



УДК 579.22.577.112.083

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАБОЛИТОВ ГЛИКОПРОТЕИНОВОЙ ПРИРОДЫ КСИЛОТРОФНОГО БАЗИДИОМИЦЕТА *Lentinus edodes* В УСЛОВИЯХ ГЛУБИННОГО И ПОВЕРХНОСТНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

А.А. Галицкая, Е.П. Ветчинкина*, В.Е. Никитина*,
В.Г. Бабицкая**, В.В. Щерба**, Т.А. Пучкова**

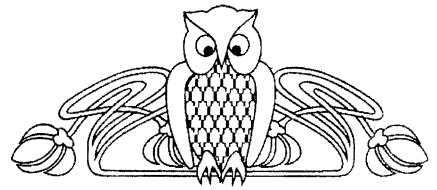
Саратовский государственный университет

* Учреждение Российской академии наук

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, Саратов

E-mail: elenavetrus@yandex.ru

** Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь



Установлено, что экзо- и эндогликополимеры гриба *L. edodes* являются гликопротеинами, по мономерному составу представляющие собой гетерогликаны с преобладающим мономером – глюкозой. Показано, что способ культивирования оказывает определенное влияние на строение образуемых грибом экзо- и эндогликопротеинов. Обнаружено, что углеводная часть экзо- и эндогликопротеинов представлена разветвленными гликанами, содержащими α - и β - гликозидные связи, основная цепь представлена гликанами с $C_1 \rightarrow C_3$, боковые цепи – гликанами с $C_1 \rightarrow C_4$ и $C_1 \rightarrow C_6$ гликозидными связями.

Ключевые слова: экзо- и эндогликопротеины, ксилотрофные базидиомицеты, *Lentinus edodes*, глубинное и поверхностное культивирование.

Characterization of Glycoproteinaceous Metabolites from the Xylotrophic Basidiomycete *Lentinus edodes* under Submerged and Surface Cultivation

A.A. Galitskaya, E.P. Vetchinkina, V.E. Nikitina, V.G. Babitskaya,
V.V. Shcherba, T.A. Puchkova

The exo- and endoglycopolymers of the fungus *L. edodes* were found to be glycoproteins that, by their monomeric composition, were heteroglycans with glucose as the predominant monomer. The structure of the exo- and endoglycoproteins formed by the fungus was found to depend to some extent on the cultivation method used. The carbohydrate moieties of the exo- and endoglycoproteins were represented by branched glycans containing α - and β -glycosidic links. The main chain was represented by glycans with the $C_1 \rightarrow C_3$ glycosidic links, and the sidechains contained glycans with the $C_1 \rightarrow C_4$ and $C_1 \rightarrow C_6$ glycosidic links.

Key words: exo- and endoglycoproteins, xylotrophic basidiomycetes, *Lentinus edodes*, submerged and surface cultivation.

Одной из приоритетных задач современной биотехнологии является поиск новых источников физиологически активных соединений с целью получения эффективных и безопасных продуктов. Лекарственные грибы представляют огромный потенциал в качестве источников биологически активных метаболитов углеводной, липидной, белковой природы, терпеноидов, стероидов, алкалои-

дов, фенольных соединений, витаминов, минеральных элементов [1].

Особое внимание уделяется лекарственному грибу *Lentinus edodes* (шиитакэ), который обладает антиоксидантными и противовирусными свойствами, является хорошим адаптогеном. Фармакологическая активность этого гриба подтверждается современными исследованиями, проведенными в Японии, Китае, США и Европе [2].

Уникальные свойства, полифункциональность гликополимеров, в том числе и лектинов, являющихся гликопротеинами, позволяют использовать их для создания диагностических и лечебно-профилактических препаратов [3]. Данные соединения дикариотического мицелия практически не изучены, в отличие от плодовых тел.

Целью работы явилось изучение метаболитов гликопротеиновой природы ксилотрофного базидиомицета *Lentinus edodes* при глубинном и твердофазном культивировании.

Материалы и методы исследований

Объекты исследований и условия культивирования. В работе использовали 25 штаммов гриба *Lentinus edodes* из коллекции высших базидиальных грибов лаборатории экспериментальной микологии Института микробиологии НАН Беларуси, а так же из коллекции высших базидиальных грибов кафедры микологии и альгологии МГУ.

Грибы выращивали в колбах Эрленмейера на качалке на среде с пивным суслом (4^0 по Баллингу), стационарное культивирование



проводили на той же среде без перемешивания. Количество инокулюма составляло 10%. Поверхностное культивирование осуществляли на чашках Петри с сусло-агаром. Температура культивирования была оптимальной для данного вида и составляла 26°C.

Методы экстракции. Фракцию **эндогликопротеинов** получали следующим способом: 100 мг гомогенизированного сухого мицелия экстрагировали в 5 мл 1М NaOH при 60°C в течение 1 ч [4], осадок отделяли центрифугированием (20 мин при 8000 об/мин.). В супернатанте определяли содержание гликопротеинов фенол-сернохлоридным методом [5]. Измерения вели на фотоэлектроколориметре при 490 нм.

Фракцию **экзогликопротеинов** получали в результате последующих операций: культуральную жидкость упаривали в 2–3 раза, гликопротеины осаждали этиловым спиртом (1:1) при температуре 4°C, осажденную фракцию отделяли центрифугированием и диализовали против воды, затем гликопротеины пересаждали спиртом и сушили при температуре 4°C [6].

Гельхроматографию гликопротеинов осуществляли на Sephadex G-75 в качестве элюента использовали 20 mM Tris-HCl, pH = 8,0, а также Toyopearl HW 65, элюент – 0.25% LiOH. Молекулярную массу определяли по калибровочной кривой, построенной по декстранам, имеющим молекулярную массу 20, 40, 70, 500 кДа «Fluka». Свободный объём колонки устанавливали по голубому декстрану 2000 кДа «Pharmacia».

ИК-спектры поглощения снимали на «Specord M-80» (Германия), **УФ-спектры** – на спектрофотометре «Shimadzu UV-2401PC».

Кинематическую вязкость (ν) 0.1% растворов гликополимеров определяли с помощью вискозиметра ВПЖ-4 с диаметром капилляра 0.82 мм при 25°C и рассчитывали по формуле $\nu = g \cdot t \cdot k / 9.807$, где t – время истечения; k – коэффициент вискозиметра – 0.0303; g – ускорение свободного падения – 9.807 м/с².

Белок в мицелии определяли по Лоури [7], в гликопротеинах – по Бредфорд [8].

Состав углеводов экзо- и эндополисахаридов (после предварительного гидролиза

их 7%-ной серной кислотой на кипящей водяной бане в течение 5ч) определяли методом ГЖХ в виде триметилсилильных (ТМС) производных сахаров. ТМС производные углеводов и метчиков, которыми служили ксилоза, манноза, галактоза, глюкоза, трегалоза, арабит и маннит («Sigma», США), получали по методу [9]. Хроматографию проводили на приборе «Chrom 5» (Чехия) с плазменно-ионизационным детектором, используя колонку из нержавеющей стали длиной 2,8 м, заполненную хроматоном N-AW-HMDS с 5% жидкой фазы SE-30, при программировании температуры в пределах от 140 до 280°C со скоростью 5° в минуту. Содержание каждого моносахарида рассчитывали как процент от суммы площадей пиков.

Химическую структуру фракций полисахаридов устанавливали с помощью метода периодатного окисления с последующим боргидридным восстановлением окисленных продуктов.

Окисление полисахаридов проводили в 0.015 М растворе периодата натрия при температуре 5–6°C в течение 7 суток. Через определённые промежутки времени отбирали аликвотные пробы растворов и измеряли расход периодата и количество выделившейся муравьиной кислоты. В этих же условиях проводили контрольный опыт. За расходом периодата следили по уменьшению поглощения иона периодата при 223 нм [10]. Количественное определение муравьиной кислоты проводили на хроматографе «Chrom 5» (Чехия) с пламенно-ионизационным детектором, используя колонку из нержавеющей стали длиной 2.8 м, заполненную носителем «Seracon SCN» в изотермическом режиме при температуре термостата 170°C, испарителя 200°C. В качестве внутреннего стандарта использовали 0.4% раствор пропанола.

Окисленные периодатом натрия растворы полисахаридов восстанавливали боргидридом натрия по [10, 11], затем гидролизовали в 1 н HCl в течение 6 ч при 100°C (мягкий гидролиз) и 0,5N H₂SO₄ в течение 6 ч при 100°C (жесткий гидролиз). Гидролизаты нейтрализовали, выпаривали досуха при 45°C, продукты гидролиза определяли методом ГЖХ в виде ТМС производных сахаров.



Поскольку существенных межштаммовых различий не наблюдалось, результаты исследований показаны на примере штаммов *L. edodes* 19 и 25.

Результаты исследований и их обсуждение

Растворимость эндо- и экзогликополимеров гриба *L. edodes*. При культивировании на жидких питательных средах (глубинном и стационарном) и при поверхностном культивировании гриб *L. edodes* продуцирует эндогликополимеры и выделяет в среду внеклеточные гликополимеры.

Исследование растворимости показало, что эндо- и экзогликополимеры гриба независимо от способа культивирования полностью растворяются в воде при нагревании до 80–90°C, а также в слабых растворах неорганических и органических кислот, растворах щелочей и диметилсульфоксиде, но не растворяются в органических растворителях: спиртах, ацетоне, хлороформе.

Определение вязкости гликополимеров *L. edodes*. Важной характеристикой гликополимеров является вязкость. Растворы гликополимеров *L. edodes* имели больший показатель кинематической вязкости (от 0.99 до 1.85 мм²/с), чем таковой воды (0.89 мм²/с). Отличие по данному показателю между эндогликополимерами глубинного и стационарного мицелия незначительно (1.02 и 0.99 мм²/с). Аналогичная закономерность наблюдается и в случае экзогликополимеров (1.78 и 1.85 мм²/с). Как при глубинном, так и стационарном культивировании кинематическая вязкость экзогликополимеров больше таковой эндогликополимеров. Показатель кинематической вязкости гликополимеров, синтезируемых грибом при твердофазном культивировании,

имеет промежуточное значение (1.39 мм²/с) между показателем экзо- и эндогликополимеров.

Угол вращения гликополимеров *L. edodes*. Удельное вращение плоскости поляризации 0.1% растворов экзогликополимеров *L. edodes* составило $[\alpha]_D^{20} +84^\circ$, эндогликополимеров $[\alpha]_D^{20} - 18^\circ$.

Фракционирование и молекулярная масса эндо- и экзогликополимеров гриба *L. edodes*. Нами было установлено присутствие белка в растворах гликополимеров в количестве 2–9% от веса гликана. Как при глубинном, так и стационарном культивировании содержание белка больше в экзогликополимерах. Наибольшее количество белка отмечено в растворах гликополимеров, образуемых при стационарном культивировании.

При гельфильтрации на Toyopearl HW 65 экзо- и эндогликополимеры гриба разделялись на две фракции: высокомолекулярную ($M_r \geq 1000$ кДа) и низкомолекулярную – 70 кДа и менее. В экзо- и эндогликополимерах, образуемых при стационарном культивировании, преобладают высокомолекулярные фракции, при глубинном культивировании – низкомолекулярные фракции. Эндогликополимеры, образуемые грибом при твердофазном культивировании, элюируются с колонки двумя пиками приблизительно равной площади.

Определение углеводного и аминокислотного состава экзо- и эндогликопротеинов. Образуемые при разных условиях культивирования гликополимеры *L. edodes* незначительно отличаются по качественному мономерному составу и являются гетерогликанами с преобладающим мономером глюкозой: 55–96% (табл. 1).

Таблица 1

Углеводный состав гликополимеров, образуемых *L. edodes* при различных типах культивирования

Тип культивирования и фракция гликополимеров	Мономеры, %							
	Ксилоза		Манноза		Галактоза		Глюкоза	
	штамм 19	штамм 25	штамм 19	штамм 25	штамм 19	штамм 25	штамм 19	штамм 25
Стационарное культивирование	–	–	5.9	7.2	4.5	5.8	89.6	87.0
	8.3	4.5	29.7	30.5	7.3	6.5	54.7	58.5
Глубинное культивирование	–	–	15.0	8.2	10.6	10.5	74.4	81.3
	–	–	4.5	7.0	–	–	95.5	91.0
Поверхностное культивирование	–	–	6.7	7.5	14.3	12.5	79.0	80.0



Маннозы больше всего отмечено в эндогликополимерах, образуемых при стационарном и глубинном культивировании гриба, галактозы – в эндогликополимерах, образуемых при глубинном и поверхностном культивировании. Минимальное количество глюкозы установлено в экзогликополимерах при стационарном выращивании обоих штаммов (54.7 и 58.5%).

Все мицелиальные экстракты исследованных нами штаммов *L. edodes* проявляли в той или иной степени лектиновую активность.

Методом гель-фильтрации на Sephadex G-75 нами были выделены внутриклеточные лектины *L. edodes* штамма F-249, обладающего очень высокой лектиновой активностью. Для сравнения лектины выделяли из разных морфоструктур, образующихся в процессе развития гриба. Установили, что данные лектины являются гликопротеинами, однако они различаются по содержанию углеводов (табл. 2). Углеводная часть в них составляет 3.3% (непигментированный мицелий), 18.1% (коричневая мицелиальная пленка) и 19.8 % (плодовое тело).

Таблица 2

Состав углеводной части лектинов *L. edodes*

Лектины	Сахара, % от суммы					Сахара, % от сухой массы лектинов
	Манноза	Галактоза	Глюкоза	Инозит	Итого	
Белый мицелий	–	17.36	25.00	57.64	100.0	3.29
Коричневая мицелиальная пленка	12.50	–	45.83	41.67	100.0	18.06
Плодовые тела	–	12.50	79.16	8.34	100.0	19.83

В составе гликополимеров гриба, выращенного глубинным способом, установлено наличие белка – до 9% (табл. 3). В экзогликопротеинах содержалось 8.7 и 9.2% белка, в эндогликопротеинах – 5.5 и 6.4% (соответственно штаммы 19 и 25). Анализ аминокислотного состава гидролизатов гликопротеинов показал наличие в них 17 аминокислот. Сумма их в гликопротеинах составила 55.62 и 64.89 мг/г (эндогликопротеины), 86.9 и 92.3 мг/г (экзогликопротеины). Самое низкое со-

держание белка (2.0 и 3.5%) отмечено в гликопротеинах, выделенных из поверхностно выращенного мицелия. В гидролизатах содержалось также 17 аминокислот (табл. 4).

Таблица 3

Аминокислотный состав гликопротеинов глубинной культуры *L. edodes*

Аминокислота, мг/г	Эндогликопротеины		Экзогликопротеины	
	штамм 19	штамм 25	штамм 19	штамм 25
Лиз	2.95	3.45	2.81	2.45
Гис	0.62	1.52	1.37	1.67
Арг	3.71	3.43	1.73	2.32
Асп	6.20	8.17	8.57	10.20
Тре	3.82	4.18	7.90	8.52
Сер	4.15	5.42	8.23	7.63
Глу	9.24	9.70	10.83	12.30
Про	2.56	2.13	3.48	4.55
Гли	2.58	3.65	6.34	6.01
Ала	3.61	4.50	5.39	6.11
Цис	2.61	2.34	3.00	5.40
Вал	2.78	4.32	4.43	5.38
Мет	1.78	1.65	1.51	1.92
Иле	1.66	2.30	3.48	3.67
Лей	3.93	4.28	7.01	7.28
Тир	1.32	1.10	6.55	2.79
Фен	2.10	2.75	4.27	4.10
Всего	55.62	64.89	86.9	92.3

Таблица 4

Аминокислотный состав гликопротеинов гриба *L. edodes*, выращенного поверхностным способом

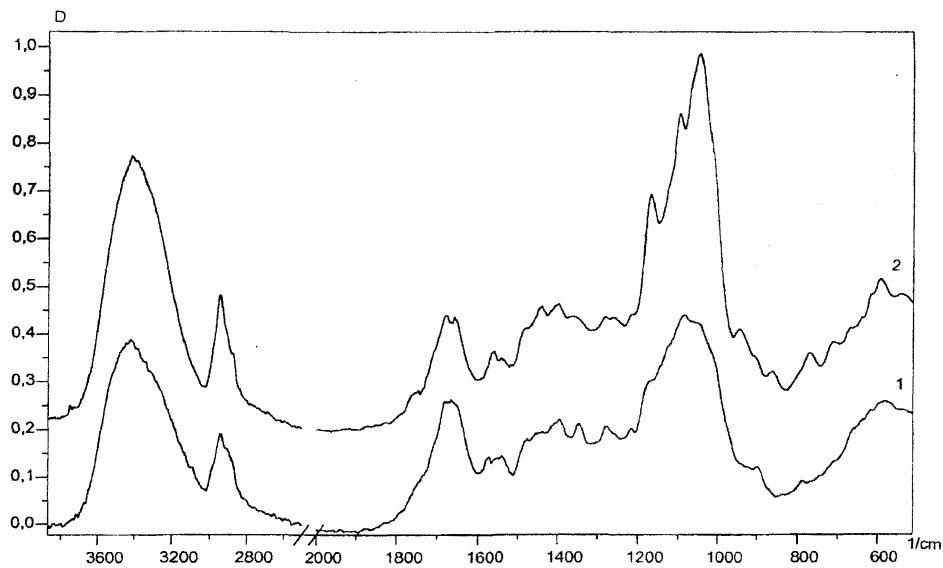
Аминокислота, мг/г	Эндогликопротеины	
	штамм 19	штамм 25
Лиз	2.64	1.78
Гис	1.23	0.28
Арг	2.12	2.15
Асп	1.47	3.79
Тре	1.50	0.60
Сер	1.32	1.39
Глу	3.72	2.09
Про	2.00	1.22
Гли	2.26	1.53
Ала	3.10	1.34
Цис	1.61	0.76
Вал	2.90	1.10
Мет	1.15	0.18
Иле	2.55	0.66
Лей	1.93	1.13
Тир	2.25	0.31
Фен	1.30	0.44
Всего	35.11	20.75



Белковая часть выделенных лектинов *L. edodes* штамма F-249 составляет – 96.7% (непигментированный мицелий), 81.9% (коричневая мицелиальная пленка) и 80.2% (плодовое тело). В составе белка 17 аминокислот: асп, тре, сер, глут, про, гли, ала, вал, мет, иле, лей, тир, фен, гис, лиз, арг, три и следовые количества цистина. В больших количествах присутствует сер (7.5%), гли (10%), тре (13%), про и вал (7.3 и 7.5%).

ИК-спектроскопия препаратов гликопротеинов. Определение структуры и конфигурации экзо- и эндогликопротеинов.

Для определения строения гликопротеинов анализировали их ИК-спектры. Исследованы гликопротеины, выделенные из глубинного мицелия и культуральной жидкости. На рисунке представлены ИК-спектры эндо- и экзогликопротеинов гриба *L. edodes* 19.



ИК-спектры экзо- (1) и эндогликопротеинов (2), выделенных из глубинного мицелия и КЖ гриба *L. edodes* 19

Наиболее сильные полосы находятся в области 3400 см^{-1} . Их следует рассматривать как проявление валентных колебаний —OH -групп. В обоих образцах OH -группы включены в меж- и внутримолекулярные водородные связи, о чём свидетельствует смещение максимума в область меньших волновых чисел относительно максимума поглощения свободного гидроксила (3615 см^{-1}). Полоса 2940 см^{-1} с плечом в коротковолновой области говорит о проявлении колебаний CH_2 -групп.

Полосу 1550 см^{-1} , присутствовавшую в ИК-спектрах обоих образцов, можно однозначно отнести к колебаниям =NH -групп. Степень аминирования в эндогликопротеине (образец 2) выше, чем в экзогликопротеине (1). Полоса поглощения при 1550 см^{-1} является подтверждением того, что оба гликопротеина содержат азот (белок) и относятся к пептидогликанам.

Наличие полосы при 1415 см^{-1} (симметричные колебания групп —COOH) указывает на кислый характер обоих полисахаридов.

Самой главной областью является $1200\text{—}800\text{ см}^{-1}$ – область «отпечатков пальцев углеводов». В обоих образцах присутствовали полосы, свойственные деформационным колебаниям —C—C— , —C—O— , CH— и OH— групп. В ИК-спектре эндогликопротеина (2) присутствует интенсивная полоса в области 1150 см^{-1} , которая обусловлена колебанием связи —C—O— при втором углеродном атоме кольца ($\text{C}_2\text{—O—}$).

Для образца 1 (экзогликопротеин) наиболее интенсивной полосой в области $1200\text{—}800\text{ см}^{-1}$ является пик $1070\text{—}1075\text{ см}^{-1}$, что присуще таким биополимерам как хитин и хитозан. Для образца 2 наиболее сильная полоса в этом диапазоне – 1020 см^{-1} , характеризующая присутствие остатков уроновых кислот. В аномерном регионе ($800\text{—}900\text{ см}^{-1}$)



присутствуют полосы, характеризующие тип и направление связей. Полосы $940\text{--}945\text{ см}^{-1}$ и $850\text{--}860\text{ см}^{-1}$ в спектре эндогликопротеина (2) однозначно указывает на α -аномерный тип связи. Плечо при $890\text{--}900\text{ см}^{-1}$ говорит и о наличии в этом образце β -связей. Следовательно, можно считать, что в образце 2 одновременно присутствуют и α -(1 \rightarrow 4) и β -(1 \rightarrow 3)-связи. В спектре экзогликопротеина (1) присутствует только полоса $890\text{--}900\text{ см}^{-1}$, однозначно указывающая на β -тип связи β -(1 \rightarrow 3).

На основании проведенных исследований можно считать, что эндо- и экзогликопротеины, синтезируемые грибом *L. edodes* 19, являются пептидогликанами. Экзогликопротеин – глюкан с β -(1 \rightarrow 3)-связью. Эндогликопротеин – смесь глюканов с α -(1 \rightarrow 4) и β -(1 \rightarrow 3)-связями.

Аналогичные ИК-спектры имеют гликопротеины *L. edodes* 25.

Таким образом, ИК-спектры экзо- и эндогликопротеинов гриба обнаружили большое сходство между собой. Эндогликопротеин *L. edodes* – гликан с α - и β -типом гликозидных связей, в экзогликопротеине присутствует только β -гликозидная связь.

Как следует из данных табл. 5, при периодатном окислении с последующим боргидридным восстановлением гликопротеинов потребляется периодат натрия и образуется муравьиная кислота, а продуктами гидролиза восстановленных гликопротеинов являлись глицерин, эритрит и непрогидролизованый остаток гликопротеинов. При проведении жесткого гидролиза гликопротеинов основным компонентом гидролизатов являлась интактная глюкоза, что указывает на наличие (1 \rightarrow 3)-связи в основной цепи полимеров. Наличие в продуктах гидролиза эритрита указывает на присутствие (1 \rightarrow 4)-связей, а образование глицерина и муравьиной кислоты при окислении – (1 \rightarrow 6)-связей.

Таблица 5

Результат периодатного окисления полисахаридов *L. edodes*

Фракции полисахаридов	Расход периодата, моль/моль ангидрогексоз	Образование формиата, моль/моль ангидрогексоз	Продукты гидролиза	Тип связи в боковых цепях
<i>L. edodes</i> 19				
Экзогликопротеин	1.7	0.9	эритрит	1-4
Эндогликопротеин	0.4	0.1	глицерин, эритрит	1-4; 1-6*
<i>L. edodes</i> 25				
Экзогликопротеин	1.5	0.6	эритрит	1-4
Эндогликопротеин	0.2	0.2	глицерин, эритрит	1-4; 1-6*

Примечание: * – незначительное количество.

Таким образом установлено, что гликопротеины *L. edodes* являются разветвленными структурами. Боковые цепи эндогликопротеинов содержат преимущественно $C_1\text{--}C_4$ гликозидные связи и небольшое количество $C_1\text{--}C_6$ связей, а экзогликопротеины содержат только $C_1\text{--}C_4$ связи в боковых цепях молекул гликанов. Изучение абсолютной конфигурации моносахаридов, входящих в состав гликопротеинов гриба, показало, что все они относятся к D-ряду (D- глюкоза, D- манноза и D- галактоза).

Экзо- и эндогликополимеры гриба являются гликопротеинами с содержанием белка от 2.0 до 9.2% и с преобладающим мономером

глюкозой. Показано, что способ культивирования оказывает определенное влияние на строение образуемых *L. edodes* экзо- и эндогликопротеинов.

На основании исследования структуры гликопротеинов с использованием ИК-спектроскопии и деградации по Смитсу установлено, что углеводная часть экзо- и эндогликопротеинов представлена разветвленными гликанами, содержащими α - и β -гликозидные связи, основная цепь представлена гликанами с $C_1\rightarrow C_3$, боковые цепи – гликанами с $C_1\rightarrow C_4$ и $C_1\rightarrow C_6$ гликозидными связями.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 06-04-81042 Бел_а).



Библиографический список

1. Ву Т. Благоприятные лечебные эффекты экзотических съедобных грибов // Бюл. МАГ. 1996. С.12–17.
2. Bender S., Lonergan G.T., Backhaus J., Cross R.F., Dumitrac-Anghel C.N. The antibiotic activity of the edible and medicinal mushroom *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. // Intern. J. Medicinal Mushrooms. 2001. Vol.3. P.118.
3. Белова Н.В. Перспективы использования биологически активных соединений высших базидиомитетов в России // Микол. и фитопатол. 2004. Т.38, вып.2. С.1–7.
4. Tang Y.J., Zhong J.J. Fed-batch fermentation of *Ganoderma lucidum* for hyperproduction of polysaccharide and ganoderic acid // Enzyme and Microbial Technology. 2002. Vol. 31. P.20–28.
5. Грушенко М.М. Совместное использование фенол-серникоксидного и толуидинового способов определения сахаров как метод изучения углеводного состава лигноуглеводного комплекса // Лигноуглеводные комплексы древесины. Рига, 1978. С.32–35.
6. Babitskaya V.G., Scherba V.V., Mitropolskaya N.Y. Exopolysaccharides of some medicinal mushrooms: production and composition // Intern. J. Medicinal Mushrooms. 2000. Vol.2. P.51–54.
7. Lowry O.M. Protein measurement with the Folin phenol reagent // J. Biol. Chem. 1951. №193. P.265–275.
8. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Anal. Biochem. 1976. Vol.72, №1–2. P.248–254.
9. Бробст К.М. Методы исследования углеводов / Под ред. А.Я. Хорлина. М., 1975. 445 с.
10. Gutiérrez A., Prieto A., Martínez A.T. Structural characterization of extracellular polysaccharides produced by fungi from the genus *Pleurotus* // Carbohydrate Research. 1996. Vol.281. P.143–154.
11. Mizuno T. The extraction and development of antitumour-active polysaccharides from medicinal mushrooms // Intern. J. Medicinal Mushrooms. 1999. Vol.1, №1. P.9–29.

УДК 577. 124

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПО СОДЕРЖАНИЮ ЛЕКТИНА

Н.И. Старичкова, Е.В. Надкерничная*, Л.И. Крапивина**,
Н.В. Безверхова, Л.П. Антонюк**

Саратовский государственный университет

E-mail: biofak@sgu.ru

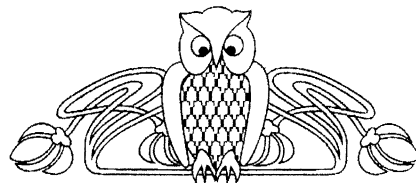
*Институт сельскохозяйственной микробиологии Украинской академии аграрных наук

E-mail: yugb@rambler.ru

**Учреждение Российской академии наук

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН

E-mail: Ant306@ibppm.sgu.ru



Для получения более полных сведений о функциях лектина пшеницы (агглютинина зародышей, АЗП) актуальным стало выявление сортов, резко контрастных по содержанию данного белка. С этой целью была оценена сортовая вариабельность АЗП в семенах 33 сортов яровой пшеницы, выведенной в двух разных селекционных центрах: Саратовском и Харьковском. Кроме того, оценивали модификационную изменчивость пластичного сорта Саратовская 29. Установлено, что наибольшая вариабельность по содержанию лектина характерна для сортов мягкой пшеницы саратовской селекции. Так как у вегетирующих растений АЗП принимает участие в адаптации к стрессам и взаимодействует с корневой микрофлорой, предполагается, что высокая сортовая вариабельность признака у саратовских пшениц связана с более континентальным климатом, в котором велась селекция.

Ключевые слова: пшеница, лектин, агглютинин зародышей пшеницы, изменчивость.

Estimation of Perspective Varieties of Spring Wheat on the Lectin Content

N.I. Starichkova, E.V. Nadkernichnaya, L.I. Krapivina,
N.V. Bezverkhova, L.P. Antonyuk

For field experiments in an effort to elucidate functions of the wheat lectin (wheat germ agglutinin, WGA), the establishment of varieties sharply contrasting in the lectin content is very important. As the starting point for solution of this problem we studied the WGA vari-

ability in the seeds of 33 spring wheat varieties obtained in two different breeding centers: Saratov's and Kharkov's those. The variability in response to environment for Saratovskaya 29 was also estimated. It was found that the maximal variability in the WGA seed content is intrinsic to varieties of soft wheat originated from Saratov's breeding center. WGA is known to involve in the wheat adaptation to stresses and to interact with root microflora; taking into account this fact we propose that the high variability of wheats from Saratov region is associated with more continental climate in which the breeding of the tested varieties was performed.

Key words: wheat, lectin, wheat germ agglutinin, variability.

Пшеница занимает самые большие посевные площади в мировом земледелии. Неудивительно, что эта культура вызывает большой интерес исследователей; по пшеницам накоплен обширный массив экспериментальных данных, в том числе и по белкам зерновки [1–5]. Тем не менее многие вопросы остаются до сих пор неисследованными; в частности, пока не получены строгие доказательства функций одного из белков – агглютинина зародышей пшеницы (АЗП).