

УДК 664.69

**THE INVESTIGATION AND OPTIMIZATION OF FUNCTIONAL
MACARONI PRODUCTION WITH USAGE
OF SHIITAKE MUSHROOM CONCENTRATE**

V. Yurchak, D. Kravchuk,

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

N. Sharkova, G. Dekusha,

Institute of technical thermal physics NAS of Ukraine

ABSTRACT

The current state of providing the Ukrainian people with enriched and functional macaroni products is presented in the paper. Developing and increasing of production the macaroni products of high biological value is actual task for food industry.

Usage of supreme basidiomycetes as a source of biologically active compounds is quite perspective for developing of healthy macaroni products. Scientific search demonstrated therapeutic and antibiotic effect of culture mushrooms. Shiitake mushrooms that provide immunomodulatory effect and antineoplastic action as well hold the special place. The shiitake mushroom concentrate that was developed by Institute of technical thermal physics of National Academy of Science of Ukraine by means of nanotechnological processing of fruit body and mushroom tops was used for developing of functional macaroni products.

The effect of shiitake mushroom concentrate on the quality of macaroni products in amount 10 – 30 % of the flour weight has been investigated. This concentrate – 10 – 20 % of flour weight - improves quality of the products, in particular cooking properties, strength both appearance and taste.

Macaroni dough assumes more elasticity, larger crumble structure, and it causes increasing both pressing speed and press productivity. But in dosage 20 % and more it requires reducing moisture of dough.

The dough making process has been optimized. The best quality is observed in case of dosage 15 % of shiitake mushrooms concentrates, moisture of dough 34 %

and temperature of water for mixing 55 °C. The dosage of concentrate may be increased up to 20 % in order to rich higher content of biologically active compounds, meanwhile quality marginally reduces.

Keywords: shiitake mushroom concentrates, functional macaroni products, optimization of production.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРЕПАРАТІВ ГРИБІВ ШИЇТАКЕ

Юрчак В.Г., Кравчук Д. М.

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

Шаркова Н. О., Декуша Г. В.

Інститут технічної теплофізики НАН України

АНОТАЦІЯ

В статті розглянуто сучасний стан забезпечення населення України макаронними виробами підвищеної харчової цінності та функціонального призначення. Показано, що розроблення та збільшення випуску макаронних виробів з підвищеною біологічною цінністю є актуальним завданням для макаронної галузі харчової промисловості.

Перспективним напрямом створення макаронних виробів оздоровчого призначення є використання препаратів вищих базидіальних грибів як джерела біологічно активних речовин. Аналіз наукових досліджень показав, що культивовані гриби проявляють лікувальну та антибіотичну дію. Особливе місце займають гриби шиїтаке, які проявляють імуномодельючу та протипухлинну дію.

Для створення макаронних виробів функціонального призначення використано препарат грибів шиїтаке, розроблений ІТТФ НАН України, який отриманий методом нанотехнологічної обробки плодового тіла гриба шиїтаке та його шапочок.

Досліджено вплив препарату грибів шиїтаке на якість макаронних виробів в кількості 10 – 30 % до маси борошна . Встановлено, що використання

препарату в кількості 10 – 20 % поліпшує якість виробів за показниками варильних властивостей, міцністю виробів, смаковими властивостями, зовнішнім виглядом.

Вивчення впливу препарату грибів на властивості тіста показало, що макаронне тісто стає крупнокрихтуватим, більш пластичним, що сприяє збільшенню швидкості пресування та продуктивності пресу, проте за дозування 20 % і більше потребує зниження вологості тіста.

В роботі здійснено оптимізацію процесу тістоприготування. Встановлено, що найкраща якість досягаються за дозування препарату грибів шиїтаке 15 % до маси борошна, вологості тіста 34 % та температури води для замішування 55 °С. Для збільшення вмісту біологічно активних речовин у виробах дозування препарату можна збільшити до 20 %, при цьому показники якості знижуються незначно.

Ключові слова: препарат грибів шиїтаке, макаронні вироби функціонального призначення, оптимізація виготовлення.

Постановка проблеми. Макаронні вироби є продуктами масового споживання, популярними серед багатьох груп населення. Їм властиві високі енергетична цінність та засвоюваність, проте хімічний склад виробів не відповідає нормам раціонального харчування. Зокрема, вміст білка в них становить приблизно 10 %, але він є неповноцінним за амінокислотним складом. Вони збіднені на харчові волокна, мінеральні речовини, вітаміни. Однак, підприємствами галузі фактично припинено випуск виробів підвищеної харчової цінності (яєчних, молочних, дитячого асортименту), оскільки їх ціна майже у 1,5 – 2,0 рази вища за вироби без додаткової сировини. Недостатньо виробляється виробів функціонального призначення. З цієї причини асортимент макаронних виробів досить вузький і відрізняється переважно формою. Неприятлива екологічна ситуація в Україні, пов'язана з наслідками Чорнобильської катастрофи та техногенним забрудненням довкілля, вимагає створення якісно нових виробів, функціональні властивості яких були б

спрямовані на запобігання виникнення захворювань споживачів, забезпечення організму людини необхідними макро- та мікронутрієнтами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За сучасними уявленнями найбільш пріоритетними для створення виробів функціонального призначення є фізіологічна та механоактиваційна модифікація харчових продуктів [1]. Остання полягає у тонкому подрібненні матеріалу, обробленні тиском, температурою та сприяє підвищенню біодоступності функціональних інгредієнтів сировини. Фізіологічна модифікація передбачає збагачення традиційних виробів натуральними біологічно активними речовинами у кількості, що відповідає фізіологічним потребам організму.

Одним із пріоритетних напрямків розвитку сучасної біотехнології є вивчення можливості використання вищих базидіальних грибів як продуцентів біологічно активних речовин для виробництва функціональних продуктів. В Національному університеті харчових технологій вивчалось використання гливи звичайної, печериць, грибів шиїтаке для створення хлібних паличок, харчових концентратів функціонального призначення [2,3]. Розроблено сухий грибний напівфабрикат гливи звичайної для збагачення харчових раціонів [4].

В останні роки дослідження зарубіжних та вітчизняних вчених – мікологів, біотехнологів, медиків показали, що культивовані гриби містять лікувальні та антибіотичні речовини [5]. В грибах виявлено речовини, що стимулюють імунну систему, мають антибактеріальну, протигрибкову та протівірусну активність, навіть виявляють протипухлинну активність. Сучасні дослідження в різних країнах показали, що вищі базидіальні їстівні та лікарські гриби є дуже вдалим, збалансованим природним комплексом біологічно активних речовин: глюкозів, хітину, терпенів, білків, ліпідів, каротиноїдів, меланіну, поліфенолів, полісахаридів, ферментів. Глюкози вищих грибів добре відомі в медицині як потужні імуномодулятори. Крім того є дані, що більшість видів лікарських грибів здатні регулювати кров'яний тиск, знижувати вміст холестерину й цукру в крові [6,7,8].

Шиїтаке (*Lentinus edodes*) є одним з найбільш перспективних для культивування видом їстівних грибів. Їстівні гриби шиїтке є цінною сировиною за вмістом в його складі багатьох біологічно активних речовин. Серед них – білки — 10...17%, жири — 0,6...8,0%, вуглеводи — 67...78%, зола — 3,7...10% за сухою масою [9]. Вони містять всі незамінні амінокислоти, потрібні для людини, поліненасичені жирні кислоти, широкий спектр вітамінів і важливих макро- і мікроелементів, в тому числі і селен, який є дефіцитним в харчуванні людини. Унікальні властивості гриба проявляються завдяки вмісту у ньому комплексу полісахаридів з імуномодельючими властивостями. Джерелом імунорегулюючих та онкостатичних метаболітів гриба шиїтаке є водорозчинний комплекс полісахаридів, який міститься у хітин-глюканових структурах клітин [9,10].

На основі комплексних досліджень, проведених в Інституті технічної теплофізики (ІТТФ) Національної академії наук України (НАНУ) розроблений інноваційний метод нанотехнологічної обробки плодового тіла гриба шиїтке, який дає змогу збільшити біодоступність його полісахаридного комплексу, зберігаючи при цьому всі біологічно активні речовини шиїтаке [9]. В процесі обробки досягається гідромеханічна деструкція високоміцних хітин-глюканових структур з отриманням суспензії високого ступеня дисперсності. Це дає підстави дослідити можливість використання даного препарату грибів шиїтаке для розроблення макаронних виробів функціонального призначення.

Мета дослідження. Метою даної роботи є вивчення впливу препаратів грибів шиїтаке на якість макаронних виробів, технологічний процес приготування тіста та оптимізація параметрів тістоприготування для розроблення виробів функціонального призначення.

Викладення основних результатів дослідження. В дослідах використовували препарат грибів шиїтаке з вмістом сухих речовин 90%. На підставі результатів пошукових дослідів обрано дозування препарату грибів шиїтаке 10%, 20%, 30 % до маси борошна. Параметри замішування обирають залежно від якості борошна, рецептури виробів, а також обладнання, що

застосовується для замішування тіста і формування виробів. Відповідно до технічних характеристик даного преса і якості борошна нами було обрано вологість макаронного тіста 36 % для контрольного зразка (без внесення препарату) та для зразка з дозуванням 10% препарату грибів. Попередні пошукові дослідження показали, що внесення препарату грибів в тісто суттєво збільшує його пластичність, сприяє агрегації крихт тіста, воно стає крупногрудкуватим. Тому за більшого дозування препарату – 20% та 30% вологість тіста зменшували на 1 %, тобто вологість тіста становила 35%. Застосовували теплий заміс тіста – температура води на заміс тіста становила 60°C. Вироби формували у вигляді короткорізаної локшини. Сирі макаронні вироби оцінювали за органолептичними показниками, готові макаронні вироби – за органолептичними та фізико-хімічними показниками згідно ДСТУ 7043:2009, а також за показниками міцності, переходу сухих речовин у варильну воду. Результати дослідів наведені в табл. 1.

Аналіз даних в табл. 1 показує, що сирі макаронні вироби мають гладку поверхню, притаманний макаронним виробам запах, грибний запах не відчувається. Висушені макаронні вироби з препаратом грибів мали дещо темніший колір порівняно з напівфабрикатом, тобто під час сушіння відбувається потемніння макаронних виробів. Вироби, виготовлені з використанням 10 % препарату грибів, були досить світлими, але мали сіруватий відтінок. Вироби з використанням 20% та 30% препарату грибів набували світло-коричневого кольору.

Смак та запах виробів, виготовлених з внесенням 10% препарату грибів, був ледь відчутний грибний, а виробів з внесенням 20% та 30% - виражений грибний.

Кислотність виробів, виготовлених з використанням препарату грибів, була вищою: у разі внесення 10% та 20% препарату – на 0,4 – 0,5 град., а у разі внесення 30% препарату – на 1,0 град., але знаходиться в межах, визначеним стандартом для макаронних виробів.

Таблиця 1. Вплив препарату грибів шиїтаке на показники якості макаронних виробів

Показники	Дозування препарату грибів, %			
	Контроль	10	20	30
<i>Сирі макаронні вироби</i>				
Колір	світлий, кремовий	темно-кремовий	світло-сірий	
Стан поверхні	ледь шорстка	гладка		
Запах	притаманний даним видам виробів, без сторонніх запахів, грибний запах не відчувається			
<i>Готові макаронні вироби</i>				
Колір	світлий, кремовий	світлий, з сірим відтінком	світло-коричневий	
Смак	властивий, без стороннього присмаку	ледь відчутний грибний	грибний	
Запах	властивий, без стороннього запаху	ледь відчутний грибний	грибний	
Стан зламу	скловидний	більш скловидний		
Стан виробів після варіння	не втрачають форму, не злипаються			злипаються після варіння
Тривалість варіння, хв.	15	17	18	18
Коефіцієнт K_m	2,0	2,0	2,0	2,0
Коефіцієнт K_v	2,8	2,8	2,9	2,6
Втрати СР при варінні, % до СР	10,13	8,46	9,73	11,43
Міцність, Н	5,3	6,8	6,9	7,0
Вологість, %	11,3	11,2	11,2	11,3
Кислотність, град	2,9	3,3	3,4	4,0

Вироби з грибним препаратом мали вищу міцність: у разі використання препарату 10% та 30% їх міцність була на 1,5 – 1,7 Н вищою порівняно з контрольним зразком і становила 6,8 – 7,0 Н.

Вироби з препаратом грибів шиїтаке мали більш скловидний злам, що корелює з показником міцності виробів, а також дещо більший час варіння до готовності – на 2 – 3 хв. порівняно з контролем. Вироби після варіння не втрачали форму, не злипались. Показники варильних властивостей виробів коефіцієнт збільшення маси та коефіцієнт збільшення об'єму дослідних зразків були практично такими ж, як у контролі, і лише для зразка з внесенням 30% препарату коефіцієнт збільшення маси був трохи нижчим. Втрати сухих

речовин у варильну воду були дещо нижчими для зразків, виготовлених з використанням 10% - 20 % препарату грибів, порівняно з контролем на 1,6– 0,4 % до СР, але для зразків, виготовлених з використанням 30% препарату грибів, зростали (на 1,3% порівняно з контролем), що дозволяє зробити висновок про негативний вплив такого дозування препарату грибів на якість макаронних виробів.

З метою пояснення деяких закономірностей впливу препарату грибів шийтаке на якість виробів та встановлення раціональних параметрів технологічного процесу тістоприготування досліджували вплив дозування препарату на властивості тіста під час його замішування та на показники процесу пресування.

Дослідження проводили за такого ж дозування препарату грибів та вологості тіста, що й в попередній серії дослідів. Визначали крихтуватість макаронного тіста, швидкість пресування та продуктивність преса.

Макаронне тісто має крихтувату структуру і лише після пресування утворює зв'язну масу, яка являє собою колоїдну капілярно-пористу структуру. Крихтуватість макаронного тіста пов'язана з його вологістю, реологічними властивостями – пластичністю, когезією, та характеризується розміром крихт. Тісто може бути дрібнокрихтуватим, дрібногрудкуватим та крупногрудкуватим. У більшості випадків найбільш прийнятним є дрібногрудкувате тісто – воно є досить пластичним, після пресування має оптимальне співвідношення міцності і пластичності, забезпечує кращий стан поверхні виробів.

Крихтуватість визначали шляхом розсіювання наважки тіста на системі сит. В роботі використовували штаповані сита №№ 7, 5, 3 та №1, визначали залишок на кожному з сит і прохід через сито №1. Швидкість пресування встановлювали визначенням довжини виробів за час пресування 30 с і виражали в міліметрах за секунду. Продуктивність преса визначали за масою виробів, одержаних протягом 30 с, і виражали в кг/год. Одержані дані наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Вплив препарату грибів шийтаке на показники якості тіста та параметри пресування

Показники	Дозування препарату грибів, %			
	Контроль	10	20	30
Крихтуватість макаронного тіста:				
залишок на ситі, % до маси наважки				
- сито №7	25,0	28,4	12,8	18,2
- сито № 5	16,5	21,3	12,2	17,3
- сито № 3	26,0	22,8	23,2	24,5
- сито № 1	30,4	26,2	46,0	37,7
прохід сита №1, % до маси наважки	2,1	1,3	5,8	2,3
Швидкість пресування, мм/с	14,3	15,0	15,6	16,0
Продуктивність преса, кг/год.	14,9	15,6	15,9	16,2

Аналіз отриманих даних свідчить, що внесення 10 % препарату грибів призводить до зниження кількості дрібних крих та отримання дрібногрудкуватого тіста, що свідчить про певну структуроутворювальну дію препарату грибів та зростання пластичності тіста. Останнє підтверджується зростанням швидкості пресування виробів та продуктивності преса. Аналогічна залежність спостерігається при порівнянні зразків тіста з додаванням 20 % і 30% препарату. Хоча утворення більш дрібнокрихтуватого тіста у порівнянні з попередніми зразками є наслідком зниження вологості тіста для цих зразків (див. вище), щодо зміни швидкості пресування та продуктивності пресу спостерігається та ж залежність: зі збільшенням кількості внесеного препарату швидкість пресування і продуктивність пресу зростає.

Для розроблення рецептури виробів та обґрунтування технологічних параметрів їх виготовлення здійснювали оптимізацію процесу тістоприготування. Математичну модель технологічного процесу отримали методом повного факторного експерименту ПФЕ 2³. За критерій оптимальності приймали перехід сухих речовин у варильну воду (У, % СР). Як обмеження було обрано міцність виробів (у Ньютонах). За оптимізувальні фактори обрали кількість внесеного препарату грибів (X₁, %), вологість тіста (X₂, %) та температуру води на замішування тіста (X₃, °С). Рівні факторів та інтервали їх

варіювання наведені в табл. 3. Матриця експерименту та отримані дані наведені в табл. 4.

Таблиця 3. Діапазон факторного простору експерименту

Рівні факторів	Позначення	Досліджувані фактори		
		Кількість препарату грибів (X_1), %	Вологість тіста (X_2), %	Температура води (X_3), °C
Нульовий рівень	X_i^0	20,0	35,0	60
Інтервал варіювання	λ_i	5,0	1,0	10
Верхній рівень	X_i^+	25,0	36,0	70
Нижній рівень	X_i^-	15,0	34,0	50

Таблиця 4. Матриця та результати експерименту

Номер досліджу	Матриця експерименту			Значення критерію оптимальності і-го досліджу		Середнє значення критерію оптимальності
	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	$Y_{сер}$
1	-	-	-	7,09	6,90	6,99
2	+	-	-	8,04	7,79	7,91
3	-	+	-	7,38	7,65	7,51
4	+	+	-	11,28	11,16	11,22
5	-	-	+	7,78	7,94	7,86
6	+	-	+	8,71	8,55	8,63
7	-	+	+	8,76	8,96	8,86
8	+	+	+	9,65	9,74	9,69

На підставі статистичної обробки експериментальних даних отримана математична модель процесу (1) у виді поліному першого ступеня в кодованій формі за показником втрати сухих речовин у варильну воду:

$$Y = 8,58 + 0,78 X_1 + 0,73 X_2 + 0,18 X_3 \quad (1)$$

Розрахунок критерію Стюдента для коефіцієнтів рівняння регресії показав, що вони є суттєвими.

Для пошуку оптимуму застосовували метод оптимізації «крутого сходження» Бокса-Уілсона. Вихідні дані для розрахунку програми «крутого сходження» та результати розрахунку наведені в табл. 5. Враховуючи, що

коефіцієнти отриманого рівняння регресії є додатними, тобто зростання досліджуваних факторів збільшує значення функції (перехід сухих речовин у варильну воду), обраний крок крутого сходження віднімали від нульового рівня факторів.

Таблиця 5. Вихідні дані для розрахунку і результати розрахунку кроку «крутого сходження»

Найменування	Фактори		
	X ₁ , %	X ₂ , %	X ₃ , °C
Нульовий рівень, x _i ⁰	20	35	60
Інтервал варіювання, λ _i	5	1	10
Коефіцієнт, b _i	0,78	0,73	0,18
Добуток, b _i λ _i	3,9	0,73	1,8
Інтервал h _i при зміні базового фактору h _a	1	0,18	0,46
Заокруглений крок крутого сходження	-1	-0,2	-1

Програма «крутого сходження» та результати експерименту за програмою наведені в табл. 6. Встановлено, що найкраща якість досягаються за дозування препарату грибів шийтаке 15 % до маси борошна, вологості тіста 34 % та температури води для замішування 55 °C.

Таблиця 6. Програма «крутого сходження» та результати експерименту

№ досліджу	Фактори			Перехід сухих речовин у варильну воду, %	Міцність макаронних виробів, Н
	X ₁ , %	X ₂ , %	X ₃ , °C		
1	20	35,0	60	8,1	6,4
2	19	34,8	59	7,6	6,3
3	18	34,6	58	7,2	6,3
4	17	34,4	57	7,2	6,3
5	16	34,2	56	7,1	6,3
6	15	34,0	55	6,8	6,2

У разі внесення 16 – 18 % препарату показники якості змінюються незначно. Дещо зростає перехід сухих речовин у варильну воду за дозування препарату грибів 19 – 20 %, але знаходиться в рекомендованих інструкціями межах. Міцність виробів за дозування препарату грибів 15 – 20 % майже не змінюється. Отже, для збільшення вмісту біологічно активних речовин у

макаронних виробів дозування препарату можна збільшити до 20 %, при цьому показники їх якості знижуються незначно.

Висновки

1. Встановлено ефективність використання препарату грибів шийтаке, отриманого методом нанотехнологічного оброблення, для створення макаронних виробів функціонального призначення. Показано позитивний вплив внесення 10 – 20 % препарату на органолептичні, фізико-хімічні показники якості макаронних виробів, зокрема показники втрати сухих речовин у варильну воду та міцність виробів.

2. Досліджено процес тістоприготування в технології макаронних виробів. Встановлено вплив препарату грибів шийтаке на структуру тіста та показано, що він сприяє утворенню крупнокрихтуватого тіста, збільшенню швидкості пресування та продуктивності преса.

3. Здійснено оптимізацію процесу тістоприготування. Доведено, що найкраща якість виробів досягаються за дозування препарату грибів шийтаке 15% до маси борошна, вологості тіста 34 % та температури води для замішування 55 °С. Для розроблення виробів функціонального призначення використання препарату грибів таке можна збільшити до 20%, при цьому показники якості виробів знижуються незначно.

Література

1. Сімахіна Г. О. Модифікація харчових продуктів: багатоваріантність підходів та пріоритети / Г.О. Сімахіна, Р.Ю. Науменко // Наукові праці НУХТ. – 2018. – Том 24, № 6. – С. 233 – 239.

2. Арсеньєва Л.Ю.. Вплив грибної сировини на стан білково-протеїназного комплексу тіста /Л.Ю. Арсеньєва, В.С. Яценко, Н.М. Кобець, О.О. Петруша // Наукові праці НУХТ . – 2015, № 53. – С. 15-19.

3. Зінченко І.М. Особливості процесу набухання штучно культивованих грибів /І.М. Зінченко, В.А. Терлецька, В.М. Ковбаса, А.Д. Сергеев, В.В. Білоцький // Наукові праці НУХТ. – 2015, № 53. – С. 28-33.

4. Сімахіна Г.О. Виробництво сухого грибного напівфабрикату для збагачення харчових раціонів / Г.О. Сімахіна, І.Ю. Гойко // Наукові праці НУХТ. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 190 – 196.
5. Бисько Н.А. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах. Т.2./ Н.А. Бисько, В.Г. Бабицкая, А.С. Бухало, под ред. чл.- кор. НАН Украины С.П. Вассера. – К. – 2012. – 459 с.
6. Бабицкая В.Г. Базидиальные грибы – субстанция для получения функциональных препаратов / В.Г. Бабицкая, В.В. Щерба // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: материалы Международной науч.конф. – Минск, - 2004. – С. 230-232.
7. Гарибова Л.В. Пищевая и лечебно-профилактическая ценность съедобных грибов / Успехи медицинской микологии: материалы 2-го Всеросс. конгресса по мед.микологии. – Т. III – М., – 2004 – С. 236-237.
8. Сухомлин М.Н. Исследования высших базидиомицетов с лекарственными свойствами в культуре / М.Н. Сухомлин, И.И. Полохина, С.Д. Трискиба // Успехи медицинской микологии: материалы 2-го Всеросс. конгресса по мед.микологии. – Т. III – М., – 2004 – С. 242-243.
9. Шаркова Н.О. Мікроструктурний аналіз грибної суспензії на стадії підготовки до розпилювального сушіння. / Н.О. Шаркова, Т.Я. Турчина, Е.К. Жукотський, Г.В. Декуша // Наукові праці НУХТ. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 190 – 196.
10. Brauer D. Potential for manipulating the polysaccharide content of shiitake mushrooms / D. Brauer, T.E. Kimmons, M. Phillips // Applied microbiology and Biotechnology. — 2010. — P. 1136—1142.