ritala A., Karlen Y., Lê K.-A., Van den Broeck H.C., Brouns F.J.P.H., De Brier N., Delcour J.A. Impact of cereal seed sprouting on its nutritional and technological properties: a critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018, V. 18, Is. 1, pp. 305–328.
4. Kaukovirta-Norja A., Wilhelmson A., Poutanen K. Germination: a means to improve the functionality of oat. *Agricultural and Food Science*. 2004, V. 13, no. 1, pp. 100–112.
5. Gabrovská D., Fiedlerová V., Holasová M., Mašková E., Ouhrabková J., Rysová J., Winterová R., Michalová A. Nutritional changes of common oat (*Avena sativa* L.) and naked oat (*Avena nuda* L.) during germination. *Czech. J. Food Sci.* 2004, V. 22, pp. 317–320.
6. Strannik A.A. *Procedure for production of drink out of wheat grain sprouts and drink produced by this procedure*. Patent RF no. 2385659. 2010.
7. Khokonova M.B. Application of enzyme preparations in the production brewing malt. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2016, no.1, pp. 50–54. (In Russian)
8. Nkhata S.G., Ayua E., Kamau E.H., Shingiro J.-B. Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes. *Food Science & Nutrition*. 2018, V. 6, pp. 2446–2458.
9. Rogozhin V.V., Rogozhina T.V. Physico-biochemical mechanisms of germination of wheat grains. *Bulletin of the Altai State University*. 2011, no. 8, pp. 17–21. (In Russian)
10. Dotsenko S.M., Bibik I.V., Lyubimova O.I., Guzhel' Y.A. Kinetics of biochemical processes of germination of soybean seeds. *The Bulletin of KrasGAU*. 2016, no. 1, pp. 66–74. (In Russian)
11. Moroz I.V., Pavlyuk A.N., Sapunova L.I., Urbanchik E.N., Masal'ceva A.I. Influence of enzymatic treatment on germination and enzymatic activity of rapeseed, oat, and pea seeds. *Biotechnology: achievements and development prospects*. Collection of Work. Pinsk, Polessky State University Publ., 2021, pp. 90–93. (In Russian)
12. Sapunova LI, Tamkovich I.O., Moroz I.V. Effect of presowing enzymatic treatment on the germination of wheat seeds. *Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference*. (Minsk, July 3–8, 2018). Minsk, 2018, pp. 168–169. (In Russian)
13. Demidenko G.A. Morphometric features of seeds of different spring wheat varieties when using nitrogen fertilizers. *The Bulletin of KrasGAU*. 2020, no. 6, pp. 20–27. (In Russian)
14. Nelson K., Stojanovska L., Vasiljevic T., Mathai M. Germinated grains: A superior whole grain functional food? *Can J Physiol Pharmacol*. 2013, V. 91, no. 6, pp. 429–441.
15. Andreev N.R., Goldstejn V.G., Nosovskaya L.P., Adikaeva L.V., Golionko E.O. Naked oat is promising raw material for deep grain processing. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2019, V. 20, no. 5, pp. 447–455. (In Russian)
16. Voznesenskaya T.Yu., Shapoval O.A. Effect of seed treatment with a complex of amino acids with trace elements on germination energy, germination rate and intensity of germination. *Plodородie*. 2020. no. 5, pp. 33–35. (In Russian)
17. Obrezkov M.V., Kamenskaya E.P. The effect of enzyme preparations on the growth and biochemical composition of barley sprouts. *Technologies and equipment for the chemical, biotechnological and food industries*. Collection of Work. Barnaul, Altai State Technical University named after I.I. Polzunova Publ., 2021, pp. 335–340.

## Информация об авторах

Моника Набил Гайед Ибрахим – аспирант факультета биотехнологий

Екатерина Игоревна Лисина – магистрант факультета биотехнологий

Надежда Васильевна Баракова – канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания

## Information about the authors

Monica Nabil Gayed Ibrahim, Postgraduate Student, Department of Biotechnology

Ekaterina I. Lisina, Undergraduate of the Faculty of Biotechnology

Nadezhda V. Barakova, Ph.D., Associate Professor of Faculty of Biotechnologies

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 01.02.2022

Одобрена после рецензирования 28.02.2022

Принята к публикации 04.03.2022

The article was submitted 01.02.2022

Approved after reviewing 28.02.2022

Accepted for publication 04.03.2022