



АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД ПРОДУКТІВ БІОКОНВЕРСІЇ ШРОТУ НАСІННЯ АМАРАНТУ ВИЩИМИ ГРИБАМИ

Н.А. Бісько, доктор біол. наук, В.Ю. Барштейн, кандидат тех. наук,
Т.А. Круподьорова, Т.С. Іванова

Державна установа "Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України", Київ

Резюме. Встановлено амінокислотний склад біомаси та культуральної рідини різних видів грибів – *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer, *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., *Scizophyllum commune* Fr., *Cordyceps sinensis* (Berk.), вирощених на продукті переробки рослини амарант (CO_2 -шрот). Показано перспективність вирощування відібраних видів їстівних та лікарських грибів на продукті переробки амаранту для підвищення їх харчової та поживної якості.

Ключові слова: їстівні та лікарські гриби, культивування, амінокислотний склад, шрот рослини амарант.

Резюме. Установлен аминокислотный состав биомассы и культуральной жидкости разных видов грибов – *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer, *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., *Scizophyllum commune* Fr., *Cordyceps sinensis* (Berk.), выращенных на продукте переработки растения амарант (CO_2 -шрот). Показана перспективность культивирования отобранных видов съедобных и лекарственных грибов на продукте переработки растения амарант для улучшения их пищевых и питательных свойств.

Ключевые слова: съедобные и лекарственные грибы, культивирование, аминокислотный состав, шрот растения амарант.

Summary. It was studied amino acid composition of biomas and liquid culture of diferent mushrooms species – *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer, *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., *Scizophyllum commune* Fr., *Cordyceps sinensis* (Berk.). Cultivation some edible and medicinal mushrooms showed on product of amaranthusseed meal for improving their food and nutritional quality.

Key words: edible and medicinal mushrooms, cultivation, aminoacid composition, amaranthusseed meal.

Світова економічна криза загострила проблему якості й структури харчування населення України, яка є актуальною вже понад 20 років.

З початку 90-х років минулого сторіччя відбулось значне погіршення стану харчування населення, що негативно позначилося на кількості споживання переважної більшості харчових продуктів і харчових речовин (білків, амінокислот, жирів, вітамінів, мінеральних речовин). Погіршення економічних умов спричинило появу дефіциту трьох незамінних амінокислот (триптофану, метіоніну і валіну), що може негативно впливати на біосинтез гемоглобіну, викликати порушення діяльності нервової системи: чутливості шкіри (гіперстезія), координації рухів, гальмування процесів метилювання та трансметилювання тощо [1].

Хронізація хвороб, ріст алергічних, серцево-судинних і онкологічних захворювань, збільшення генетичних каліцтв, порушень в онтогенезі спричиняють скорочення тривалості життя й високу смертність, викликані, крім матеріальних нега-

раздів, забрудненням продуктів харчування радіоактивними (Чорнобильська катастрофа) і токсичними речовинами (важкі метали, отрутохімікати, пестициди, нітрати).

Одним із дієвих способів виправлення такої ситуації є збільшення резистентності організму за рахунок підвищення неспецифічної стійкості, розширення можливостей імунної системи, посилення відновлювальних і компенсаторних процесів, у тому числі тих, що стосуються цілісності генетичних структур.

Це може бути здійснено за рахунок активного впровадження в сучасну структуру харчування дієтичних продуктів, збагачених біологічно активними речовинами (БАР): антиоксидантами, вітамінами, незамінними поліненасиченими жирними кислотами, фітогормонами тощо. Їхнім джерелом є, у першу чергу, рослинна сировина.

У нашій країні практично не використовується високий потенціал такої сировини, як лікарські гриби, 100 видів яких знайшли широке застосу-

вання в медицині країн Південно-Східної Азії — Китаї, Кореї, В'єтнамі, Японії протягом останніх десяти років.

Лікарські гриби мають високу харчову й біологічну цінність, містять повноцінні за амінокислотним складом білки, різні макро- і мікроелементи, у тому числі дефіцитні в нашому харчуванні: селен, кобальт, залізо, вітаміни групи В, С, Е (токоферол), кальційферол і ергостерол, харчові волокна, поліненасичені жирні кислоти, полісахариди та інші БАР. Антиоксиданти, які є у грибах, мають високо виражену здатність до обриву ланцюга радикального окислювання; вони містять дуже цінні протекторні сполуки (трегалозу й манніт), що захищають мембрани при стресових впливах.

Одним з важливих показників харчової цінності об'єктів рослинного походження є вміст протеїну, який залежить від амінокислотного складу. На прикладі вищих базидіальних грибів показано, що їх міцеліальна маса у порівнянні з плодовими тілами має більшу кількість протеїну [2], тому для використання грибів у якості харчової добавки доцільнішим є дослідження міцеліальної маси, отриманої на рідких живильних середовищах. Недостатньо з'ясованим залишається амінокислотний склад культуральної рідини грибів.

Багато залежить від складу живильного середовища. Імовірно, є доцільним використовувати в якості його складової сировину, багату на БАР. На світовому ринку останнім часом зростає інтерес дослідників різних галузей до культурних видів амаранту, чільне місце серед яких посідає цінна кормова, лікарська, харчова, зернова, овочева та технічна культура щирця хвостата (*Amaranthus caudatus*) та продукти її переробки — борошно, кріопорошки, екструдати, солод, крохмаль, олія, CO₂-екстракти, CO₂-шрот (побічний продукт екстракції) тощо. Завдяки особливостям вуглекислотної екстракції з насіння рослини амаранту CO₂-шрот зберігає майже весь водорозчинний вітамінний, мікроелементний і, головне, білковий комплекс, що дозволяє розглядати його як потенційний субстрат для вирощування грибів різних екологічних груп.

Метою роботи було вивчення амінокислотного складу міцеліальної маси та культуральної рідини деяких лікарських грибів, отриманих при вирощуванні на борошні із шроту амаранту.

Об'єктами дослідження були базидіальні види грибів — *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer, *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., *Scizophyllum commune* Fr. та аскоміцетний вид *Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc. з колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. Гриби вирощували за температури 28°C стаціонарно у матрацах з 500 мл живильного середовища такого складу: борошно

шроту рослини амарант — 60 (г/л), вода 1л. Як інкубулюм використовували по 7 сусло-агарових дисків, діаметром 7 мм з міцелієм 7-добової культури кожного виду гриба, які були попередньо вирощені у чашках Петрі. На 14 добу біомасу та культуральну рідину грибів висушували за допомогою ліофільної сушки за температури 4°C. Амінокислотний склад білків досліджували за допомогою амінокислотного аналізатора Т-339 ("Mikrotechna", Чехія) після відповідної обробки зразків [3, 4]. Повторність дослідів трикратна, результати експериментів оброблено методами математичної статистики з використанням Microsoft Excel.

Насамперед, привертає увагу очевидна насиченість субстрату (борошна із шроту рослини амарант) амінокислотами (табл. 1), що має вагоме

Таблиця 1
Амінокислотний склад борошна шроту рослини амарант, % від загальної кількості

Амінокислота	Вміст, % від загальної кількості
Лізин	5,9±0,1
Гістидин	2,5±0,0
Аргінін	8,7±0,0
Аспарагінова кислота	9,5±0,2
Треонін	4,0±0,4
Серин	7,9±0,1
Глутамінова кислота	22,4±0,0
Пролін	3,5±0,3
Гліцин	9,6±0,1
Аланін	4,5±0,0
Цистин	2,0±0,0
Валін	2,3±0,1
Ізолейцин	2,1±0,2
Лейцин	5,7±0,0
Тирозин	3,7±0,2
Фенілаланін	4,3±0,0
Метіонін	1,4±0,7
Всього:	100
Σ1 незамінних амінокислот	31,4
Σ2 замінних амінокислот	68,6
Σ1/Σ2	0,46

значення для росту грибів. У борошні шроту рослини амарант з 20 відомих амінокислот нами ідентифіковано 17. Найбільший відсоток серед незамінних амінокислот становили лізин та лейцин, а серед замінних — глютамінова кислота. Досить добре представлена також аспарагінова кислота та гліцин.

У гідролізаті глибинного міцелію досліджених грибів нами виявлено 17 амінокислот. Незважаючи на однаковий якісний склад амінокислот, виявлено значну різницю за вмістом окремих амінокислот (табл. 2).

У аскоміцету *C. sinensis* та базидіоміцету *G. frondosa* найліпше серед незамінних амінокислот представлено лізин, у *F. velutipes* — тирозин. Найбільшу ж кількість лейцину виявлено у біомасі *G. lucidum*, *P. ostreatus*, *S. commune*. Амінокислотний склад того чи іншого білка визначає його цінність, яку лімітує найбільш рідкісна з незамінних амінокислот. Загальновизнано, що раціональність використання незамінних амінокислот залежить від масової частки в білку лімітуючої незамінної амінокислоти, яка здатна зумовлювати можливість використання інших незамінних амінокислот на анаболічні потре-

Таблиця 2

Амінокислотний склад глибинного міцелію грибів, % від загальної кількості

Амінокислота	<i>C. sinensis</i>	<i>F. velutipes</i>	<i>G. lucidum</i>	<i>G. frondosa</i>	<i>P. ostreatus</i>	<i>S. commune</i>
Лізин	8,4±0,0	4,4±0,2	5,6±0,1	7,3±0,0	5,2±0,2	4,2±0,0
Гістидин	3,0±0,0	6,5±0,3	3,8±0,0	3,3±0,2	5,0±0,0	5,8±0,1
Аргінін	5,1±0,1	3,6±0,6	10,0±0,1	16,7±0,5	5,9±0,2	5,3±0,2
Аспарагінова кислота	6,3±0,0	10,1±0,3	11,2±0,1	8,4±0,7	14,2±0,3	12,2±0,1
Треонін	7,2±0,1	5,4±0,1	6,1±0,2	4,7±0,2	5,7±0,3	6,3±0,2
Серин	6,7±0,0	6,9±0,3	7,2±0,1	5,7±0,1	8,2±0,2	8,5±0,0
Глутамінова кислота	17,5±0,0	23,0±0,2	15,1±0,0	17,3±0,1	15,4±0,0	16,5±0,1
Пролін	7,0±0,0	4,7±0,2	5,8±0,1	3,4±0,2	2,6±0,1	1,8±0,0
Гліцин	6,6±0,0	6,4±0,4	7,1±0,0	5,6±0,1	8,2±0,0	8,5±0,4
Аланін	8,7±0,0	6,2±0,3	7,3±0,0	7,0±0,1	6,4±0,0	7,7±0,0
Цистин	1,5±0,0	1,2±0,0	1,9±0,0	1,0±0,0	1,3±0,2	1,3±0,1
Валін	3,3±0,0	2,8±0,3	3,2±0,1	2,8±0,0	3,6±0,0	2,8±0,0
Ізолейцин	3,6±0,0	2,3±0,2	3,0±0,2	2,6±0,2	2,4±0,1	2,9±0,1
Лейцин	6,5±0,0	5,7±0,1	7,5±0,2	5,8±0,1	6,5±0,4	6,6±0,2
Тирозин	3,2±0,0	7,0±0,3	1,6±0,1	2,7±0,3	3,5±0,4	3,4±0,0
Фенілаланін	3,9±0,0	2,9±0,2	2,3±0,0	4,1±0,1	3,5±0,1	3,9±0,0
Метіонін	1,5±0,0	0,9±0,0	1,3±0,2	1,6±0,4	2,4±0,1	2,3±0,1
Всього:	100	100	100	100	100	100
Σ 1 незамінних амінокислот	39,1	32,6	32,5	32,6	34,1	33,7
Σ2 замінних амінокислот	60,9	67,4	67,5	67,4	65,9	66,3
Σ1/ Σ2	0,64	0,48	0,48	0,48	0,52	0,51

би [5]. За результатами наших досліджень у глибинному міцелії *C. sinensis* і *F. velutipes* мінорними були сірковмісні амінокислоти цистин й метіонін, у *G. frondosa*, *P. ostreatus*, а у *S. commune* — лише цистин, у *G. lucidum* — метіонін. Загальним у біомасі всіх обраних нами базидіальних грибів виявлено домінування у складі білка глютамінової та аспарагінової кислот, що повністю співпадає з даними літератури [6, 7]. Поряд з цим, у всіх досліджених лікарських грибів встановлено переважання глютамінової кислоти на рівні від 15,1 до 23,0 % від загальної кількості амінокислот. За результатами порівняння загального амінокислотного складу використаних грибів біомаса *C. sinensis* містить найбільшу кількість окремих амінокислот.

При аналізі наших даних і літератури щодо вмісту амінокислот істівних грибів *F. velutipes*, *P. ostreatus* [7, 8, 10] виявлено значні коливання вмісту всіх ідентифікованих амінокислот. Останнє пояснюєть-

ся різними методами визначення амінокислотного складу, біологічними особливостями штамів і умовами їх культивування [8, 10].

Для розуміння повноцінності білків досліджених видів грибів необхідно було вивчити амінокислотний склад їх культуральної рідини. За отриманими даними встановлено, що міцеліальна маса має такий же набір зв'язаних амінокислот як і культуральна рідина (таблиці 2, 3).

Слід відзначити амінокислотний склад культуральної рідини *C. sinensis*. Для цього виду гриба у порівнянні з іншими видами ідентифіковано найбільшу кількість незамінних амінокислот, а саме лізину, треоніну, валіну, ізолейцину, лейцину та тирозину (табл. 3). Серед незамінних амінокислот максимальний вміст у культуральних рідинах *C. sinensis*, *G. frondosa* становив треонін, а у культуральних рідинах *F. velutipes*, *P. ostreatus* та *S. commune* — лейцин. Мінорними для всіх досліджених

Таблиця 3

Амінокислотний склад культуральної рідини грибів, % від загальної кількості

Амінокислота	<i>C. sinensis</i>	<i>F. velutipes</i>	<i>G. frondosa</i>	<i>P. ostreatus</i>	<i>S. commune</i>
Лізин	6,3±0,0	3,7±0,0	4,7±0,0	4,5±0,0	3,7±0,0
Гістидин	2,3±0,1	3,4±0,0	4,1±0,2	2,3±0,1	4,5±0,0
Аргінін	4,5±0,0	3,0±0,0	5,5±0,5	6,8±0,1	3,2±0,2
Аспарагінова кислота	9,1±0,5	10,6±0,2	9,1±0,6	10,2±0,2	10,8±0,2
Треонін	7,8±0,2	4,7±0,1	5,2±0,0	5,0±0,0	4,7±0,0
Серин	9,1±0,1	11,1±0,0	9,5±0,5	8,7±0,0	13,4±0,0
Глутамінова кислота	16,3±0,2	23,2±0,0	19,9±0,6	19,1±0,4	17,4±0,1
Пролін	4,0±0,0	4,4±0,1	3,3±0,1	4,1±0,1	3,5±0,2
Гліцин	9,3±0,1	12,4±0,3	12,0±0,3	10,1±0,1	13,6±0,0
Аланін	7,1±0,2	5,2±0,0	5,2±0,2	5,2±0,1	5,2±0,0
Цистин	1,5±0,1	1,3±0,1	2,1±0,1	1,8±0,1	0,9±0,0
Валін	3,4±0,1	2,5±0,0	3,1±0,0	2,9±0,0	2,7±0,0
Ізолейцин	3,9±0,0	1,8±0,4	2,5±0,1	2,7±0,1	2,1±0,0
Лейцин	6,5±0,1	4,8±0,1	3,6±0,2	6,7±0,0	5,3±0,0
Тирозин	4,1±0,0	3,4±0,2	4,0±0,1	3,5±0,2	3,8±0,1
Фенілаланін	3,6±0,1	2,7±0,0	3,0±0,2	4,6±0,0	2,9±0,0
Метіонін	1,2±0,0	1,8±0,1	3,2±0,2	1,8±0,0	2,3±0,0
Всього:	100	100	100	100	100
Σ 1 незамінних амінокислот	38,3	26,7	31,4	33,5	28,4
Σ 2 замінних амінокислот	61,7	73,3	68,6	66,5	71,6
Σ1/ Σ2	0,62	0,36	0,46	0,5	0,4

видів був цистин, а для *C. sinensis* і *P. ostreatus* ще й метіонін. Так само як і у випадку глибинного міцелію обраних культур, домінуючий відсоток серед замісних амінокислот культуральних рідин мала глютамінова кислота. У всіх досліджених видів грибів добре представлено також вміст аспарагінової кислоти, гліцину та, за винятком культуральної рідини *P. ostreatus*, серину.

Співставлення результатів аналізу амінокислотного складу глибинного міцелію та культуральної рідини культур (табл. 2, 3), залучених у роботу, вказує на багатший склад глибинного міцелію *C. sinensis*, *F. velutipes*, *S. commune* та кращий загальний амінокислотний профіль білкового компоненту культуральної рідини *G. frondosa*, *P. ostreatus*.

Дані співставлення амінокислотного складу борошна шроту рослини амарант та вмісту окремих амінокислот у біомасі та культуральній рідині

досліджених штамів грибів свідчать про те, що у більшості випадках у процесі культивування міцелій та культуральна рідина містять більшу кількість амінокислот, ніж вихідний субстрат (табл. 1, 4).

Так, біомаса зимового опенька, майтаке, кордицепсу китайського включає в себе у 1,9–2,6 разів більше гістидину, аргініну, проліну, аланіну, тирозину порівняно з вмістом цих амінокислот у шроті амаранту (табл. 4). Значне підвищення вмісту метіоніну в культуральній рідині характерно для майтаке. На 80–95% зростає кількість гістидину, треоніну, ізолейцину в результаті культивування шизофілу звичайного та кордицепсу китайського (табл. 4).

За вмістом більшості незамінних амінокислот білок біомаси *G. frondosa*, *P. ostreatus* і культуральна рідина *G. lucidum*, *S. commune*, *C. sinensis*, які отримано в результаті культивування на шроті амаранту

Таблиця 4

Амінокислотний склад біомаси та культуральної рідини різних видів грибів у порівнянні з вмістом окремих амінокислот у борошні шроту рослини амарант

Амінокислота	Біомаса	Культуральна рідина
Лізин	+42% <i>C.sinencis</i>	+7% <i>C.sinencis</i>
Гістидин	у 2,6 р. <i>F.velutipes</i>	+80% <i>S.commune</i>
Аргінін	у 1,9 р. <i>Gr.frondosa</i> .	-50% <i>C.sinencis</i>
Аспарагінова кислота	+49% <i>P.ostreatus</i>	+14% <i>S.commune</i>
Треонін	+80% <i>C.sinencis</i>	+95% <i>C.sinencis</i>
Серин	+7% <i>S.commune</i>	+69% <i>S.commune</i>
Глутамінова кислота	+3% <i>F.velutipes</i>	- 4% <i>S.commune</i>
Пролін	у 2р. <i>C.sinencis</i>	+25% <i>F.velutipes</i>
Гліцин	- 11% <i>S.commune</i>	+41% <i>S.commune</i>
Аланін	у1,9р. <i>C.sinencis</i>	+57% <i>C.sinencis</i>
Цистин	-78% <i>C.sinencis</i>	+5% <i>Gr.frondosa</i>
Валін	+56% <i>P.ostreatus</i>	+47% <i>C.sinencis</i>
Ізолейцин	+71% <i>C.sinencis</i>	+90% <i>C.sinences</i>
Лейцин	+31% <i>G.lucidum</i>	+17% <i>P.ostreatus</i>
Тирозин	у1,9 р. <i>F.velutipes</i>	+21,6% <i>C.sinencis</i>
Фенілаланін	-10% <i>C.sinencis</i>	+7% <i>P.ostreatus</i>
Метіонін	+71% <i>P.ostreatus</i>	у 2,3р. <i>Gr.frondosa</i>
Сума незамінних амінокислот	+24% <i>C.sinencis</i>	+22% <i>C.sinencis</i>

без урахування триптофану, відповідають світовому стандарту на продукти харчування. Сумісне використання біомаси та культуральної рідини всіх досліджених грибів за винятком триптофану може забезпечувати оптимальний рівень незамінних амінокислот згідно зі стандартом ВООЗ [9].

Отримані результати амінокислотного складу як глибинного міцелію, так і культуральної рідини досліджених видів лікарських грибів дають змогу констатувати значну їх біологічну цінність. З позиції безвідхідної й екологічно чистої переробки вторинних матеріальних ресурсів одержані дані свідчать про високу ефективність використання шроту амаранту у якості субстрату для вирощування грибів з метою збагачення їх протеїнами, зокрема амінокислотами, та подальшого застосування

лікарських грибів у якості корисних біологічно активних, дієтичних харчових добавок чи їх інгредієнтів.

На основі виконаних досліджень можна зробити висновки:

1. Проведено скринінг видів їстівних та лікарських грибів з різних систематичних та екологічних груп, здатних біотрансформувати продукти переробки амаранту.
2. Встановлено амінокислотний склад біомаси та культуральної рідини відібраних видів грибів, вирощених на продуктах переробки амаранту.
3. Показано перспективність вирощування відібраних видів їстівних та лікарських грибів на продуктах переробки амаранту для підвищення їхньої харчової та поживної якості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Смоляр В.І. Основні тенденції в харчуванні населення України / В.І. Смоляр // Проблеми харчування, 2007. — № 4. — С. 5—10.
2. Бабицкая В. Г. Физиологически активные соединения и биологическое действие глубинного мицелия базидиомицета *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst. / В. Г. Бабицкая, С. В. Хлюстов, Л. В. Пленина и др. // Биотехнология. — 2003. — № 4. — С. 35—44.
3. Новые методы анализа аминокислот, пептидов и белков / Пер.с англ. под ред. Ю.А. Овчинникова. — М.: Мир, 1974. — 462 с.
4. Козаренко Т.Д. Ионообменная хроматография амінокислот / Т.Д. Козаченко. — Новосибирск.: Наука, Сиб. отд-ние, 1975. — 134 с.
5. Конышев В.А. Питание и регулирующие системы организма / В.А. Конышев. — М.: Медицина, 1985. — С. 222.
6. Бисько Н. А. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре / Н. А. Бисько, А.С. Бухало, С.П. Вассер. — К. : Наукова думка, 1983. — 312 с.
7. Бухало А. С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре / А. С. Бухало. — К. : Наук. думка, 1988. — 144 с.
8. Соломко Э. Ф. Высший съедобный базидиальный гриб вешенка обыкновенная *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. Как продуцент биомассы пищевого назначения [медико-биологический аспект] / Э. Ф. Соломко. — К. Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного, 1988. — 53 с. — (Препринт / НАН Украины. Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного; 1988).
9. FAO. Aminoacid content of foods and biological data on proteins: Food policy and nutr. div / Food Agric. Organ. U.N. — Rome. — 1972.
10. Дворнина А.А. Базидиальные съедобные грибы в искусственной культуре / А.А. Дворнина. — Кишинев : Штинница, 1990. — 111 с.