

Исследование возможности использования экстрактов гриба *Boletus edulis* при производстве функциональных молочных продуктов

Любовь И. Александрова,¹ agen_tessa_3000@mail.ru
Людмила А. Забодалова,² zabodalova@gmail.com
Наталья Н. Скворцова,¹ ns0308@inbox.ru

¹ кафедра химии и молекулярной биологии, Университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия

² кафедра прикладной биотехнологии, Университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия

Реферат. Плодовые тела грибов богаты белками. Наиболее богат белками *Boletus edulis* (белый гриб), причем суммарный белок содержит все незаменимые аминокислоты. Низкая биологическая доступность белков *Boletus edulis* стимулирует поиск путей её повышения. Одним из путей повышения биологической доступности питательных веществ *Boletus edulis* может быть экстракция из плодового тела грибов. Приведены результаты исследования экстрактов белого гриба (*Boletus edulis*), полученных с применением различных методов обработки измельчённого сухого плодового тела. Исследовано влияние физических и биотехнологических параметров на эффективность извлечения белков. Определены спектральные характеристики полученных экстрактов и содержание белка. Показано, что ультразвуковая активация экстракции приводит к наиболее эффективному извлечению белка (повышение на 9,5%). Также существенное влияние оказывает продолжительность экстрагирования. Применение ферментного препарата в исследованных соотношениях не оказало положительного воздействия, однако ферментативная обработка совместно с ультразвуковым воздействием повысило эффективность на 13,5%, что свидетельствует о сложном протекании диффузионных процессов в плодовых телах грибов. Повышение длительности экстракции, несмотря на высокое содержание белка в экстракте, нецелесообразно из-за опасности бактериального загрязнения высокопитательного экстракта. Повышение температуры процесса не оказывает существенного влияния на содержание белка, но снижает ценность экстракта, из-за разрушения термолабильных составляющих, к которым относятся витамины и вторичные метаболиты. Определена доза внесения экстракта в творожный продукт. Для исследуемых образцов установлены органолептические показатели, титруемая кислотность. Наиболее приемлемой дозой внесения экстракта при производстве творожного продукта является 15% от массы готового продукта.

Ключевые слова: экстракция, белый гриб, функциональный продукт

Study the possibility of use of extracts of the mushroom *Boletus edulis* in the production of functional dairy products

Lyubov I. Aleksandrova,¹ agen_tessa_3000@mail.ru
Lyudmila A. Zabodalova,² zabodalova@gmail.com
Natalia N. Skvortsova,¹ ns0308@inbox.ru

¹ chemistry and molecular biology department, ITMO University, Lomonosova str., 9, Saint-Petersburg, 191002, Russia

² applied biotechnology department, ITMO University, Lomonosova str., 9, Saint-Petersburg, 191002, Russia

Summary. Fruiting bodies of mushrooms are rich in proteins. The most rich in proteins is *Boletus edulis* (white mushroom), and total protein contains all the essential amino acids. The low bioavailability of proteins *Boletus edulis* stimulates the search for ways to improve. One way to improve the bioavailability of nutrients of *Boletus edulis* is an extraction. This article presents the results of studies of extracts of white mushroom (*Boletus edulis*), obtained using different methods of processing the chopped dry fruiting body. The effect of physical and biotechnological parameters on the efficiency of the extraction of proteins was studied. The spectral characteristics and protein content of the obtained extracts were determined. It is shown that the ultrasonic extraction activation leads to the most efficient protein extraction (an increase of 9.5%). It is also significantly affected by the duration of extraction. The use of the enzyme preparation in the investigated ratios do not have a positive impact, however, enzymatic treatment in conjunction with ultrasound treatment increased the efficiency of 13.5%, showing the complex diffusion processes in the fruiting bodies of mushrooms. Increasing the length of the extraction, despite the high content of protein in the extract, is impractical because of the risk of bacterial contamination of high-nutritive extract. Increasing the temperature of the process has no significant effect on the protein content, but it reduces the value of the extract, due to the destruction of heat-labile components, which include vitamins and secondary metabolites. The extract application rate for curd product was determined. For the test samples organoleptic characteristics and titratable acidity were determined. The most appropriate dose of the extract in the manufacture of making curd product is 15% by weight of the finished product.

Keywords: white fungus, *Boletus edulis*, functional product

Для цитирования

Александрова Л. И., Забодалова Л. А., Скворцова Н. Н. Исследование возможности использования экстрактов гриба *Boletus edulis* при производстве функциональных молочных продуктов // Вестник ВГУИТ. 2016. № 2. С. 131–139. doi:10.20914/2310-1202-2016-2-131-139

For citation

Aleksandrova L. I., Zabodalova L. A., Skvortsova N. N. Study the possibility of use of extracts of the mushroom *Boletus edulis* in the production of functional dairy products. *Vestnik VSUET* [Proceedings of VSUET] 2016. no. 2 pp. 131–139. (in Russ.). doi:10.20914/2310-1202-2016-2-131-139

Введение

Грибы являются объектом внимания человека с незапамятных времён. Однако многообразие грибов столь велико, что процесс их познания до сих пор незавершён. Плодовые тела грибов богаты белками. Белковые вещества грибов относятся к фосфорсодержащим гликопротеинам. Они составляют 50–80% всего количества азотистых соединений. Однако нет единого мнения об усвояемости грибных белков. Усвоению белков мешает сложное строение клеточной стенки, содержащей в своём составе хитин и целлюлозу, не перевариваемые пищеварительной системой организма человека. В то же время имеются сведения, что в 1 кг сушёных грибов усвояемых белков в два раза больше, чем в говядине, и в три, – чем в рыбе. Наиболее богат белками *Boletus edulis* (белый гриб), причём суммарный белок содержит все незаменимые аминокислоты. В свежих белых грибах содержание белка достигает в среднем 3,7%, в сушёных – 33%, а в порошке из них – 42,5% [1]. Лимитирующими аминокислотами являются валин (аминокислотный скор в свежих грибах 42%), метионин + цистеин (52%) [2]. Низкая биологическая доступность белков *Boletus edulis* стимулирует поиск путей её повышения.

Кроме белков *Boletus edulis* содержит, углеводы (β-глюканы, пектины), жиры, витамины (В₁, В₂, С, D, А), минеральные вещества, органические кислоты, флавоноиды. Некоторые флавоноиды грибов проявляют ценные фармакологические свойства, например, герценин, обладающий бактерицидным действием, снижает боли при стенокардии. Японские и американские учёные выяснили, что *Boletus edulis* содержит вещества, проявляющие противоопухолевую активность [3].

Одним из путей повышения биологической доступности питательных веществ *Boletus edulis* может быть экстракция из плодового тела грибов. Наиболее простыми способами экстрагирования являются статические и в их числе – метод настаивания. Этот метод прост в применении и менее затратен в реализации [4].

В настоящее время классическая мацерация не отвечает требованиям интенсификации производства и используется только в редких случаях. Нами метод использован для первоначального скрининга условий извлечения экстрактивных веществ из плодовых тел грибов.

Продолжительность мацерации зависит от скорости вытеснения воздуха из клетки,

т. е. от значения капилляропроводности сырья. Однако многие капилляры заканчиваются в фибриллах, не выходя наружу. Здесь воздух удерживается до тех пор, пока не растворится в экстрагенте. Кроме того, часть воздуха в виде пузырьков остаётся внутри клетки.

Мацерация – достаточно длительный процесс, поэтому для его интенсификации применяют ультразвуковую обработку [5]. Ультразвук формирует в направлении от излучателя во всём объёме «звуковой ветер», который создаёт общее течение (ламинарное или турбулентное), а сила «ветра» зависит как от интенсивности ультразвука, так и от параметров среды. Мощные ультразвуковые волны значительно увеличивают скорость пропитки материалов, имеющих пористую капиллярную структуру. Это объясняется тем, что высота подъёма жидкости под действием ультразвука увеличивается и находится в прямой зависимости от диаметра капилляра и избыточного звукового давления.

Ультразвук ускоряет вытеснение пузырьков воздуха из капиллярной системы и создаёт условия для их растворения в экстрагенте. В капиллярной системе создаётся вакуум, т. е. возникает так называемый эффект губки, снижающий продолжительность замачивания пористого сырья. При использовании ультразвука наблюдается не только ускорение процесса экстракции, но и повышение степени извлечения основного продукта по сравнению с другими способами [6].

Для повышения эффективности извлечения БАВ из растительного сырья широко используют обработку ферментными препаратами (ФП), обладающими гидролитической активностью, для разрушения клеточных стенок [7,8].

Для оценки эффективности экстракции анализировали УФ-спектры экстрактов. Спектры поглощения белков обусловлены в основном электронными полосами пептидной группы при 170–220 нм, боковыми цепями ароматических аминокислот при 230–280 нм, а также простетическими группами, кофакторами, ферментными субстратами или ингибиторами, которые могут поглощать в видимом диапазоне. Основной вклад в поглощение белков свыше 230 нм вносят триптофан, тирозин, фенилаланин. Поглощение аминокислот обладает свойством аддитивности: каждая аминокислота вносит вклад пропорционально своему количеству в составе белка. Так, вклад остатков фенилаланина в поглощение может быть довольно значительным в белках, содержащих очень малые количества остатков триптофана и тирозина.

Сейчас мало изученной является возможность использования грибных экстрактов как функциональных ингредиентов, что предоставляет большие возможности для исследовательской деятельности [1]. Основой создания функционального продукта питания нового вида является достижение максимально возможного уровня полноценности и гарантированной безопасности изделия. При разработке и создании продуктов функционального назначения необходимо изучить химический состав сырья, пищевую ценность, специальные приёмы технологической обработки.

Важная роль в рациональном питании принадлежит животным белкам. За последние 10 лет в рационе россиян выявлен недостаток полноценного белка, содержащего все незаменимые аминокислоты. Наиболее подходящей основой для белковых продуктов с функциональными свойствами являются молочные продукты, в частности, творог и творожные изделия [9]. Известно, что последние являются высокотехнологичными и удобными продуктами для создания новых видов функционального питания для людей различных возрастных категорий [10].

Разработка новых творожных продуктов с функциональными ингредиентами растительного происхождения является перспективным и актуальным направлением в молочной промышленности. В качестве функциональных ингредиентов растительного происхождения используют укроп, зародыши пшеницы, свекольный сок, облепиху, полбу, сою, рапс, любисток, экстракт зелёного чая и др [9, 11–17]. Использование в качестве функциональных ингредиентов съедобных грибов мало изучено.

Целью работы являлось исследование возможности получения и применения комплексных экстрактов из сушёного белого гриба в производстве творожного продукта.

Были поставлены следующие задачи:

- изучить влияние различных технологических факторов на состав экстрактов;
- определить наиболее благоприятные условия экстрагирования;
- определить дозу внесения экстракта в творожный продукт;
- определить качественные показатели готового продукта.

1.1 Материалы и методы

Сушёные плодовые тела *Boletus edulis*, приобретённые в торговой сети города, измельчали в кофемолке. Комплексный ФП «Вискостар 150L»

гемицеллюлозного действия производства фирмы ENMEX, S.A de C.V., полученный путём направленного культивирования штамма микромицета *Trichoderma longibrachiatum*, использовали в виде 1% водного раствора. Активность ФП при 50°С: ксиланазная – 3500 ед. КС/см³; β-глюканазная – 950 ед. β-ГКС/см³; целлюлазная – 1800 ед. КМЦ/см³.

Экстракты готовили в идентичных условиях. Навеску измельчённого сухого сырья массой 1 г заливали экстрагентом в соотношении 1:20. Экстрагирование проводили в ультратермостате при температуре 50 °С. Ультразвуковую обработку осуществляли в настольной цифровой ультразвуковой камере марки СТ-431D2 ($\nu = 500$ Гц).

Спектральные характеристики экстрактов определяли на спектрофотометре Shimadzu UV-1800 производства фирмы Shimadzu (Япония) в кварцевых кюветах толщиной 1 см. Растворы экстрактов для спектроскопии готовили унифицированным способом: в мерную колбу ёмкостью 25 мл помещали 1 мл экстракта и доводили до метки дистиллированной водой.

Содержание белка в экстрактах определяли биуретовым методом. Принцип метода: в щелочной среде белки реагируют с сульфатом меди с образованием соединения, окрашенного в фиолетовый цвет (биуретовая реакция). Интенсивность окраски пропорциональна концентрации белков.

Ход определения. В две пробирки наливают по 5 мл биуретового реактива. В одну из пробирок добавляют 0,1 мл исследуемого раствора (опытная проба), в другую – 0,1 мл изотонического раствора NaCl (контрольная проба). Содержимое пробирок тщательно перемешивали. Через 30 мин опытную пробу фотометрировали против контрольной пробы при длине волны 540 нм в кювете с длиной оптического пути 10 мм.

Расчёт проводили по калибровочному графику, для построения которого из калибровочного раствора альбумина (100 г./л) готовили рабочие растворы с различной концентрацией белка (рисунок 1). Из каждого разведения отбирали 0,1 мл рабочего раствора альбумина и вносили в пробирку, содержащую 5 мл биуретового реактива. Через 30 мин пробу фотометрировали против контрольной пробы при длине волны 540 нм в кювете с длиной оптического пути 10 мм.

На основе полученных данных, строили калибровочный график, откладывая по вертикальной оси величину абсорбции E , а по горизонтальной – концентрацию белка, мг/мл [18].

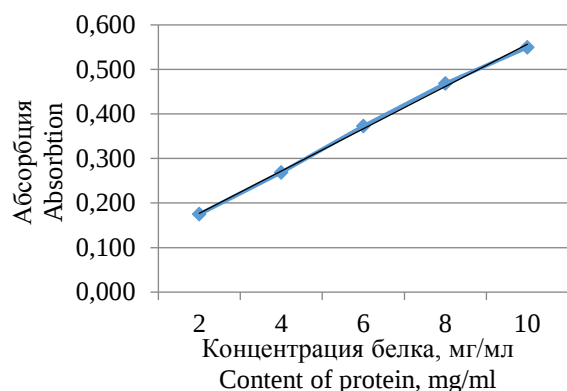


Рисунок 1. Градуировочный график для определения содержания белка биуретовым методом

Figure 1. Protein content's biuret test determination calibration curve

Для приготовления образцов кисломолочного продукта использовали: молоко обезжиренное в соответствии с ГОСТ Р 31658–2012; закваску, приготовленную на основе чистых культур *St. Thermophilus*; сычужный фермент «Натурен Stamix 1150» (с содержанием пепсина и химозина по 50% каждого) производства фирмы ООО «Балтийская пищевая компания»; экстракт сушёных белых грибов.

Обезжиренное молоко пастеризовали при температуре $(78 \pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 20–30 с и охлаждали до температуры заквашивания $(36 \pm 2)^\circ\text{C}$. Вносили закваску в количестве 5% от объёма смеси, 40%-й раствор хлористого кальция (400 грамм сухой соли на 1 тонну молока) и 1% раствор сычужного фермента (1 г сухого порошка на 1 т молока). Окончание сквашивания устанавливалось по излому сгустка (ровный край с блестящей гладкой поверхностью) и виду сыворотки (прозрачная с зеленоватым оттенком). В конце сквашивания сгусток должен иметь кислотность $(71 \pm 5)^\circ\text{T}$. Затем его разрезали и удаляли сыворотку до получения творога с массовой долей влаги $\leq 80\%$.

К 50 г обезжиренного творога добавляли экстракт сушёных белых грибов в количестве 1,25 г (2,5%), 2,5 г (5%), 5 г (10%) и 7,5 г (15%). Смесь тщательно перемешивали. В качестве контрольного образца использовали обезжиренный творог без внесения наполнителей. Для сравнения был приготовлен образец, содержащий 5% измельчённых сушёных белых грибов.

В творожных продуктах оценивали титруемую кислотность по ГОСТ 3624–92 (Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности).

Образцы оценивались дегустаторами по 5 бальной шкале в соответствии с ГОСТ Р ИСО

22935–3–2011 (Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ. Часть 3. Руководство по оценке соответствия техническим условиям на продукцию для определения органолептических свойств путём подсчёта баллов). Образцы оценивали 12 экспертов в возрасте от 22 до 38 лет, квалифицированные для сенсорных методов оценки, и обычные потребители продукции.

Все эксперименты проводились по меньшей мере в трёхкратной повторности; данные были обработаны методами математической статистики при доверительной вероятности 0,95.

1.2 Результаты исследования экстрактов

Проведено исследование влияния условий экстракции на степень извлечения белка и экстрактивных веществ методом мацерации измельчённых сухих плодовых тел из *Boletus edulis*. При этом происходит разрушение клеток, разупорядочение надмолекулярной структуры клеточных стенок, повышение их проницаемости по отношению к ферментам и повышение их реакционной способности при последующем ферментативном гидролизе. Варьировали время мацерации, количество добавленного к экстрагенту ФП целлюлитического действия, применяли ультразвуковую обработку (УЗ).

Контроль эффективности экстракции проводили по анализу спектральных характеристик экстрактов и содержанию белка, определённого биуретовым методом.

УФ-спектры водных экстрактов имели максимум поглощения при 258 нм (рисунок 2).

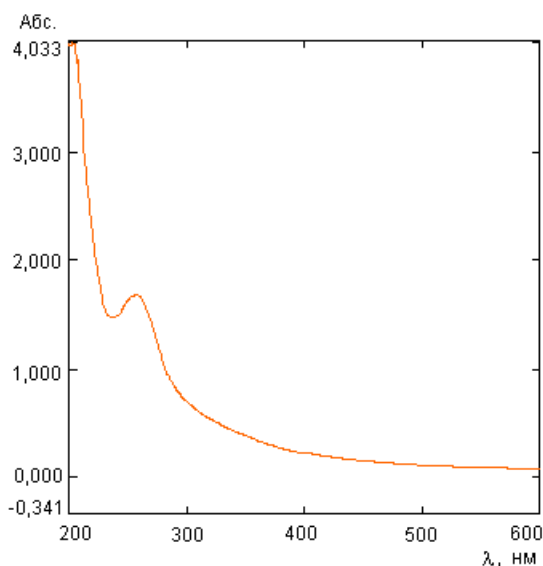


Рисунок 2. УФ-спектр водного экстракта измельчённого сушёного белого гриба

Figure 2. UV spectrum of crushed dried white fungus aqueous extract

Наиболее достоверным методом определения содержания белка является сочетание анализа спектров поглощения с независимым определением концентрации белка по аминному азоту. Нами выбран биуретовый метод определения содержания белка.

Результаты исследования влияния технологических факторов на содержание белка в экстрактах представлены в таблице 1.

Как следует из приведённых данных при различных способах извлечения белкового компонента основными факторами, повышающими эффективность извлечения при прочих равных условиях, являлось время выдержки (оп. 2 и 9; оп. 3 и 4 с ФП, оп. 6 и 7 с комбинированным воздействием ФП и УЗ). Ультразвуковое воздействие увеличивало степень извлечения белка на 9,5% (оп. 2 и 5).

Таблица 1

Влияние технологических факторов на содержание белка в экстрактах

Table 1.

Impact of technological factors on extracts's protein content

Номер опыта Num- ber of experi- ment	Условия экстрагирования (температура 50 °C) Extraction conditions (temperature 50 °C)			Содержание белка, мг/мл Protein content mg/ml	Оптическая плотность (D) экстрактов $\lambda = 258$ нм Extracts optical density (D) $\lambda = 258$ nm
	ФП	УЗ	Время, ч Time, h		
1*	—	—	1	4,550 ± 0,011	1,667
2	—	—	3	5,351 ± 0,010	3,332
3	+	—	3	4,655 ± 0,009	2,709
4	+	—	4	4,908 ± 0,010	2,805
5	—	+	3	5,861 ± 0,009	3,963
6	+	+	3	5,288 ± 0,011	2,740
7	+	+	4	6,152 ± 0,008	—
8	+	—	24	15,446 ± 0,009	—
9	—	—	4	6,573 ± 0,007	2,295

* экстракцию проводили при кипячении

* extraction is carried out at boiling conditions

Применение ФП в исследованных соотношениях не оказало положительного воздействия (рисунок 3), однако, ферментативная обработка совместно с ультразвуковым воздействием повысила эффективность на 13,5% (оп. 2 и 7), что свидетельствует о сложном протекании диффузионных процессов в плодовых телах грибов [19]. Повышение длительности экстракции, несмотря на высокое содержание белка в экстракте (оп. 8), нецелесообразно из-за опасности бактериального загрязнения высокопитательного экстракта. Повышение температуры процесса (оп. 1) не оказывает существенного влияния на содержание белка, но снижает ценность экстракта, из-за разрушения термолабильных составляющих, к которым относятся витамины и вторичные метаболиты.

На рисунке 3 представлена сравнительная оценка методов контроля экстракции по содержанию белка, определённого биуретовым методом, и по величине абсорбции характеристичной полосы поглощения в УФ-спектре экстрактов с $\lambda_{\max}$ 258 нм.

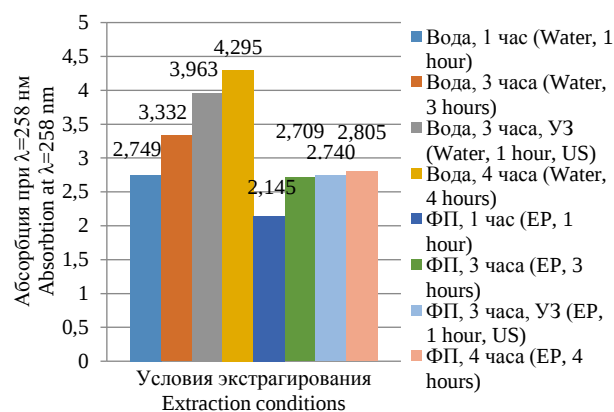


Рисунок 3. Сравнение спектральных характеристик и содержания белка в экстрактах (гидромодуль 1:20; 50 °C; продолжительность экстракции 3 ч)

Figure 3. Comparison of the spectral characteristics and protein content of the extracts (hydronic module 1:20; 50 °C; extraction time 3 h)

Как видно из приведённой диаграммы, результаты обоих методов хорошо согласуются и отражают общие тенденции, что позволит в дальнейших исследованиях руководствоваться

спектральными характеристиками для сравнительной оценки эффективности экстракции. Из анализа данных следует, что наибольшая активация извлечения белка происходит при действии ультразвука.

Отсутствие эффекта при использовании ФП, по-видимому, связано со спецификой строения клеточных стенок плодового тела гриба, не подверженных действию гидролаз ФП в изученных условиях.

Сочетание основных компонентов клеточной стенки может являться значительным препятствием для прохождения экстрагента. В состав клеточной стенки входят комплексы полисахаридов целлюлозы, глюканов, хитина, хитозана, маннана. Самыми распространёнными полисахаридами клеточной стенки грибов являются хитин и глюканы. Содержание хитина в клеточных стенках плодовых тел *Boletus edulis* относительно невелико – 6,7% [1]. Однако наличие других углеводов также может являться препятствием для процесса извлечения за счёт связывания значительного объёма воды и исключения её из процесса экстракции. Ферментативная деструкция полисахаридов может увеличивать вязкость раствора и, таким образом, ухудшать условия дальнейшего диффузионного обмена.

1.3 Результаты исследования творожного продукта

Для оценки органолептических показателей творожного продукта, обогащённого комплексным экстрактом белого гриба, получили 6 образцов на основе обезжиренного творога с разным содержанием экстракта (таблица 2). Значение титруемой кислотности полученных образцов нарастают при увеличении концентрации экстракта. Высокая пищевая и биологическая ценность продукта не будет иметь решающего значения, если он не обладает хорошими органолептическими показателями.

Анализируемыми дескрипторами являлись вкус, запах, цвет и консистенция. Результаты дегустационного анализа исследуемых образцов представлены в таблице 3. Органолептические показатели полученных образцов представлены в таблице 4. Требования к продукту: кисломолочные вкус и запах, с выраженным запахом белых грибов, кремового цвета с нежной, мажущейся консистенцией. Исходя из результатов, были вычислены средние баллы по каждому из исследуемых параметров и построена профилограмма (рисунок 4).

Таблица 2
Характеристика образцов творожного продукта
Table 2
Characteristics of cottage cheese product samples

Образец №	Количество внесённого экстракта, %	Значение кислотности, °Т
1 (контроль)	0	152 ± 0,5
2	2,5	160 ± 0,3
3	5	168 ± 0,6
4	10	172 ± 0,5
5	15	176 ± 0,3
6	5 (измельчённый сушёный белый гриб)	160 ± 0,6

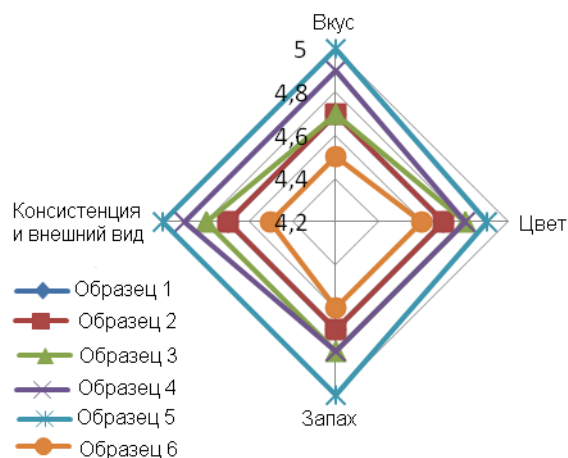


Рисунок 4. Профилограмма исследуемых образцов
Figure 4. Eest samples profilogram

Результаты дегустации

Results of tasting

Количество внесённого экстракта, % The amount put forward to extract, %	Вкус / Taste	Цвет / Colour	Запах / Smell	Консистенция и внешний вид The consistency and appearance
0	4,7	4,7	4,7	4,7
2,5	4,7	4,7	4,7	4,7
5	4,7	4,8	4,8	4,8
10	4,9	4,8	4,8	4,9
15	5,0	4,9	5,0	5,0
5 (измельчённый сушёный белый гриб / chopped dried white fungus)	4,5	4,6	4,6	4,5

Таблица 3

Table 3.

Таблица 4

Органолептические показатели образцов творожного продукта

Table 4

Organoleptic characteristics of the cottage cheese samples

Количество внесённого экстракта, % The amount put forward to extract, %	Вкус и запах / Taste and smell	Цвет / Colour	Консистенция / Consistency
0 (контроль / control)	Чистые, кисломолочные без посторонних привкусов и запахов Clean, fermented without foreign tastes and odors	Белый, равномерный по всей массе White, uniform throughout the mass	Мягкая, мажущаяся, с незначительным отделением сыворотки Soft, greasy, minor serum separation with
2,5	Кисломолочные, с лёгким запахом белых грибов Dairy, with a slight scent of white mushrooms	Белый, равномерный по всей массе White, uniform throughout the mass	Мягкая, мажущаяся Soft, greasy
5	Кисломолочные, с лёгким запахом белых грибов Dairy, with a slight scent of white mushrooms	Слегка кремовый, равномерный по всей массе Slightly off-white, uniform throughout the mass	Мягкая, мажущаяся Soft, greasy
10	Кисломолочные, с ощутимым запахом белых грибов Dairy, with a noticeable smell of white mushrooms	Слегка кремовый, равномерный по всей массе Slightly off-white, uniform throughout the mass	Нежная, мажущаяся Gentle, greasy
15	Кисломолочные, с выраженным запахом белых грибов Dairy, with a pronounced odor of white mushrooms	Кремовый, равномерный по всей массе Cream is uniform throughout the mass	Нежная, мажущаяся Gentle, greasy
5 (измельчённый сушёный белый гриб / chopped dried white fungus)	Кисломолочные, с сильным запахом белых грибов Dairy, with a strong smell of white mushrooms	Кремовый, с крупинками сухого компонента Cream with dry grains component	Пастообразная, мажущаяся, излишне сухая Pasty, greasy, too dry

По данным органолептической оценки, можно сделать вывод о том, что наибольшими достоинствами обладает образец № 5, содержащий 15% грибного экстракта. Его вкус, запах, цвет, консистенция и внешний вид наиболее полно отвечают требованиям потребителей.

При выбранных условиях экстрагирования и дозе внесения экстракта продукт приобретает приятный грибной аромат, насыщенный вкус и нежную консистенцию.

Заключение

1. В результате изучения влияния различных технологических факторов на содержание белка в водных экстрактах на основе

измельчённого плодового тела сухого белого гриба показано, что продолжительность экстрагирования при прочих равных условиях имеет решающее значение.

2. Выявлено, что наибольшая степень извлечения белка достигается при ультразвуковом воздействии.

3. Использование комплексного ФП «Вискостар 150L» гемицеллюлозного действия не оказывает активирующего воздействия на процесс экстракции.

Наиболее выраженными органолептическими достоинствами обладает образец творожного продукта с дозой внесения грибного экстракта 15% от массы готового продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1 Дудка И.А., Вассер С.П. Грибы. Справочник миколога и грибника. Киев: Наукова думка, 1987.

2 Скурихин И.М., Волгарев М.Н. Химический состав пищевых продуктов. М.: Рипол Классик, 1987.

3 Состав грибов. URL: <http://gribnik.net/other/103-sostav-gribov.html>.

4 Ширшова Т.И. Экстракция как метод выделения биологически активных соединений: краткий обзор // Вестник института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2002. №. 57. С. 41–42.

5 Захарова Л.М., Пушмина И.Н., Дятлов А.В. Изучение химического состава и содержания экстрактивных веществ и полисахаридов в клубнях

и листьях стахиса // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 3 (30). С. 76–79.

6 Хмелев В.Н. и др. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности. Бийск, 2010. 203 с.

7 Пат. РФ № 2460771 Способ извлечения биологически активных веществ из биомассы одноклеточной водоросли рода *Chlorella* / Бычков А.Л., Березин С.С., Ломовский А.И. Опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25.

8 Забодалова Л.А., Доморощенкова М.Л., Демьяненко Т.Ф., Кузнецова Л.М. Применение комплекса гидролитических ферментов при получении концентрата белков люпина // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств, 2013. № 1 (17). С. 56

9 Альхамова Г.К. Перспективы развития рынка творожных продуктов с функциональными свойствами // Современные проблемы науки и образования. 2011. №. 5. С. 60.

10 Шилов О.А., Шилов А.И. Новый творожный продукт с повышенной пищевой и биологической ценностью // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2012. № 1.

11 Павлова Ж.П., Парфенова Т.В., Гречкина Ю.А. Нетрадиционные источники сырья в производстве творожных изделий // Вестник ТГЭУ. 2006. № 3. С.72

12 Иванова Т.Н. Новые виды пудингов творожных повышенной пищевой ценности // Молочная промышленность. 2011. № 10. С. 57.

13 Ребезов М.Б. Конъюнктура предложения обогащенных молочных продуктов на примере Челябинска // Молочная промышленность. 2011. № 8. С. 38–39

14 Соловьева М.С., Забодалова Л.А. Реологические показатели творожного продукта на основе сухих компонентов // Известия СПбГУ-НИПТ. 2008. № 4. С. 31–33.

15 Соловьева М.С., Забодалова Л.А. Нетрадиционное зерновое сырье при изготовлении творожного продукта // Современные наукоемкие технологии. 2009. № 10. С. 78–79.

16 Кондратьев А.В., Глотова И.А., Забурунов С.С. Проектирование рецептур комбинированных творожных продуктов с использованием изолята белка рапса // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 3. С. 63.

17 Евстигнеева Т.Н., Михайлова А.В., Яковлева Р.В. Изучение влияния массовой доли экстракта зеленого чая на органолептические показатели творожного продукта // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 4, с. 69–75.

18 Альтшулер Б.Ю., Раков С.С., Ткачев Г.А. Методические аспекты лабораторного определения низких концентраций белка в биологических жидкостях (опыт применения

математического анализа) // Вопросы медицинской химии. 2001. Т. 47. №. 4. С. 426–438.

19 Царахова Э.Н., Касьянов Д.Г., Одинец Н.А. Интенсификация технологических процессов с помощью ультразвука // Известия вузов. Пищевая технология. 2010. № 2–3. С. 122–123.

REFERENCES

1 Dudka I.A., Vasser S.P. Spravochnik mikologa i gribnika [Mushrooms. Directory mycologist and mushroom picker]. Kiev, Naukova dumka, 1987. (in Russian)

2 Skurikhin I.M., Volgarev M.N. Khimicheskii sostav pishchevykh produktov [Chemical composition of food products]. Moscow, Ripol Klassik, 1987. (in Russian)

3 Sostav gribov [The composition of mushrooms]. Available at: <http://gribnik.net/other/103-sostav-gribov.html> (in Russian)

4 Shirshova T.I. Extraction as a method of isolating biologically active compounds: an overview. *Vestnik instituta biologii Komi NTs UrO RAN* [Bulletin of the Institute of Biology Komi SC UB RAS] 2002, no 57, pp. 41–42. (in Russian)

5 Zakharova L.M., Pushmina I.N., Dyatlov A.V. Study of the chemical composition and content of extractives and polysaccharide in tubers and leaves of stahis. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Engineering and technology of food production] 2013, no. 3 (30), pp.76–79. (in Russian)

6 Khmelev V.N. et al. Priminenie ultrazvuka vysokoi intensivnosti v promyshlennosti [The use of high-intensity ultrasound in the industry] Biisk, 2010. 203 p. (in Russian)

7 Bychkov A.L., Berezin S.S., Lomovskii A.I. Sposob izvlecheniya biologicheskii aktivnykh veshchestv iz biomassy odnokletochnoi vodorosli roda *Chlorella* [The method of extraction of biologically active substances from the biomass of unicellular alga genus *chlorella*] Patent RF, no. 2460771, 2011 (in Russian)

8 Zabodalova L.A., Domoroshchenkova M.L., Demyanenko T.F., Kuznetsova L.M. The use of the complex of hydrolytic enzymes in the preparation of lupine protein concentrate. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO* [Scientific Journal ITMO. Processes and devices of food manufactures] 2013, no. 1 (17), pp. 56. (in Russian)

9 Al'khamova G.K. Prospects of development of the market of curd products with functional properties. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education] 2011, no. 5, p. 60. (in Russian)

10 Shilov O.A., Shilov A.I. New curd product with high nutritional and biological value. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of Orel State Agrarian University] 2012, no. 1. (in Russian)

11 Pavlov J.P., Parfenov T., Grechkina U. Alternative sources of raw materials in the production of curd products. *Vestnik TGEU* [Proceedings of TSUE] 2006, no. 3, pp. 72. (in Russian)

12 Ivanova T.N. New types of cheese pudding with enhanced nutritional value. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry] 2011, no. 10, pp. 57. (in Russian)

13 Rebezov M.B. Environment offers enriched dairy products on the example of Chelyabinsk *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry] 2011, no. 8, pp. 38–39. (in Russian)

14 Soloviev M.S., Zabodalova L.A. Curd rheological performance of the product based on dry components. *Izvestiya SPbGUNIPT* [Proceedings of the Saint-Petersburg State University of Refrigeration and Food Technologies] 2008, no. 4, pp. 31–33. (in Russian)

15 Solov'ev M.S., Zabodalova L.A. Unconventional grain raw materials in the production of curd product. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern high technologies] 2009, no. 10, pp. 78–79. (in Russian)

16 Kondratiev A.V., Glotova I.A., Zaburunov S.S. Designing recipes combined curd products using canola protein isolate. *Sovremennye*

naukoemkie tekhnologii [Modern high technologies] 2010, no. 3, pp. 63. (in Russian)

17 Evstigneeva T.N., Mikhailova A.V., Yakovleva R.V. The influence of the mass fraction of green tea extract on the organoleptic characteristics of the curd product. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO* [Scientific Journal ITMO. Processes and devices of food manufactures] 2014, no. 4, pp. 69–75. (in Russian)

18 A'ltshuler B.U., Rakov S.S., Tkachev G.A. Methodological aspects of laboratory determination of low concentrations of protein in biological fluids (experience in the application of mathematical analysis). *Voprosy meditsinskoi khimii* [Problems of medical chemistry] 2001, vol. 47, no. 4, pp. 426–438 (in Russian)

Tsarahova E.N., Kasyanov D.G., Odinets N.A. Intensification of technological processes using ultrasound. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of the universities. Food technology] 2010, no. 2–3, pp. 122–123. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Любовь И. Александрова магистрант, кафедра химии и молекулярной биологии, Университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, agen_tessa_3000@mail.ru

Людмила А. Забодалова д.т.н., зав. каф., кафедра прикладной биотехнологии, Университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, zabodalova@gmail.com

Наталья Н. Скворцова к.х.н., доцент, кафедра химии и молекулярной биологии, Университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, ns0308@inbox.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Любовь И. Александрова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты, написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Людмила А. Забодалова консультация в ходе исследования
Наталья Н. Скворцова предложила методику проведения эксперимента

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 16.03.2016

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 13.04.2016

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Lyubov I. Aleksandrova master student, chemistry and molecular biology department, ITMO University, Lomonosova str., 9, Saint-Petersburg, 191002, Russia, agen_tessa_3000@mail.ru

Lyudmila A. Zabodalova D. t. sc., head of department, applied biotechnology department, ITMO University, Lomonosova str., 9, Saint-Petersburg, 191002, Russia, zabodalova@gmail.com

Natalia N. Skvortsova Ph. D., doctoral, chemistry and molecular biology department, ITMO University, Lomonosova str., 9, Saint-Petersburg, 191002, Russia, ns0308@inbox.ru

CONTRIBUTION

Lyubov I. Aleksandrova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Lyudmila A. Zabodalova consultation during the study
Natalia N. Skvortsova proposed a scheme of the experiment

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.16.2016

ACCEPTED 4.13.2016