



АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ПЛОДОВЫХ ТЕЛ РЯДА СЪЕДОБНЫХ ГРИБОВ

Л.В. Каниболоцкая, кандидат хим.наук, А.А. Федосеева, кандидат хим.наук, И.Д. Одарюк,
И.И. Полохина*, С.Д. Трискиба, А.Н. Шендрик, доктор хим.наук, профессор

Донецкий национальный университет, Донецк, Украина

*Донецкий институт социального образования, Донецк, Украина

Резюме. Досліджено антиоксидантно активність плодових тіл їстівних грибів (дикоростучих *Grifola frondosa*, *Morchella steppicola* і штучно культивованих *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus*). Вивчено розподіл речовин у масі плодових тіл, що мають антиоксидантні властивості. Виявлено найбільш ефективні способи обробки плодового тіла гриба для одержання екстрактів з найбільшою антиоксидантною активністю. Досліджувана група зразків є багатообіцяючою для майбутніх досліджень як джерело природних антиоксидантів і для їхнього використання в технологіях виробництва харчових продуктів з антиоксидантними властивостями.

Ключові слова: антиоксидантна властивість, їстівні гриби, сапротроф.

Summary. Antioxidant properties of mycothalluses of edible fungi series (growing wild *Grifola frondosa*, *Morchella steppicola* and artificial cultivated *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus*) have been investigated. The most effective treatment of mycothallus for the best antioxidant extracts receipt has been found. The antioxidant distribution in the mycothalluses has been studied. The investigation group of patterns is promising for the further researches as a source of natural antioxidants and for the use in the foodstuffs production technologies with antioxidant properties.

Key words: antioxidant properties, edible fungi, saprotroph.

Культивирование съедобных и лечебных макромицетов на разнообразных остатках сельскохозяйственного сырья является экономически выгодным и находит все большее распространение как путь получения экологически чистых, физиологически функциональных пищевых продуктов, а также оздоровительных и лечебно-профилактических препаратов на основе природных биологически активных веществ различной химической природы.

В последние десятилетия доказана высокая биологическая ценность грибов как пищевого продукта, содержащего уникальный комплекс питательных и лекарственных веществ. Съедобные грибы, которые выращивают на растительных остатках (вешенка, шампиньон и др.), содержат более 35% белков, все незаменимые аминокислоты, ненасыщенные жирные кислоты, витамины, важнейшие макро- и микроэлементы. Особенно богаты грибы лизином, триптофаном и треонином, которых мало в растениях, а также железом и кобальтом. Грибы являются источником витаминов С, D, E, группы В, содержат антиоксидантный комплекс, основные компоненты которого — полифенольные соединения и ряд других биологически активных веществ. Грибы ценятся как диетический продукт, поскольку они низкокалорийны,

в них отсутствует холестерин. Во многих странах (Япония, Китай, Корея, США, Канада, Франция и др.) культивируемые съедобные грибы используются не только как продукты питания, но и как ценное сырье для производства лечебно-профилактических и лекарственных веществ с широким спектром действия [1].

В настоящее время установлено, что вещества, продуцируемые многими видами культивируемых грибов, способны повышать иммунитет к вирусным заболеваниям, радиорезистентность организма, снижать вредное воздействие лучевой физиотерапии. Так, препараты, полученные из грибов шиитакэ, укрепляют сердечную мышцу, снижают уровень холестерина в крови. Грибы проявляют онкостатическое, антисклеротическое, антиоксидантное действия. Учитывая это, исследование физиологической активности различных видов съедобных грибов (в том числе и искусственно культивируемых), которые по современным данным имеют иммуностимулирующее, противоопухолевое, антивирусное и адаптогенное действие, заслуживает особого внимания. Ряд авторов [2] указывают на то, что в грибах содержатся вещества, способные в малых концентрациях вызывать торможение свободнорадикальных реакций окисления органических субстратов, что

важно для профилактики многих патологических состояний, обусловленных активацией перекисного окисления липидов. В то же время проводимые в этой области исследования нельзя назвать полными, поскольку ряд вопросов по-прежнему остаётся невыясненным. В частности, отсутствуют данные о том, какое влияние на антиоксидантную активность может оказывать кулинарная обработка плодовых тел грибов и условия их хранения.

В связи с вышесказанным целью данного исследования — определение антиоксидантной активности ряда пищевых грибов, обработанных различными методами (отваренных, высушенных, замороженных).

В качестве объектов исследования использовали плодовые тела дикорастущих съедобных грибов *Grifola frondosa*, *Morchella steppicola*, собранных на территории НПП "Святые Горы" в Донецкой области [3], а также искусственно культивированных *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus* (как сырые, так и подвергнутые кулинарной обработке). Лекарственный гриб *Grifola frondosa* (Dicks: FR.) S.F.Gray (грифола курчавая, маитаке) принадлежит к семейству *Polyporaceae*, порядку *Poriales*, классу *Basidiomycetes*. Как редкий вид *Grifola frondosa* занесена в Красную книгу Украины и России [4, 5]. Известны лечебные свойства этого гриба: из данного базидиомицета получен препарат грифолан с выраженным противобактериальным, противоопухолевым, иммуностимулирующим, противогрибковым действием [6]. *Morchella steppicola* (сморчок степной) принадлежит к семейству *Morchellaceae*, порядку *Pezizales*, классу *Ascomycetes*, это гумусовый сапротроф, съедобный гриб, занесенный в Красную книгу Украины и России. *Pleurotus ostreatus* (вешенка) принадлежит к семейству *Pleurotaceae*, порядку *Agaricales*, классу *Basidiomycetes*, сапротроф на древесине. Съедобный гриб, искусственно культивируемый, широко используемый в пищу, обладает противовоспалительной активностью. *Agaricus bisporus* (шампиньон) принадлежит к семейству *Agaricaceae*, порядку *Agaricales*, классу *Basidiomycetes*, почвенный сапротроф. Отметим, что вешенка и шампиньон являются широко распространенным компонентом пищевого рациона населения Украины. Преимуществами искусственно культивируемых грибов перед дикорастущими, прежде всего, является: отсутствие загрязнителей (солей тяжелых металлов, канцерогенов) в плодовом теле гриба; высокая урожайность, не зависящая от сезона; высокая пищевая ценность.

Плодовое тело в каждом случае было разделено на шляпочную часть и ножку, которые изучали после высушивания, замораживания-оттаивания и тепловой обработки. Хранение образцов во время эксперимента осуществлялось в холодильной камере при температуре +4°C (время хранения не

более 48 часов). Высушивание плодовых тел грибов до постоянной массы проводили при комнатной температуре в затемненном помещении. Замораживание осуществляли в морозильной камере при температуре -36°C в течение 60 суток. Термическая обработка осуществлялась кипячением грибного сырья в бидистиллированной воде в течение 20 минут.

Перед опытом 3 грамма образца измельчали, затем экстрагировали 25 мл бидистиллированной воды при температуре 50–60°C в течение 3 часов [7]. Для тестирования антиоксидантных свойств использовали 0.2 мл экстракта, которые добавляли в окисляющуюся кислородом воздуха смесь следующего состава: 2 мл 1% водного раствора Твин-80 (полиоксиэтиленсорбитанмоноолеат), 0.2 мл $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствора соли двухвалентного железа ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 0.2 мл $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л водного раствора аскорбиновой кислоты [8]. В контрольный раствор вместо испытуемого субстрата вносили 0.2 мл дистиллированной воды. Образцы помещались в термостатируемый шкаф (температура 37°C). По прошествии 48 часов проводили фотоколориметрическое определение продуктов окисления в контрольных и опытных пробах. Данная система моделирует процессы перекисидации липидов [9]. Снижение концентрации продуктов окисления в опытных пробах по сравнению с контрольными свидетельствует об антиоксидантной активности испытуемого субстрата.

АОА водных экстрактов образцов гриба оценивали по интенсивности торможения накопления продуктов перекисного окисления, которые реагируют с 2-тиобарбитуровой кислотой [10]. АОА рассчитывали по формуле:

$$\text{АОА} = \frac{D_k - D_{\text{оп}}}{D_k};$$

где D_k , $D_{\text{оп}}$ — оптическая плотность в контрольных и тест-образцах соответственно.

Статистическая обработка результатов проводилась по стандартной схеме с использованием критерия Стьюдента (доверительная вероятность 0,95).

Показано, что исследованные экстракты разных частей плодовых тел проявляют различную антиоксидантную активность (табл. 1).

Исследованные нами образцы (*G. frondosa*, *P. ostreatus*, *A. bisporus*, *M. Stipicola*) относятся к различным семействам макромицетов, кроме того они отличаются средой обитания, поэтому не ожидалось увидеть одинаковой динамики изменения АОА при окислении Твина-80. Действительно, исследованные экстракты разных частей плодовых тел проявляют различное ингибирующее действие при окислении Твина-80. Антиоксидант-

Таблица 1

Ингибирующая активность плодовых тел макромицетов при окислении Твина-80

Метод обработки сырья		Антиоксидантная активность плодовых тел (%)			
		<i>Grifola frondosa</i>	<i>Pleurotus ostreatus</i>	<i>Agaricus bisporus</i>	<i>Morchella steppicola</i>
Шляпка	сырая	18±1	49±2	49±5	22±1
	сухая	26±1	61±3	—	44±2
	мороженая	19±1	40±2	не проявляет	23±2
	вареная	34±1	14±1	31±3	13±1
Ножка	сырая	19±1	35±2	36±4	не проявляет
	сухая	49±2	48±2	—	
	мороженая	19±1	21±1	не проявляет	
	вареная	52±2	16±1	29±1	

ная активность макромицетов в некоторых случаях весьма значительна (61% шляпка сухая *P. ostreatus*), в то же время ряд исследованных образцов вовсе не проявили антиоксидантных свойств (ножка *M. stippicola* как сырая, так и после всех видов обработки).

Как видно из таблицы, высушивание грибов во всех случаях приводит к повышению антиоксидантной активности образцов, что связано с концентрированием активных веществ при высушивании. Замораживание оказывает меньшее действие на АОА образцов. Так, в случае *G. frondosa* АОА активности замороженных образцов аналогична АОА сырых частей плодового тела. Следовательно, эти два широко распространенных способа хранения сырья не оказывают отрицательного воздействия на антиоксидантную активность грибов.

Еще одной важной закономерностью является то, что исследованные нами факторы во всех случаях действуют на обе части плодового тела гриба (шляпку и ножку) сходным образом. То есть, если какой-либо вид обработки снижает АОА экстрактов шляпки, то обнаруживается также снижение АОА экстрактов ножки. Это, по-видимому, объясняется тем, что АОА ножки и шляпки плодового тела для каждого макромицета связана с присутствием одних и тех же веществ. Анализируя АОА различных частей грибов, можно отметить, что в случае *M. stippicola*, *A. bisporus* и *P. ostreatus* при всех способах обработки образцы шляпок прояв-

ляют большую антиоксидантную активность по сравнению с ножкой гриба. В то же время в случае *G. frondosa* при всех способах обработки образцы шляпки проявляют обычно меньшую антиоксидантную активность по сравнению с ножкой гриба. Возможно, это связано с физиологией поступления питательных веществ из древесного субстрата (дуб) в плодовое тело через ножку к шляпке. Гриб *G. frondosa* по способности разлагать компоненты древесины относится к лигнинаразрушающим или грибам белой гнили. Высокая физиологическая активность этого вида базидиомицетов, вероятнее всего, связана с участием компонентов этих грибов в нормализации процессов перекисного окисления липидов за счет накопления в плодовых телах соединений фенольного ряда, являющихся мономерными звеньями лигнина.

Этой особенностью можно объяснить и тот факт, что в случае *G. frondosa* степень ингибирования перекисного окисления Твина-80 повышается при тепловой обработке, в то время как АОА трех исследованных образцов *P. ostreatus*, *A. bisporus*, *M. steppicola* снижается. Поскольку в экстрактах помимо низкомолекулярных веществ, которые могут выступать ингибиторами или инициаторами окисления, имеются соединения, в том числе белковой природы, которые, не являясь антиоксидантами, могут значительно изменять их активность (синергисты, антагонисты), то полученные результаты могут указывать на инактив-

цию термической обработкой веществ как угнетающих, так и повышающих антиоксидантную активность образцов.

Отметим, что для *A. bisporus* и *P. ostreatus* — искусственно культивируемых базидиомицетов, относящихся к разным семействам грибов и различающихся средой обитания (*A. bisporus* произрастает на навозе (копрофил), *P. Ostreatus* — на древесине (лигноксилофит)), наблюдается схожесть в динамике изменения антиоксидантной активности. В целом, водные экстракты плодового тела *P. ostreatus* показали наиболее высокую АОА при

окислении Твина-80 в водной среде.

Таким образом, в ходе исследования было изучено распределение веществ, проявляющих антиоксидантные свойства в массе плодовых тел грибов. Выявлены наиболее эффективные способы обработки плодового тела грибов для получения экстрактов с наибольшей антиоксидантной активностью. Данная группа образцов является многообещающей для дальнейших исследований в качестве источника природных антиоксидантов и для использования в технологиях получения продуктов питания с антиоксидантными свойствами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бухало А.С. Базидіальні макроміцети з лікарськими властивостями / А.С. Бухало, Е.Ф. Соломко, Н.Ю. Митропольська // Укр. ботан. журн. –1996. –Т. 53, №3. –С. 192–201.
2. Капич А.Н. Антиоксидантные свойства дереворазрушающих базидиомицетов / А.Н. Капич, Л.Н. Шишкина // Микология и фитопатология. –1992. –Т. 26, №6. –С. 486–492.
3. Трискиба С.Д. Знахідка *Grifola frondosa* (Dicks: FR.) S.F.Gray на півночі Донецької області / С.Д. Трискиба, І.І. Полохіна, М.М. Сухомлин // Укр. ботан. журн. –2005. –Т. 62, №1. –С. 87–90.
4. Красная книга СССР. –М.: Лесная промышленность, 1984. –Т. 1. –460 с.
5. Червона книга України. Рослинний світ. –К.: Українська енцикл-я, 1996. –608 с.
6. Alice W. Chen. A Practical Guide for Synthetic-Log Cultivation of Medicinal Mushroom *Grifola frondosa* (Dicks: FR.) S.F.Gray (Maitake) / Alice W. Chen // International Journal of Medicinal Mushrooms. –1999. –Vol. 1, №2. –P. 153–167.
7. Ооржак У.С. Исследование влияния технологических факторов на процесс извлечения экстрактивных веществ из лиственной губки / У.С. Ооржак, В.М. Ушанова, С.М. Репях // Химия растительного сырья. –2003. –№1. –С. 69–72.
8. Определение антиокислительной активности химических соединений / С. Г. Благородов, А. П. Шепелев, Н. А. Дмитриева [и др.] // Хим.-фарм. журнал. –1987. –Т. 21, №3. –С. 292–296.
9. Кинетика поглощения кислорода и хемилюминесценции при окислении липидов в присутствии ионов Fe^{2+} / И.А. Опейда, А.Н. Шендрик, И.О. Качурин [и др.] // Кинетика и катализ. –1994. –Т. 35, №1. –С. 38–44.
10. Андреева Л.И. Модификация метода определения перекисей липидов в тесте с 2-тиобарбитуровой кислотой / Л.И. Андреева, Л.А. Кожемякин, А.А. Кишкун // Лабораторное дело. –1988. –№11. –С. 41–43.