

Научная статья

УДК 664.8.047

DOI: 10.17586/2310-1164-2023-16-2-27-37

Влияние способов сушки лисички обыкновенной (*Cantharellus cibarius*) на биологическую ценность сухого функционального грибного ингредиента

Е.Н. Моисеенко^{1*}, О.Н. Румянцева¹, О.И. Сергиенко¹, Е.П. Сучкова¹, Г.В. Точильников²¹Университет ИТМО, Россия, Санкт-Петербург²НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова, Россия, Санкт-Петербург

*drmalicious@mail.ru

Аннотация. Исследовали влияние способов сушки на биологическую ценность сухого функционального грибного ингредиента из плодовых тел лисички обыкновенной. Объектом изучения стали плодовые тела *Cantharellus cibarius*, собранные в Кингисеппском районе Ленинградской области (Россия). Установлено, что содержание основных компонентов химического состава исследуемых грибов незначительно отличается от справочных данных; содержание минералов марганца, калия и витаминов D, C, B₃ обеспечивает суточную потребность организма человека в данных веществах, из тяжелых металлов обнаружены стронций и цинк в незначительных количествах. Анализ жирнокислотного состава грибов показал, что для получения пищевого ингредиента представляет интерес содержание линолевой и олеиновой кислот. Для получения функционального грибного ингредиента применяли лиофильную сушку в течение 34 ч, тепловую сушку при температуре 70°C в течение 12 ч и при температуре 50°C в течение 24 ч. Изучали шесть образцов: лиофильная сушка (кубики), тепловая сушка 50°C (стружка), тепловая сушка 70°C (целый гриб), а также порошки из плодовых тел, высушенные лиофильной сушкой, тепловой сушкой 50 и 70°C. Сравнительный анализ образцов по органолептическим показателям позволяет рекомендовать применение сухого ингредиента следующим образом: образцы после лиофильной сушки (кубики) – для создания присутствия кусочков гриба в функциональных продуктах; порошки, полученные тепловой сушкой – для придания продукту грибного вкуса и аромата. В рекомендованных образцах определяли содержание витаминов B₁, B₂, A, E, B₃, B₆. Установлено максимальное сохранение витаминов A, B₁, B₃, B₆ в образцах, высушенных лиофильной сушкой и тепловой сушкой при 70°C.

Ключевые слова: пищевые системы; *Cantharellus cibarius*; функциональное питание; технологии сушки; функциональный грибной ингредиент

Original article

The effect of drying methods of chanterelles (*Cantharellus cibarius*) on the biological value of dry functional mushroom ingredient

Eugene N. Moiseenko^{1*}, Olga N. Rumiantceva¹, Olga I. Sergienko¹, Elena P. Suchkova¹, Gregory V. Tochilnikov²¹ITMO University, St. Petersburg, Russia²Russian Oncology Research Center n.a. N.N. Petrov, St. Petersburg, Russia

*drmalicious@mail

Abstract. Common chanterelle (*Cantharellus cibarius*) has a high biopotential for use in functional nutrition. The aim of the work is to study the effect of drying methods on the biological value of dry functional mushroom ingredient from the fruit bodies of chanterelle mushrooms. The fruit bodies of *Cantharellus cibarius* collected in Kingisepp district of Leningrad region (Russia) were the object of the study. It was found that the content of the main components in the chemical composition of mushrooms in Kingisepp district slightly differs from the reference data; the content of minerals manganese, potassium, and vitamins D, C, and B₃ provides the daily requirement of the human body in these substances, as for the heavy metals content – strontium and zinc were found in insignificant amounts. Analysis of the fatty acid composition of the mushrooms showed that the content of linoleic and oleic acids is of interest for obtaining a food ingredient. To obtain a functional mushroom ingredient, lyophilic drying for 34 h, heat drying at 70°C for 12 h and at 50°C for 24 h were used. Six samples were studied: lyophilic drying (cubes), 50°C heat drying (chips), 70°C heat drying (whole mushroom), and powders from fruit bodies dried by lyophilic drying, 50°C and 70°C heat drying. Based on the comparative analysis of samples according to organoleptic quality indicators, recommendations were given for the use of dry ingredients: samples after lyophilic drying (cubes) are recommended to create the presence of mushroom pieces in functional products, powders obtained by heat drying – to give the product mushroom flavor and aroma. In the recommended samples the content of vitamins B₁, B₂, A, E, B₃, and B₆ was determined. The maximum preservation of vitamins A, B₁, B₃, and B₆ in the samples dried by lyophilic drying and heat drying at 70°C was established.

Keywords: food systems; *Cantharellus cibarius*; functional nutrition; drying technologies; functional mushroom ingredient

Введение

В настоящее время в мире растет интерес к альтернативным источникам получения пищевого сырья, в том числе к различным видам грибов. Плодовые грибы традиционно используются в пищу издавна, однако их промышленное применение в питании человека ограничено сезонностью произрастания и необходимостью применения различных способов их консервирования.

В России широко распространено произрастание различных микоризообразующих базидиальных грибов, в том числе эктомикоризных грибов лисички обыкновенной (*Cantharellus cibarius*), обладающих высокой пищевой ценностью [1]. Лисичка обыкновенная является объектом промышленного сбора и обычно продается в свежем виде в летне-осенний период. Из способов консервирования наибольшее распространение получило замораживание плодовых тел грибов. Однако в процессе замораживания может появляться горечь, что существенно ограничивает дальнейшее пищевое использование лисичек [2].

Одним из перспективных способов сохранения грибного сырья и повышения его усвояемости является сушка. При проведении сушки грибов содержание влаги сокращается до 7–12%. Сушеные грибы часто называют «растительным мясом», так как в них содержится много белков и клетчатки [3].

Современные научные исследования по изучению влияния различных методов обработки на питательные вещества и биологически активные соединения *Cantharellus cibarius* в большей степени акцентированы на процессах экстракции и ферментации [4–6].

В отечественных работах представлены результаты исследований по созданию продуктов питания с добавлением плодовых тел лисичек в хлебобулочные и молочнокислые продукты [7, 8]. При этом, в них отсутствуют данные о способах и методах создания вносимого грибного ингредиента.

В зависимости от места произрастания лисички обыкновенной химический состав этих грибов может существенно отличаться. В зарубежной научной литературе объектами исследований являются грибы *Cantharellus cibarius*, выросшие в странах Европы и Северной Америки [2, 4–6]. В настоящее время в Российской Федерации отсутствует информация о содержании основных компонентов химического состава, а также наличии тяжелых металлов применительно к регионам произрастания *Cantharellus cibarius*.

Таким образом, цель работы – исследование влияния способов сушки на биологическую ценность сухого функционального грибного ингредиента из плодовых тел лисички обыкновенной, собранных в Ленинградской области. Для ее достижения решали следующие задачи: определяли химический состав собранного сырья; изучали влияние различных способов сушки на содержание витаминов и органолептические показатели сушеных ингредиентов.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись плодовые тела гриба лисичка обыкновенная (*Cantharellus cibarius*), собранные в Кингисеппском районе Ленинградской области (Россия) в сентябре 2021 и 2022 гг. Кингисеппский район является местом массового плодоношения *Cantharellus cibarius*, однако считается одним из самых неблагоприятных районов Ленинградской области с точки зрения загрязнения окружающей среды. В связи с этим важно получить данные о содержании тяжелых металлов в плодовых телах грибов, собранных в данном районе, поскольку в других, более благоприятных местах области, прогнозируется меньшее содержание этих элементов.

Собранные грибы помещались в переносную сумку-холодильник с хладоэлементами, способную поддерживать температуру +5°C, и транспортировались в лабораторию.

В свежих плодовых телах лисички обыкновенной определяли содержание белков – титриметрическим методом Кьельдаля; жиров – гравиметрическим методом; углеводов – расчетным методом; жирнокислотного состава – газожидкостной хроматографией; тяжелых металлов – способом рентгено-флуоресцентной спектрометрии.

Лиофильная сушка выполнялась на лабораторной сушилке SJIA-10N-60B (Ningbo Sjialab Equipment Co, КНР). Образцы замораживали при температуре минус 45°C в камере заморозания/нагрева в течение 10 ч, после чего высушивали в вакууме до содержания влаги 5–6% при абсолютном давлении 85–90 Па с температурой камеры минус 40°C и температурой конденсатора

минус 48°C в течение 24 ч. После сушки образцы извлекались из сушилки и помещались в герметичный контейнер для последующего анализа.

Тепловая сушка проводилась в сушильном шкафу LF-60/350 (LOIP, КНР) с горячим воздухом при температурах 50 и 70°C. Изучали шесть образцов:

образец № 1 – лиофильная сушка (кубики),

образец № 2 – тепловая сушка 50°C (стружка),

образец № 3 – тепловая сушка 70°C (целый гриб),

образец № 4 – лиофильная сушка (порошки из плодовых тел),

образец № 5 – тепловая сушка 50°C (порошки из плодовых тел),

образец № 6 – тепловая сушка 70°C (порошки из плодовых тел).

Выбор режимов сушки был проведен на основании анализа научной литературы, в частности работы Ю.Т. Жука [9], где рекомендованные температурные параметры тепловой сушки для пластинчатых грибов составляют 50–75°C.

Образцы (100 г) были распределены равномерно одним слоем на ситах из нержавеющей стали. Сушку проводили в течение 12 ч при 70°C и 24 ч при 50°C.

Высушенные образцы помещали в герметичные контейнеры для последующего анализа.

Органолептические испытания высушенных грибных функциональных ингредиентов проводили в соответствии с ГОСТ 8756.1–2017, регламентирующим органолептические показатели сырья из плодовых тел грибов.

Для сравнительного анализа содержания витаминов в плодовых телах лисички обыкновенной использовались образцы, хранившиеся при температуре минус 18°C и затем высушенные тепловой и лиофильной сушкой. В размороженных образцах после лиофильной сушки и тепловой сушки при 70 и 50°C определяли содержание витамина В₁ (тиамина хлорид гидрохлорид), В₂ (рибофлавин), А (в форме ретинола), Е (в форме альфа-токоферола), В₃ или РР (никотиновая кислота, никотинамид), В₆ (пиридоксин). Определение содержания витаминов в образцах проводилось в испытательной лаборатории пищевых продуктов, сырья и материалов Тест-С.-Петербург по стандартным методикам М 04-10-2007, М-02-902-146-08, М 04-56-2009, ГОСТ Р ЕН 14130-2010.

Результаты и их обсуждение

Применение лисички обыкновенной в функциональном питании обусловлено ее высокой биологической ценностью. Лисички по химическому составу близки к овощам, но в сравнении с ними содержат большее количество белков: по справочным данным в 100 г лисичек содержится 2,14–2,81 г общих белков, 0,92–0,98 г незаменимых аминокислот, 1,19 г – заменимых аминокислот [10].

Содержание углеводов в лисичке выше, чем у всех дикорастущих грибов и составляет около 3,8% свежего вещества. Основными углеводами в лисичках являются хитин, гликоген и трегалоза. Содержание в лисичках сахаров (глюкоза, микога, маннит) – от 12 до 20% от общего количества углеводов – значительно повышает их пищевую ценность и придает им приятный сладковатый вкус [5]. Исследования [11] показывают, что полисахаридная фракция из *Cantharellus cibarius* ингибирует пролиферацию клеток рака толстой кишки человека и обладает химиопрофилактическим потенциалом. Хитинманноза, содержащаяся в лисичках, обладает антигельминтными свойствами за счет разрушения нервных рецепторов паразитов.

Лисички богаты витаминами: пиридоксином, аскорбиновой кислотой, никотиновой кислотой, фолиевой кислотой, витамином D, пантотеновой кислотой, рибофлавином, бета-каротином, а также некоторыми минеральными элементами: хромом, кобальтом, медью, марганцем, калием, никелем, цирконием, ванадием; клетчаткой [12].

Ацетиленовые жирные кислоты лисичек потенциально могут оказывать положительное влияние при сахарном диабете и использоваться в диетическом питании [13].

Результаты исследований свежих грибов, собранных в Ленинградской области, по основным компонентам химического состава представлены в таблице 1, по содержанию минералов и витаминов в таблице 2.

Таблица 1. Основные компоненты химического состава лисички обыкновенной (Ленинградская область)
Table 1. Main components of chemical composition of chanterelles (Leningrad region)

Показатель	г/100 г сырой массы
углеводы общие	6,86
пищевые волокна	3,80
жиры	0,53
белки	1,49

Из анализа основных компонентов химического состава следует, что лисички, собранные в Ленинградской области, имеют ряд отличий от справочных данных (рисунок 1). В исследуемых плодовых телах наблюдается более высокое содержание углеводов и меньшее количество белков.

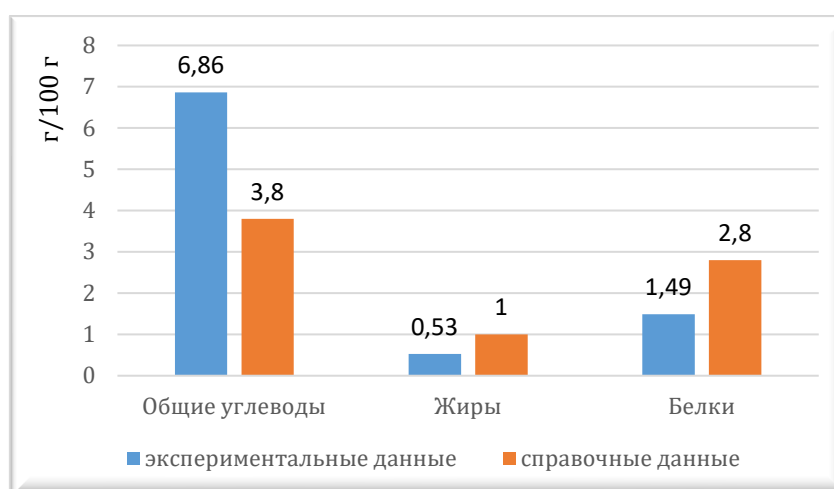


Рисунок 1 – Содержание функциональных нутриентов в плодовых телах
Figure 1. Functional nutrient content of fruit bodies

Таблица 2. Содержание минералов и витаминов в свежих грибах лисички обыкновенной
Table 2. The content of vitamins and minerals in fresh chanterelles

Минералы	Содержание, мг/100 г	Установленный уровень потребности для взрослого человека мг/сут*	Суточная доза в 100 г – от дневн. нормы, %	Витамины	Содержание, мг/100 г	Установленный уровень потребности для взрослого человека мг/сут*	Суточная доза в 100 г – от дневн. нормы, %
Ca	16,9	500–1200	1,4–3,38	B1	0,01	1,5	0,67
Fe	5,2	для мужчин: 8–10 для женщин: 15–20	для мужчин: 52–65 для женщин: 26–34,7	B2	0,2	1,8	11,11
Mg	65,4	200–500	13,08–32,7	B3	4,1	20	20,5
Mn	3,25	2–5	65–162,5	A	0,142	9**	15,78
P	57	550–1400	4–10,4	B6	0,04	2,0	2,0
K	3576	1000–4000	89,4–357,6	D	0,005	0,010	53,0
Na	14,96	1300–1600	0,9–1,15	E	0,5	0,015***	3,33
Zn	5,2	9,5–15,0	34,7–54,7	C	34,9	90,0	38,7

*В соответствии с МР 2.3.1.2432–08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации»

**ретинол эквивалент

***токоферол эквивалент

Из представленных данных видно, что в свежих плодовых телах лисичек, собранных в Ленинградской области, содержание минералов марганца, калия, цинка, и витаминов D, С, В₃ могут обеспечивать суточную потребность организма человека.

Анализ жирнокислотного состава свежих грибов представлен на рисунке 2.

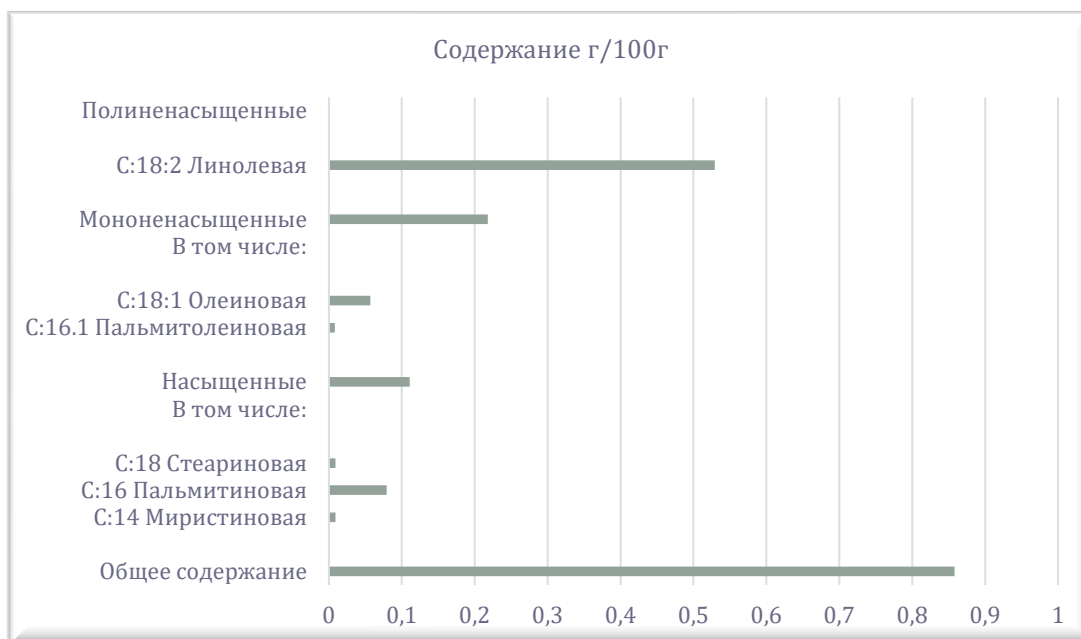


Рисунок 2 – Жирнокислотный состав свежих плодовых тел лисички
 Figure 2. Fatty-acid composition of fresh chanterelles' fruit bodies

Из общего состава жирных кислот полиненасыщенные составляют 61%, мононенасыщенные – 27%, насыщенные – 12%. Несмотря на невысокое содержание жирных кислот в плодовых телах лисичек, для получения функционального ингредиента представляет интерес наличие линолевой и олеиновой кислот. Линолевая кислота относится к омега-6 – группе полиненасыщенных жирных кислот, стабилизирующих обменные процессы в организме, поддерживающих целостность клеточных мембран, увеличивающих синтез гормоноподобных веществ. Олеиновая кислота относится к кислотам омега-9 и служит для профилактики инфарктов, регулируя уровень холестерина в крови и углеводный обмен, улучшает память, имеет противовоспалительное действие [14, 15].

Поскольку дикорастущие грибы в процессе роста способны накапливать тяжелые металлы, способом рентгено-флуоресцентной спектрометрии проведен анализ их содержания в полисахаридах плодовых тел грибов, собранных в Ленинградской области (рисунок 3).



Рисунок 3 – Содержание тяжелых металлов в полисахаридах из плодовых тел, мг/кг
 Figure 3. The content of heavy metals in polysaccharides from fruit bodies, mg/kg

Установлено, что в исследуемых образцах содержатся стронций и цинк. Для жителей России оптимальная величина потребления цинка составляет 12 мг в сутки, природного стронция – до 1,5 мг в сутки. При высоких дозах цинка наблюдается нарушение усвоения меди и развитие анемии, стронция – поражения костной ткани [16, 17]. Полученные результаты по содержанию металлов стронция и цинка в полисахаридах в пересчете на общую массу не будут оказывать негативного влияния на организм человека. Кроме того, имеются данные, что кулинарная обработка может приводить к потере 50–80% минералов [18].

В свежих плодовых телах лисички обыкновенной была определена влажность, составившая 90%, и энергетическая ценность 100 г плодовых тел – 160 кДж.

На основании анализа химического состава свежих грибов, собранных в Ленинградской области, можно рекомендовать применение грибов данного региона в пищевом рационе человека, в том числе в составе функциональных продуктов.

При разработке функциональных продуктов питания с содержанием грибов следует учитывать, что хорошей усвояемости свежих грибов мешает значительное содержание в них неперевариваемых углеводов (60–80% от общей суммы углеводов), в основном клетчатки, пропитанной хитином. Хитин не переваривается в желудочно-кишечном тракте человека и затрудняет доступ пищеварительным сокам и перевариваемым веществам, что в частности приводит к низкой степени извлекаемости белка (в зависимости от вида грибов 35–60% от общего белка) [19].

Процессы сушки позволяют не только сохранить ценное пищевое сырье, но и существенно изменяют химический состав и вкусовые характеристики. Так, при исследовании способов сушки грибов вешенки было установлено, что в условиях суховоздушной сушки, за счет более выраженных реакций автогидролиза, обеспечивается доступность и легкая усвояемость сухих грибов. Однако, при проведении процесса сушки могут разрушаться такие термолабильные компоненты, как хитинманноза, уменьшаться содержание ряда витаминов и азотистых веществ [3, 20].

Для снижения зависимости от сезонности использования в пищевой промышленности лисички обыкновенной предлагается применение сушки, как способа консервирования, позволяющего сохранять высокую пищевую ценность. Поскольку в процессе сушки могут произойти потери термолабильных биогенных компонентов и изменения вкусовых характеристик, необходимо исследовать влияние процесса сушки на биологически активные вещества и на органолептические свойства полученных сухих ингредиентов.



Рисунок 4. Внешний вид сушеных грибов при различных способах сушки
Figure 4. The appearance of fungi dried by different methods

На основании работ [3, 9, 20] для исследования определены способы сушки для получения грибного ингредиента: лиофильная и тепловая при 70 и 50°C. Влияние способов сушки лисички обыкновенной оценивали по органолептическим показателям и содержанию витаминов.

На рисунке 4 представлены данные внешнего вида полученных образцов, а результаты органолептических испытаний образцов сухих плодовых тел лисички обыкновенной, полученных разными способами дегидратации, приведены в таблице 4.

Таблица 4. Органолептические испытания плодовых тел лисички обыкновенной
Table 4. Sensory evaluation of fruit bodies of chanterelles

Образец	Органолептические показатели продукта				Балл*	Примечание
	вкус и запах	консистенция	цвет	внешний вид		
№ 1	запах слабо выраженный грибной; вкус грибной слабо выраженный	хрупкая, пористая, однородная, крошливая	ярко-желтый	кубики со стороной 5 мм	5	соответствует
№ 2	запах насыщенный грибной; вкус грибной сильно выраженный	твердая, эластичная, однородная	от желтого до светло-коричневого, ближе к коричневому	стружка длиной 10 мм, в диаметре 3 мм	4	соответствует
№ 3	запах менее насыщенный грибной; вкус грибной	твердая, эластичная, однородная	светло-коричневый	целые плодовые тела или разрезанные на пополам	5	соответствует
№ 4	запах слабо выраженный грибной; вкус грибной слабо выраженный	рассыпчатая	кремовый, ближе к бежевому	тонкодисперсный порошок	4	соответствует
№ 5	запах насыщенный грибной; вкус грибной сильно выраженный	рассыпчатая	от желтого до светло-коричневого, ближе к коричневому	тонкодисперсный порошок	5	соответствует
№ 6	запах менее насыщенный грибной; вкус грибной	рассыпчатая	от желтого до светло-коричневого, более светлый	тонкодисперсный порошок	5	соответствует

*Все образцы удовлетворяют требованиям ГОСТ 8756.1–2017

Результаты анализа органолептических испытаний высушенных образцов из плодовых тел лисички обыкновенной показывают следующее. Образец № 1 имеет такой же цвет и консистенцию, как у свежего гриба и может быть рекомендован в качестве ингредиента для создания органолептического ощущения присутствия кусочков грибов в пищевых продуктах. Однако он не имеет ярко выраженного грибного вкуса. При этом образцы № 5 и № 6 – порошки из высушенных плодовых тел – обладают сильным грибным ароматом, поэтому их можно использовать в качестве функциональной добавки для придания продукту грибного вкуса и аромата. Причем тепловая сушка при 50°C позволяет получить максимально насыщенный грибной вкус. Образцы № 2 и № 3 в процессе сушки стали твердыми, утратили цвет и консистенцию, присущую свежим плодовым телам. Образец № 4 показал наименее выраженный грибной аромат. Таким образом, применение данных видов сушки (образцы № 2, № 3, № 4) по органолептическим показателям не рекомендованы для получения пищевого грибного ингредиента.

Для определения биологической ценности анализировали влияние способов сушки на содержание витаминов как наиболее термолабильных компонентов в сухом грибном ингредиенте. С этой целью изучалось содержание ряда витаминов в плодовых телах лисички обыкновенной до и после сушки. В таблице 5 представлены данные по содержанию витаминов В₁, В₂, В₃, В₆, А, Е в замороженных грибах,

после лиофильной и тепловой сушки 50 и 70°C. Витамин С во всех образцах не определялся, т. е. составил менее 0,5 г на 100 г плодового тела.

Таблица 5. Содержание витаминов в плодовых телах лисички обыкновенной после различных видов сушки
Table 5. Vitamin content in fruit bodies of chanterelles dried by different methods

Вид сушки	Витамины мг/100г (в пересчете на абс. сухой вес)					
	В ₁	В ₂	А	Е	В ₃ (PP)	В ₆
замороженные*	0,379	2,437	0,036	0,144	89,892	0,602
лиофильная	0,312	2,260	0,043	0,041	70,206	0,207
тепловая (50°C)	0,174	2,942	0,035	0,098	54,203	не обнаружен
тепловая (70°C)	0,219	4,423	0,027	0,075	57,560	не обнаружен

*начальные данные по содержанию витаминов представлены в таблице 2, замораживание проводили до температуры минус 18°C

Из представленных данных видно, что процессы сушки оказывают различное воздействие на содержание витаминов. При лиофильной сушке в сравнении с тепловой лучше сохранились витамины В₁ (83%), В₃ (78%), В₆ (34%), А (120%). Содержание рибофлавина показало обратную динамику – с повышением температуры сушки концентрация витамина увеличилась почти в 2 раза (2,43 мг/100 г в свежем виде; 4,42 мг/100 г после сушки при 70°C). Рибофлавин является производным гетероциклического соединения изоаллоксазина, связанного с многоатомным спиртом рибитом и является самым термоустойчивым из витаминов группы В. Увеличение концентрации рибофлавина при тепловой сушке возможно обусловлено способностью восстанавливаться благодаря присоединению водорода к разрушенным атомным связкам. Повышение содержания ретинола после лиофильной сушки, вероятно, связано с тем, что ретинол взаимопревращаем с ретиналом под воздействием ферментов [1, 21].

Таким образом, общее содержание витаминов в образцах не подверглось существенному уменьшению после проведения процесса сушки. Кроме того, содержание витаминов в тепловой сушке при 70°C оказалось выше, чем при 50°C. Вероятно, это объясняется длительностью процесса сушки – 12 и 24 ч соответственно. Возможно, проведение сушки в два периода (первый при 50°C, второй при 70°C) [22] позволит повысить витаминный состав сушеного ингредиента.

Следовательно, при разработке функционального грибного ингредиента по витаминному составу могут быть рекомендованы все исследованные формы сушки. При разработке рецептур продуктов с грибным ингредиентом следует учитывать конкретные медицинские задачи, на которые будет направлен функциональный продукт.

Заключение

В плодовых телах лисички обыкновенной, собранных в Кингисеппском районе Ленинградской области, в 100 г сырой массы установлено высокое содержание углеводов – 6,86 г, относительно невысокое содержание белков – 1,49 г; из жирных кислот в плодовых телах наибольшим содержанием отличается линолевая кислота – 0,6 г на 100 г сырой массы. Выявлено, что в исследуемых образцах отсутствуют наиболее распространенные тяжелые металлы, в незначительном количестве содержатся стронций и цинк. Содержание в 100 г плодовых тел лисичек минералов марганца, калия, цинка, и витаминов D, С, В₃ может обеспечивать суточную потребность организма человека.

Проведенный комплексный анализ химического состава лисички обыкновенной, собранной в Ленинградской области, позволяет сделать вывод о высоком биогенном потенциале плодовых тел для использования в качестве пищевого ингредиента для производства функциональных продуктов питания.

Для снижения сезонности производства и повышения усвояемости лисички обыкновенной предлагается применение сушки как способа получения пищевого грибного ингредиента. По результатам органолептического анализа сделаны следующие рекомендации: для пищевого ингредиента в продуктах, где необходимо формировать присутствие кусочков гриба, рекомендована лиофильная сушка в нарезке

кубиками. Для придания грибного аромата рекомендуется применение грибного ингредиента в виде порошка при тепловой сушке с температурой 50 и 70°C.

Установлено, что термические и лиофильный способы сушки позволяют получить пищевой ингредиент с высоким содержанием витаминов. Однако, максимальное суммарное количество витаминов в образцах сохранялось после лиофильной сушки и тепловой при 70°C. При этом менее всего подвержен влиянию всех способов сушки витамин В₂, концентрация которого увеличивается с повышением температуры сушки, а большему разрушению подвергается витамин В₆.

Таким образом, исходя из анализа органолептических показателей и содержания витаминов в грибах, высушенных лиофильной и тепловой сушкой, установлено, что для производства функциональных продуктов питания рекомендуется использовать грибной ингредиент, высушенный лиофильным способом в течение 24 ч и тепловым способом при 70°C в течение 12 ч.

В дальнейшем будет проведен анализ влияния способов сушки на изменение аминокислотного и полисахаридного состава высушенных плодовых тел лисички обыкновенной.

Литература

1. Тутельян В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания. Справочник. М.: ДеЛи плюс. 2012. 284 с.
2. Kumar K. Role of edible mushroom as functional foods: A review. *South Asian Journal of Food Technology and Environment*. 2015. V. 1, no. 3&4, pp. 211–218. DOI: 10.46370/sajfte.2015.v01i03and04.02
3. Писков С.И., Тимченко Л.Д., Ржепаковский И.В., Аванесян С.С., Сизоненко М.Н., Арешидзе Д.А., Ковалев Д.А. Влияние способа сушки на пищевые свойства и гиполипидемический потенциал вешенки (*Pleurotus ostreatus*) // Вопросы питания. 2018. Т. 87. № 2. С. 65–76. DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10020
4. Hong S.S., Lee J.H., Jeong W., Kim N., Jin H. Z., Hwang B.Y., Lee H-J., Lee S-J., Jang D.S., Lee D. Acetylenic acid analogues from the edible mushroom Chanterelle (*Cantharellus cibarius*) and their effects on the gene expression of peroxisome proliferator-activated receptor-gamma target genes. *Bioorg Med Chem Lett*. 2012, V. 22, no. 6, pp. 2347–2349. DOI: 10.1016/j.bmcl.2012.01.070
5. Bulam S., Üstün N., Pekşen A. Effects of different processing methods on nutrients, bioactive compounds, and biological activities of Chanterelle mushroom (*Cantharellus cibarius*): A review. *European Food Science and Engineering*. 2021, V. 2, no. 2, pp. 52–58. DOI: 10.1142/9789814405041_0005
6. Politowicz J., Lech K., Sánchez-Rodríguez L., Szumny A., Carbonell-Barrachina A. Volatile composition and sensory profile of *Cantharellus cibarius* Fr. as affected by drying method. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2017, V. 97, Is. 15, pp. 5223–5232. DOI: 10.1002/jsfa.8406
7. Крылова Д.С., Гинойн Р.В. Органолептические и физико-химические свойства творожной массы с применением брокколи и лисичек // Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сб. тр. Н. Новгород: Изд-во Нижегородской гос. с.-х. академии. 2020. С. 147–151.
8. Музалевская Р.С., Власова М.В. Обогащение хлебобулочных изделий продуктами переработки дикорастущих грибов // Пищевая промышленность. 2010. № 6. С. 56–57
9. Жук Ю.Т. Консервирование и хранение грибов (биохимические основы). М.: Легкая и пищевая промышленность. 1982. 144 с.
10. Gupta V.K., Treichel H., Antonide L.O., Tuohy M.G., Shapaval V. *Microbial functional foods and nutraceuticals*. Wiley-Blackwell, UK. 2017, 320 p.
11. Kalač P. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2012, V. 93, Is. 2, pp. 209–218. DOI: 10.1002/jsfa.5960
12. Кутафьева Н.П., Бакайтис В.И., Цапалова И.Э., Позняковский В.М. Экспертиза грибов. Качество и безопасность. Новосибирск: Сибирское университетское издательство. 2007. 288 с.
13. Белова Н.В. Перспективы использования биологически активных соединений высших базидиомицетов в России // Микология и фитопатология. 2004. Т. 38. № 2. С. 1–7
14. Фомичева Т.И., Колужникова Е.В., Гунькова П.И. Масла авокадо и тыквы, как источники жирных кислот // Вестник Международной академии холода. 2022. № 2. С. 56–60. DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-2-56-60
15. Холобова К.А., Анистратова О.В., Винокур М.Л. Анализ биопотенциала клубней сыты съедобной луговой (*Cyperus esculentus* L.), производимой в Краснодарском крае и перспективы ее использования в технологии продуктов питания // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2022. № 3. С. 3–11. DOI: 10.17586/2310-1164-2022-15-3-3-11
16. Скальный А.В., Рудаков И.Ф. Биозлементы в медицине. М.: Ониск 21 в : Мир. 2004. 272 с.
17. Сульдина Т.И. Содержание тяжелых металлов в продуктах питания и их влияние на организм // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2016. № 1. С. 136–140.

18. Минаков Д.В., Севодина К.В., Шадринцева А.И., Севодин В.П. Сравнительная оценка аминокислотного и белкового составов мицелия и плодовых тел некоторых базидиомицетов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2016. Т. 6. № 3. С. 50–56. DOI: 10.21285/2227-2925-2016-6-3-50-56
19. Nowacka-Jechalke N., Nowak R., Juda M., Malm A., Lemieszek M., Rzeski W., Kaczyński Z. New biological activity of the polysaccharide fraction from *Cantharellus cibarius* and its structural characterization. *Food Chemistry*. 2018, V. 268, pp. 355–361. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.06.106
20. Щеглова И.В., Верецагин А.Л. Использование вакуумно-импульсной обработки для улучшения потребительских свойств грибов // Техника и технология пищевых производств. 2009. № 1. С. 29–32
21. Мануйлов А.Н., Куприна Е.Э., Кипрушикина Е.И., Волкова О.В., Шамцян М.М., Яккола А.Н. Технология получения гранулированной биологически активной хитин-минеральной пищевой добавки, обогащенной пептидами // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2022. № 2. С. 10–19. DOI: 10/17586/2310-1164-2022-15-2-10-19
22. Тепляшин В.Н., Ченцова Л.И., Невзоров В.Н. Технологии и оборудование для сушки растительного сырья. Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т. 2019. 173 с.

References

1. Tuteljan V.A. *Chemical composition and caloric content of Russian foodstuffs*. Handbook. Moscow, DeLi Plus Publ., 2012. 284 p. (In Russian)
2. Kumar K. Role of edible mushroom as functional foods: A review. *South Asian Journal of Food Technology and Environment*. 2015. V. 1, no. 3&4, pp. 211–218. DOI: 10.46370/sajfte.2015.v01i03ando4.02
3. Piskov S.I., Timchenko L.D., Rzhepakovsky I.V., Avanesyan S.S., Sizonenko M.N., Areshidze D.A., Kovalev D.A. The influence of the drying method for food properties and hypolipidemic potential of oyster mushrooms (*Pleurotus Ostreatus*). *Voprosy Pitanya*. 2018, V. 87, no. 2, pp. 65–76. DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10020. (In Russian)
4. Hong S.S., Lee J.H., Jeong W., Kim N., Jin H. Z., Hwang B.Y., Lee H-J., Lee S-J., Jang D.S., Lee D. Acetylenic acid analogues from the edible mushroom Chanterelle (*Cantharellus cibarius*) and their effects on the gene expression of peroxisome proliferator-activated receptor-gamma target genes. *Bioorg Med Chem Lett*. 2012, V. 22, no. 6, pp. 2347–2349. DOI: 10.1016/j.bmcl.2012.01.070
5. Bulam S., Üstün N., Pekşen A. Effects of different processing methods on nutrients, bioactive compounds, and biological activities of Chanterelle mushroom (*Cantharellus cibarius*): A review. *European Food Science and Engineering*. 2021, V. 2, no. 2, pp. 52–58. DOI: 10.1142/9789814405041_0005
6. Politowicz J., Lech K., Sánchez-Rodríguez L., Szumny A., Carbonell-Barrachina A. Volatile composition and sensory profile of *Cantharellus cibarius* Fr. as affected by drying method. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2017, V. 97, Is. 15, pp. 5223–5232. DOI: 10.1002/jsfa.8406
7. Krylova D.S., Ginoyan R.V. Organoleptic and physico-chemical properties of curds using broccoli and chanterelles. *Innovative technologies of production and processing of agricultural products*. Collection of works. N. Novgorod, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy Publ., 2020, pp. 147–151. (In Russian)
8. Musalevskaya R.S., Vlasova M.V. Enrichment aspects of bakery products with processing fruits of growing wild mushrooms. *Food Industry*. 2010, no. 6, pp. 56–57. (In Russian)
9. Zhuk Yu.T. Canning and storage of mushrooms (biochemical bases). Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1982. 144 p. (In Russian)
10. Gupta V.K., Treichel H., Antoniode L.O., Tuohy M.G., Shapaval V. *Microbial functional foods and nutraceuticals*. Wiley-Blackwell, UK. 2017, 320 p.
11. Kalač P. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2012, V. 93, Is. 2, pp. 209–218. DOI: 10.1002/jsfa.5960
12. Kutaf'eva N.P., Bakaitis V.I., Tsapalova I.E., Poznyakovskii V.M. Tsapalova I. E. *Expertise of mushrooms. Quality and safety*. Novosibirsk, Siberian University Publ., 2007. 288 p.
13. Belova N.V. Prospects of use of biologically active substances from higher basidiomycetes in Russia. *Mycology and Phytopathology*. 2004, V. 38, Is. 2, pp. 1–7. (In Russian)
14. Fomicheva T.I., Koluzhnikova E.V., Gunkova P.I. The avocado oil and pumpkin seed oil as a source of fatty acids. *Journal International Academy of Refrigeration*. 2022, no. 2, pp. 56–60. DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-2-56-60. (In Russian)
15. Kholobova K.A., Anistratova O.V., Vinokur M.L. Analysis of biopotential of the tiger nut tubers (*Cyperus esculentus* L.) produced in the Krasnodar region and the prospects for its use in food technology. *Processes and Food Production Equipment*. 2022, no. 3, pp. 3–11. DOI: 10.17586/2310-1164-2022-15-3-11. (In Russian)
16. Skalny A.V., Rudakov I.F. Bioelements in medicine. Moscow, Oniks 21 v : Mir Publ., 2004. 272 p.
17. Suldina T.I. The content of heavy metals in food and their impact on the body. *Ratsional'noe pitanie, pishchevye dobavki i biostimulyatory*. 2016, no. 1, pp. 136–140. (In Russian)

18. Minakov D.V., Sevodina K.V., Shadrintseva A.I., Sevodin V.P. Comparative analysis of amino acid and protein composition of some basidiomycetes mycelium and fruiting bodies. *Izvestiya vuzov. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2016, V. 6, no. 3, pp. 50–56. DOI: 10.21285/2227-2925-2016-6-3-50-56. (In Russian)
19. Nowacka-Jechalke N., Nowak R., Juda M., Malm A., Lemieszek M., Rzeski W., Kaczyński Z. New biological activity of the polysaccharide fraction from *Cantharellus cibarius* and its structural characterization. *Food Chemistry*. 2018, V. 268, pp. 355–361. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.06.106
20. Sheglova I.V., Vereshchagin A.L. Using of vacuum-pulse processing for an improvement in the consumer properties of mushrooms. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2009, no. 1, pp. 29–32. (In Russian)
21. Manuylov A.N., Kuprina E.E., Kiprushkina E.I., Volkova O.V., Shamtsyan M.M., Yakkola A.N. Technology for obtaining granulated biologically active chitin-mineral food additive enriched in peptides. *Processes and Food Production Equipment*. 2022, no. 2, pp. 10–19. DOI: 10/17586/2310-1164-2022-15-2-10-19. (In Russian)
22. Teplyashin L.I., Chentsova V.N., Nevzorov V.N. Technologies and equipment for drying plant materials. Krasnoyarsk, Krasnoyarsk State Agricultural University Publ., 2019. 177 p.

Информация об авторах

Евгений Николаевич Моисеенко – аспирант факультета экотехнологий
Ольга Николаевна Румянцева – канд. техн. наук, доцент факультета экотехнологий
Ольга Ивановна Сергиенко – канд. техн. наук, доцент, доцент факультета экотехнологий
Елена Павловна Сучкова – канд. техн. наук, доцент, доцент факультета экотехнологий
Григорий Викторович Точильников – канд. мед. наук, врач-онколог

Information about the authors

Eugene N. Moiseenko, Postgraduate Student of the Faculty of Ecotechnologies
Olga N. Rumiantceva, Ph.D. (Eng.), Associate Professor of the Faculty of Ecotechnologies
Olga I. Sergienko, Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Faculty of Ecotechnologies
Elena P. Suchkova, Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Faculty of Ecotechnologies
Gregory V. Tochilnikov, Ph.D. (Med.), Oncologist

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

Статья поступила в редакцию 20.02.2023
Одобрена после рецензирования 25.05.2023
Принята к публикации 31.05.2023

The article was submitted 20.02.2023
Approved after reviewing 25.05.2023
Accepted for publication 31.05.2023