

И.В. Щеглова, А.А. Верещагин

ВЛИЯНИЕ ВАКУУМНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ГРИБОВ НА АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ И ТРИПСИНИНГИБИРУЮЩУЮ АКТИВНОСТЬ

Показана возможность применения вакуумно-импульсной сушки для повышения содержания свободных аминокислот и снижения активности ингибиторов трипсина в съедобных грибах (лисичках настоящих и опятах осенних).

Грибы, вакуумно-импульсная сушка, аминокислоты, ингибиторы трипсина.

В настоящее время отмечается дефицит потребления белка у разных групп населения, что приводит к снижению работоспособности, нарушению обмена веществ и возникновению ряда заболеваний. Важную роль в удовлетворении потребностей человека в белке могут сыграть протеины грибов.

Грибы относят к растительным продуктам с относительно высоким содержанием белка, который занимает до 40 % сухого вещества. Однако до настоящего времени не существует единого мнения о полноценности и усвояемости грибных белков. Признавая в грибах большое содержание белковых веществ, нельзя не учитывать высокое содержание в них пищевых волокон и хитина. Определенным доказательством сложности усвоения грибного белка организмом человека можно считать также то, что степень извлекаемости белка различными растворителями в зависимости от вида грибов находится на уровне 35–60 % [1].

Биологическая ценность пищевых продуктов определяется показателем качества белка, который отражает степень соответствия его аминокислотного состава потребностям организма в аминокислотах для синтеза белка. В гидролизатах грибного белка обнаруживается до 22 аминокислот. Незаменимые аминокислоты составляют в грибах 33–44 % от общей суммы аминокислот. Причем их количество растет прямо пропорционально увеличению содержания белковых веществ [2]. Наряду с выполнением биологической функции некоторые аминокислоты вносят большой вклад во вкусоароматические свойства грибов [3, 4].

Также известно, что в состав грибов входят антипитательные вещества, способные избирательно снижать усвоение отдельных нутриентов. Это прежде всего антиферменты, или ингибиторы протеиназ, которые блокируют активность ферментов желудочно-кишечного тракта и снижают усвоение белковых веществ [5, 6]. К ним относятся ингибиторы трипсина, способные образовывать неактивные комплексы с ферментами, расщепляющими белки в организме человека; при этом ферменты теряют каталитическую активность. Поэтому длительное употребление человеком такой пищи приводит к гипертрофии поджелудочной железы и, как следствие, к замедлению роста. Таким

образом, высокое содержание ингибиторов протеиназ существенно снижает питательную ценность белков и оказывают на организм отрицательное воздействие [6].

Согласно исследованиям [7] содержания ингибиторов трипсина в 55 видах съедобных грибов, активность ингибиторов трипсина находится в пределах 0,36–10,42 мг/г сухого веса.

Л.А. Гзогян показано, что плодовые тела 18 различных видов базидиальных грибов Краснодарского края содержат эти ферменты, за исключением трутовика (*Coriolus versicolor* (Fr.) Karst.) и ежовика (*Hericium erinaceus* (Fr.) Quel). Наиболее высокий уровень активности трипсиноподобных протеиназ был обнаружен в плодовых телах подберезовика (*Leccinum melanum* (Fr.) Karst.) (5,3 мг/г), белых грибов (*Boletus edulis*) (3,7 мг/г) и лисичек настоящих (*Cantharellus cibarius* Fr.) (3,6 мг/г), опят осенних (*Armillariella mellea* (Fr.) Karst.) (2 мг/г) [5].

Исследования В.И. Бакайтис и С.Н. Басалаевой семи видов дикорастущих грибов, произрастающих в Новосибирской области и Алтайском крае, показали более низкую активность ингибиторов трипсина, чем в грибах Краснодарского края. Так, наиболее высокая активность ингибиторов трипсина у белых грибов (*Boletus edulis*) (0,97–1,20 мг/г), средний уровень активности у опят осенних (*Armillariella mellea* (Fr.) Karst.), моховиков (*Boletus variegates*) и лисичек настоящих (*Cantharellus cibarius* Fr.) (0,67–0,44 мг/г), минимальный уровень активности ингибиторов трипсина у подгруздков белых (*Russula delica* Fr.) и груздей настоящих (*Lactarius resimus* (Fr.) Fr.) (0,35–0,39 мг/г) [8].

Следует отметить, что ингибиторы трипсина обладают достаточно высокой стойкостью к инактивации. Из данных литературы следует, что в результате тепловой обработки растений в ряде случаев происходит частичное разрушение ингибитора трипсина [6, 9, 10]. Например, после обработки водного экстракта сои, содержащего ингибиторы трипсина, в течение часа при 120 °С их активность уменьшается на 30–35 % [11]. Эффективность термообработки увеличивает предварительное замачивание [12], а также микронизация [13].

Исследования, проведенные нами ранее, показали применимость метода вакуумно-импульсной сушки для повышения пищевой ценности лисичек настоящих (*Cantharellus cibarius Fr.*) за счет автогидролиза биополимеров грибных тел и увеличения скорости набухания в горячей воде [14].

Цель данного исследования состоит в проверке пригодности вакуумно-импульсного метода для повышения качества белка съедобных грибов, а также в изучении влияния вакуумно-импульсной обработки на активность ингибиторов трипсина в грибах.

В качестве объектов исследования нами были выбраны одни из самых распространенных благородных дикорастущих грибов третьей категории: лисички настоящие и опята осенние (*Armillariella mellea (Fr.) Karst.*). К тому же известно, что именно эти виды грибов содержат наименьшее количество белков среди основных заготавливаемых видов [15].

Разрезанные на кубики размером сторон 5–10 мм плодовые тела помещались в рабочую камеру сушилки и подвергались вакуумно-импульсной обработке с температурой сушки 55–65 °С. Обработку осуществляли понижением давления от атмосферного до 100 Па в течение 30 с, затем сбрасывали вакуум до атмосферного давления и выдерживали грибы в контакте с атмосферой в течение 100 с. Процесс последовательного вакуумирования и выдерживания грибов в контакте с атмосферой осуществлялся периодически 2–5 раз в зависимости от консистенции грибов, определяемой их возрастом, до постоянной массы.

В качестве контрольного образца использовали плодовые тела, высушенные при атмосферном давлении при температуре 55 °С до постоянной массы.

Определение массовой доли общего белка в образце грибов осуществлялось методом Дюма на экспресс-анализаторе Rapid N cube, концентрации аминокислот – методом ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе Agasus.

Активность ингибиторов трипсина (АИТ) определяли по методике, изложенной в «Методах биохимического исследования...» (1987) [16]. Применяли реактивы фирмы ISN-Biomedical (США), в частности, в качестве субстрата – БАПА (N^a -бензоил-DL-аргинин-п-нитроанилид) по методу Ю.Я. Гофмана и И.М. Вайсблая (1975) [17]. Используемый метод основан на спектрофотометрическом измерении величины оптической плотности продуктов распада белкового субстрата (БАПА) под действием трипсина при длине волны 405 нм. Сумму ингибиторов экстрагировали дистиллированной водой из воздушно-сухой муки грибов (влажность 6 %) в соотношении 1:50 в течение ночи в холодильнике. Муку получали путем измельчения сухих грибов и просеивания их через сито с диаметром ячейки 0,1 мм. В качестве буфера использовали 0,05 М трис-НСl-0,02 М CaCl₂. Определение величины АИТ

проводили при pH = 7,7; перед началом работы все растворы термостатировали при 25 °С в течение часа.

Таблица 1

Массовая доля общего белка в образцах грибов

Грибы	Массовая доля общего белка в образцах грибов, %	
	ВИС	контроль
Лисички настоящие	21,6	18,6
Опята осенние	31,0	29,2

Таблица 2

Результаты определения концентрации аминокислот в образцах

Наименование определяемой аминокислоты	Концентрация аминокислоты, мг/100 г сухого вещества			
	Лисички настоящие		Опята осенние	
	ВИС	контроль	ВИС	контроль
Аспарагиновая кислота	2890	2547	4575	4380
Треонин	495	466	1130	838
Серин	894	704	190	165
Глутаминовая кислота	3585	3240	3679	3501
Пролин + глицин	605	570	2715	2556
Аланин	285	283	2778	2634
Цистеин	1707	1238	2736	2566
Метионин	311	293	260	231
Изолейцин	966	916	1037	956
Лейцин	1848	1515	1223	1159
Тирозин	614	597	839	740
Фенилаланин	3273	2988	2335	2206
Гистидин	2213	1860	2427	2307
Лизин	399	307	2715	2365
Аргинин	1621	1230	2526	2334
Общее содержание аминокислот	21 706	18 754	31 165	28 938

Примечание. Значения достоверны при P = 95 %.

Как видно из табл. 1 и 2, в результате вакуумно-импульсной обработки увеличилось как общее количество белков, так и содержание отдельных аминокислот. Однако степень увеличения количества свободных аминокислот не одинакова. Так, например, в лисичках настоящих качественный состав свободных аминокислот меняется с разрушением глутаминовой кислоты, тирозина и фенилаланина и увеличением долей серина и цистеина. В опятах осенних уменьшилось относительное содержание аспарагиновой и глутаминовой кислот, а доли треонина и лизина увеличились.

Увеличение общего содержания аминокислот составило 15,7 % и 7,7 % для лисичек и опят соответственно. Изменение доли незаменимых аминокислот находится в пределах ошибки измерения (менее 1 %).

В табл. 3 приведены результаты расчета сбалансированности аминокислотного состава белка грибов в соответствии с эталоном ФАО (в расчетах

не участвовали валин и триптофан, так как их содержание не определяли).

Таблица 3

Аминокислотный скор грибного белка

Аминокислота	Аминокислотный скор грибного белка, %			
	Лисички настоящие		Опята осенние	
	ВИС	контроль	ВИС	контроль
Треонин	57	62	91	72
Метионин + цистеин	266	233	275	286
Изолейцин	111	122	83	83
Лейцин	122	115	56	57
Фенилаланин + тирозин	298	319	180	170
Лизин	33	30	158	149
Итого	887	881	843	816

Полученные данные свидетельствуют о том, что в лисичках лимитирующими аминокислотами являются лизин и треонин, а преобладающими фенилаланин + тирозин и метионин + цистеин. В опятах лимитирующими аминокислотами являются лейцин, изолейцин и треонин, а преобладающими метионин + цистеин. Следует отметить, что значимого изменения аминокислотного сора после вакуумно-импульсной обработки не произошло.

Таким образом, в результате вакуумно-импульсной обработки изменяется количественный и качественный состав грибного белка. Полученные данные можно объяснить тем, что в результате повышения активности воды за счет вакуумно-импульсной обработки происходит частичный гидролиз хитин-гликокановых комплексов и трудноусвояемых белков грибов. При этом образуются свободные аминокислоты.

Экспериментальные данные по определению трипсинингибирующей активности представлены в табл. 4.

Таблица 4

Активность ингибиторов трипсина в грибах

Грибы	АИТ, мг/г сухого веса		Степень деструкции ингибиторов трипсина в сравнении с контрольными образцами, %
	ВИС	контроль	
Лисички настоящие	0,45±0,03	0,77±0,05	41,6
Опята осенние	0,57±0,04	0,77±0,05	26,0

Эти данные свидетельствуют о снижении активности ингибиторов трипсина на 41,6 и 26,0 % в лисичках настоящих и опятах осенних соответственно.

Таким образом, вакуумно-импульсная обработка приводит к увеличению содержания свободных аминокислот и снижению активности ингибиторов трипсина в съедобных грибах. Возможно, это повысит питательную ценность грибов, однако

необходимо дополнительное изучение усвояемости продукта человеческим организмом.

Список литературы

1. Бакайтис, В.И. Управление качеством и ассортиментом грибной продукции / В.И. Бакайтис; Центросоюз РФ, Сиб. унив. потребительской кооперации. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. – 320 с.
2. Цапалова, И.Э. Дикорастущие съедобные грибы как источник белковых веществ / И.Э. Цапалова, В.И. Бакайтис // Известия вузов. Пищевая технология. – 2004. – № 1. – С. 64–65.
3. Экспертиза грибов: учеб.-справ. пособие / И.Э. Цапалова, В.И. Бакайтис, Н.П. Кутафьева, В.М. Позняковский. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та: Сиб. унив. изд-во, 2002. – 256 с.
4. Ribeiro, B. Comparative study on free amino acid composition of wild edible mushroom species / B. Ribeiro, P.B. Andrade, B.M. Silva, P. Baptista, R.M. Seabra, P. Valentao // Journal of agricultural and food chemistry. – 2008. – Vol. 56. – P. 10973–10979.
5. Гзогян, Л.А. Трипсиноподобные протеиназы и ингибиторы трипсина в плодовых телах высших грибов / Л.А. Гзогян, М.Т. Проскураков, Е.В. Иевлева, Т.А. Валуева // Прикладная биохимия и микробиология. – 2005. – Т. 41. – № 6. – С. 612–615.
6. Мосолов, В.В. Растительные белковые ингибиторы протеолитических ферментов / В.В. Мосолов, Т.А. Валуева. – М.: Наука, 1993. – 207 с.
7. Vetter, J. Trypsin inhibitor activity of basidiomycetous mushrooms / Janos Vetter // European Food Research and Technology. – 2000. – Т. 211. – № 5. – P. 346–348.
8. Бакайтис, В.И. Антиалиментарные вещества грибов и загрязнители химического и биологического происхождения / В.И. Бакайтис, С.Н. Басалаева, В.В. Соболев // Региональный рынок товаров и услуг: инновационные технологии и организация бизнеса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Хабаровск: Хабаровская государственная академия экономики и права, 2008. – С. 216–221.
9. Линер, И.Е. Переработка природного сырья с целью удаления токсических и вредных компонентов / И.Е. Линер // Химия и обеспечение человечества пищей / под ред. Г.Е. Заикова. – М.: Мир, 1986. – С. 415–427.
10. Покровский, А.А. Метаболические аспекты фармакологии и токсикологии пищи / А.А. Покровский. – М.: Медицина, 1979. – 184 с.
11. Раджабов, Л.Р. Содержание белка, масла и активность ингибитора трипсина в различных сортах сои / Л.Р. Раджабов, М. Нигмонов, В.А. Шибнев // Химия природных соединений. – 1980. – № 1. – С. 84–88.
12. Пат. RU 2105482, МПК⁶ А23В9/00. Способ производства консервов из сои. № 95120429/13; заявлено 01.12.1995; опубл. 27.02.1998. Бюл. № 8. – 3 с.
13. Коротеева, Е.А. Влияние микронизации и кулинарной обработки на активность ингибиторов трипсина в зернобобовых / Е.А. Коротеева, И.П. Березовикова, П.Е. Влощинский, О.В. Дорогина // Вопросы питания. – 2008. – Т. 77. – № 1. – С. 62–64.
14. Щеглова, И.В. Вакуумно-импульсная обработка грибов / И.В. Щеглова, А.Л. Верещагин // Продукты длительного хранения: консервированные, упакованные в вакууме, быстрозамороженные, сушеные. – 2008. – № 4. – С. 12–14.
15. Kalac, P. Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review / P. Kalac // Food Chemistry. – 2009. – Vol. 113. – № 1. – P. 9–16.

16. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. – Л., 1987. – 430 с.

17. Гофман, Ю.Я. Определение ингибитора трипсина в семенах гороха / Ю.Я. Гофман, И.М. Вайсблай

// Прикладная биохимия и микробиология. – 1975. – Т. 11. – № 5. – С. 777–783.

Бийский технологический институт (филиал)
ГОУ ВПО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»,
659305, Россия, Алтайский край, г. Бийск, ул. Трофимова, 27.
Тел./факс: (3854) 25-24-86

SUMMARY

I.V. Shcheglova, A.L. Vereshchagin

Influence of vacuum-pulse drying of mushrooms on amino acid composition and trypsin inhibiting activity

The possibility of applying the vacuum-pulse drying for increasing the content of free amino acids and reduction of the trypsin inhibitor activity in edible mushrooms (*Cantharellus cibarius* Fr., *Armillariella mellea* (Fr.) Karst.) is shown.

Mushrooms, vacuum-pulse drying, amino acids, trypsin inhibitor activity.

