

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

*VII Міжнародної науково-практичної
конференції*

**«ІННОВАЦІЙНІ
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**

9-13 вересня 2019 р.



ОДЕСА
2019

Публікуються доповіді, представлені на XVIII Міжнародній науковій конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв» (9 – 13 вересня 2019 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

Доктор техн. наук, професор
Кандидат техн. наук

О.Г. Бурдо
Ю.О. Левтринська
Я.О. Масельська

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

Єгоров <i>Богдан Вікторович</i>	– голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
Бурдо <i>Олег Григорович</i>	– вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
Атаманюк <i>Володимир Михайлович</i>	– Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
Васильєв <i>Леонард Леонідович</i>	– Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н., професор
Гавва <i>Олександр Миколайович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Гумницький <i>Ярослав Михайлович</i>	– Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
Долинський <i>Анатолій Андрійович</i>	– Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАН України
Зав’ялов <i>Владимир Леонідович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Сукманов <i>Валерій Олександрович</i>	– Полтавський університет економіки і торгівлі, д.т.н., професор
Колтун <i>Павло Семенович</i>	– Technident Pty. Ltd., Australia, Dr
Корнієнко <i>Ярослав Микитович</i>	– Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
Малежик <i>Іван Федорович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Михайлов <i>Валерій Михайлович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н., професор
Паламарчук <i>Ігор Павлович</i>	– Національний університет біоресурсів та природокористування України, д.т.н., професор
Снежкін <i>Юрій Федорович</i>	– Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., академік. НАН України
Сорока <i>Петро Гнатович</i>	– Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
Сухий <i>Константин Михайлович</i>	– ДВНЗ "Український державний хіміко-технологічний університет", д.хім.н., професор
Тасімов <i>Юрій Миколайович</i>	– Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
Товажнянський <i>Леонід Леонідович</i>	– Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України
Ткаченко <i>Станіслав Йосифович</i>	– Вінницький національний технічний університет, д.т.н., професор
Черевко <i>Олександр Іванович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н., професор
Шит <i>Михайл Львович</i>	– Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с

СЕКЦІЯ 3.

**ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

УДК 641.56, 364.38

ДОСВІД СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОДУКТІВ З ГІДРОЛІЗОВАНИМ БІЛКОМ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Авдєєва Л.Ю., д.т.н., пров.н.с., Декуша Г.В., к.т.н., Жукотський Е.К.
Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, Київ

EXPERIENCE OF CREATING TECHNOLOGIES OF PRODUCTS WITH HYDROLYZED PROTEIN IN UKRAINE AND IN THE WORLD

Avdieieva L.Y., dr.t.s., s.r.o., Dekusha H.V., c.t.s., Zhukotskyi E.K.
Institute of engineering thermophysics of Ukraine National academy of sciences, Kyiv

Анотація. Стаття присвячена питанню актуальності створення вітчизняних технологій продуктів з гідролізованими білками в рідкій та сухій формах призначених для оздоровчого харчування та спеціальних медичних цілей: при білковій та енергетичній недостатності, харчовій алергії до молочних білків та білків сої, обмеженою або порушеною здатністю засвоювати звичайні харчові речовини, тощо. Наведено основні сегменти ринку споживання продуктів з гідролізованими білками: ентеральне, спортивне та дитяче харчування; коротко окреслено основні види білків та ферментних препаратів, що використовують при гідролізі. Проаналізовано особливості технологій гідролізу білків різного походження.

Показано, що Інститутом технічної теплофізики НАН України розроблено та пропонуються до впровадження енергозберігаючі конкурентоспроможні технології композицій з гідролізованим білком в сухій формі як для дітей першого року життя, так і для дорослих. Завдяки особливостям розроблених технологічних рішень продукти характеризуються високим ступенем гідролізу білків, збалансованим складом незамінних амінокислот та легким засвоєнням, а технології готові до впровадження на вітчизняних молочних підприємствах. Продукти пройшли успішні клінічні дослідження в провідних лікувально-реабілітаційних закладах та не поступаються за ефективністю імпортованим аналогам.

Abstract. An article is devoted to the relevance of creating domestic technologies of products with hydrolyzed proteins in liquid and dry forms that are intended for health-improvement nutrition and special medical purposes: in case of protein and energy deficiency, food allergies to milk and soy proteins, limited or impaired ability to assimilate regular food substances and so on. The main market segments of products with hydrolyzed proteins are given: enteral, sports and infant nutrition; the main types of proteins and enzyme preparations which are used when hydrolysis was described in brief. The features of technologies of protein hydrolysis of different origin by proteases were analyzed.

It is shown that the Institute of Engineering Thermophysics of Ukraine National Academy of Sciences proposes to implement energy-saving competitive technologies of compositions with hydrolyzed protein in a dry form for both infants and adults. Due to the peculiarities of the developed technological solutions, the products are characterized by a high degree of protein hydrolysis, balanced essential amino acids and easy digestibility; the technologies are ready for introduction at domestic dairy enterprises. The products have passed successful clinical studies in leading treatment and rehabilitation institutions and are not inferior in efficiency to imported analogues.

Ключові слова: білок, ферментативний гідроліз, протеази, технології гідролізованих продуктів.

Key words: protein, enzymatic hydrolysis, proteases, technologies of hydrolyzed products.

Актуальність. Аналіз багаточисельних публікацій результатів наукових досліджень в області оздоровчого харчування та нутритивної підтримки хворих різної етіології та стану сучасного вітчизняного споживчого ринку продуктів для спеціальних медичних цілей свідчить про бурхливий розвиток напрямку створення композицій на основі білкових гідролізатів. Особливо ефективно суміші з гідролізованим білком зарекомендували себе при лікуванні та профілактиці харчової алергії до молочних білків та білків сої, білково-енергетичної недостатності, захворюваннях шлунково-кишкового тракту, опікових та післяопераційних станах [1-2]. Сьогодні розробка вітчизняних технологій білкових гідролізатів є особливо актуальною задачею, однак в Україні власне виробництво цих нагальних для споживачів продуктів досі не налагоджене.

Метою роботи є аналіз стану оздоровчого і спеціального харчування продуктів з білковими гідролізатами в Україні та світі.

Білкові гідролізати представляють собою суміш пептидів різної молекулярної маси та вільних амінокислот, утворених в результаті ферментативного розщеплення протеїнів, і характеризуються зміненими ступенем антигенності, засвоєння, осмоляльністю, консистенцією, смаковими та функціональними властивостями, які залежать від ряду факторів. Так, вибір певного виду білкового субстрату, ферментних протеолітичних препаратів та встановлення раціональних теплотехнологічних режимів процесу дозволяють вести направлений протеоліз з отриманням кінцевого продукту певного молекулярного профілю та функціональними властивостями. Вважають, що пептиди з молекулярною масою 2-3 кДа не проявляють алергенних властивостей,

легко засвоюються організмом і їх успішно використовують в гіпоалергенних продуктах та сумішах, що підтверджено рядом клінічних та наукових досліджень [3].

Сьогодні гідролізовані білки входять до складу:

- продуктів для ентерального харчування, які призначають при білково-енергетичній недостатності, шлунково-кишкових захворюваннях, порушеннях обміну речовин, опікових станах [4];
- високобілкових сумішей для спортивного харчування при нарощуванні м'язової маси або підвищенні ефективності тренувального процесу [5];
- сухих гіпоалергенних сумішей для харчування дітей раннього віку з алергією до сироваткових білків молока, казеїну або білків сої [8];
- добавок для збагачення аромату та смаку м'ясних, молочних виробів, тощо [7].

Ступінь ферментативного гідролізу білків залежить від багатьох теплотехнологічних факторів та кінцевого призначення продукту і за останнє десятиліття опубліковано ряд наукових робіт щодо можливості використання різноманітної білкової сировини та ферментних препаратів різного походження та визначення раціональних режимних параметрів гідролізу білка з отриманням пептидів певної молекулярної маси.

В якості білкового компоненту для гідролізу найчастіше використовують: очищені білки молочної сироватки, що характеризується збалансованим амінокислотним складом та легким засвоєнням організмом, ячні білки, білки бобових культур та субпродукти (колагенвмісні, з гідробіонтів). Ферментну обробку найчастіше проводять комерційними препаратами мікробного («Novozymes», Данія) або тваринного походження (трипсин, хімотрипсин, панкреатин).

Наприклад, в технології гідролізованого яєчного білка [8] гідроліз білків проходить в два етапи – спочатку білки гідролізують при температурі 55 °С впродовж 2 год першою протеазою (2-10 %), яку вибирають з групи, що містить бактеріальні протеази *Bacillus amyloliquefaciens* і *Bacillus licheniformis* та їх суміші, трипсин та панкреатин. Після підігріву продуктів першого гідролізу до температури 75 °С здійснюють другий етап протеолізу з використанням другої протеази, яку вибирають з групи, що містить бактеріальні протеази *Bacillus licheniformis*, грибові протеази *Aspergillus oryzae*, трипсин і панкреатин за температури 55 °С впродовж 2 год. Інактивацію протеаз проводять впродовж 30 хв. при температурі 90 °С з подальшою подачею продукту на розпилювальне сушіння. Однак слід відмітити, що кінцевий ступінь гідролізу яєчних білків не перевищує 25 %, що може свідчити про недостатню специфічність ферментів до протеїну, а значна тривалість процесу збільшує енерговитрати на даний процес.

При виробництві харчових білкових продуктів із гідробіонтів та відходів їх переробки [9] ферментативний гідроліз проводять препаратом «Протамекс» в кількості 0,1-0,2 % від маси подрібненої сировини впродовж 2-3 год. за температури 35-50 °С до ступеня гідролізу білків 41-72 %. Далі ферментний препарат інактивують, отриманий гідролізат концентрують, вносять смакові добавки та спеції. Однак гідробіонти та відходи їх переробки містять невелику кількість білка (біля 16 %), а готовий сухий концентрат характеризується значним вмістом додаткових вуглеводів (до 16 %) і золи (до 10,5 %).

У технології гідролізату сироваткових білків з високим ступенем гідролізу і низькою залишковою антигенністю [10] в нагріту до температури 45-48 °С водну суміш сироваткових білків концентрацією 6,6-8,5 % і нейтральним рН, що підтримують додаванням 20 %-го розчину гідроксиду натрію, вносять комплекс протеолітичних ферментів, а саме: панкреатин (1,5-2,0 %) або фарш підшлункової залози великої рогатої худоби (15-20 %), «Протамекс» (0,5-1,0 %) і «Флаворзим 1000 L» (2,0-2,5 %). Гідроліз ведуть в присутності хлороформу впродовж 18-24 год. з наступною інактивацією ферментів при температурі 87-90 °С, далі гідролізований білок охолоджують, фільтрують, концентрують під вакуумом та висушують методом розпилювання. Введення в гідролізат розчину лугу і хлороформу призводить до накопичення в кінцевому продукті токсичних продуктів розпаду, що значно знижує харчову і біологічну цінність продуктів функціонального призначення та потребує додаткових витрат на їх нейтралізацію.

Інститут технічної теплофізики НАН України (ІТТФ НАН України) має багаторічний позитивний досвід щодо створення та впровадження енергоощадних технологій сумішей з гідролізованими білками тваринного та рослинного походження в сухій формі для дітей грудного віку та для дорослих. Запропоновані до впровадження технології мають ряд переваг:

- використання високоякісної білкової сировини, яка відповідає гігієнічним вимогам безпечності харчових продуктів та дозволена до використання Міністерством охорони здоров'я України;
- отримання заданого або високого (при необхідності) ступеня гідролізу білкового компоненту при знижених енерговитратах за рахунок підбору високоспецифічних протеолітичних препаратів та встановлення раціональних теплотехнологічних параметрів процесу ферментативного гідролізу білків та, що дозволило скоротити тривалість даного процесу;
- зниження енерговитрат на виробництво за рахунок використання енергоощадного обладнання, розробленого в ІТТФ НАН України. В промислових умовах доведено ефективність застосування методу дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ), реалізованого в роторно-пульсацийному апараті, при відновленні високобілкових компонентів тваринного та рослинного походження у водному середовищі, що дозволило скоротити час відновлення білків у декілька разів у порівнянні з традиційними промисловими

способами та максимально повно гідратувати колоїдну білкову систему, тобто розкрити їх поверхню для подальшого проведення процесу ферментативного гідролізу, який, як відомо, є гідролітичною реакцією;

– випуск продукції можливо налагодити на вітчизняних молочних підприємствах, що оснащені розпилювальними сушарками.

Особливістю композицій з гідролізованим білком є те, що гідролізований на 75-80 % білковий компонент на представлено переважно низькомолекулярними пептидами з молекулярною масою 3-6 кДа, які забезпечують гіпоалергенні властивості білків, а склад незамінних амінокислот в продуктах максимально наближений до фізіологічних потреб дитини або дорослого в залежності від призначення продукту [11]. Терапевтична ефективність продуктів підтверджена позитивними результатами клінічних досліджень.

Висновки

Сьогодні в світі відмічається особливо стрімкий ріст кількості науково-практичних робіт щодо створення технологій виробництва продуктів з гідролізованими білками різного призначення, які розрізняються видом сировини, ферментних препаратів та технологічними прийомами. Білкова складова, як правило, представлена гідролізатами білків молочної сироватки, що характеризується високою біологічною цінністю та легко засвоюються організмом, а також яєчними білками та субпродуктами різного походження; для ферментної обробки найчастіше використовуються комерційні препарати тваринного та мікробного походження.

В Інституті технічної теплофізики НАН України розроблено енергощадні технології продуктів з гідролізованим білком з високим ступенем гідролізу в сухій формі для спеціального дієтичного харчування.

Література

1. Tavano O.L. Protein hydrolysis using proteases: An important tool for food biotechnology // Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic. 2013. Vol. 90, June 2013. P. 1-11.
2. Nasri M. Protein hydrolysates and biopeptides: production, biological activities and applications in foods and health benefits. A review // Advances in food and nutrition research. 2017. Vol. 81, P. 109-159.
3. Научно-методические подходы к развитию технологии белковых гидролизатов для специального питания. Часть 2. Функциональные свойства белковых гидролизатов, зависящие от специфичности протеолитических процессов / Свириденко Ю.Я., и др. // Пищевая промышленность. 2017. № 6, С. 50–53.
4. Zadak Z., Kent-Smith L. Basic in clinical nutrition: Commercially prepared formulas // e-SPEN, the European e-journal of clinical nutrition and metabolism. 2009. Vol. 4, Issue 5, P. 212-215.
5. Manninen A.H. Protein hydrolysates in sports nutrition // Nutrition and Metabolism. 2009, 6:38.
6. Научно-методические подходы к развитию технологии белковых гидролизатов для специального питания. Часть 1. Технология производства и технические характеристики гидролизатов / Свириденко Ю.Я. и др. // Пищевая промышленность. 2017. № 5, С. 48–51.
7. Лобанова Г. Натуральный аромат мяса создается гидролизатами белка // Мясные технологии. 2014. № 3 (135), С. 25.
8. Гидролизованые яичные белки : патент 2460310 Российская Федерация : МПК A23J 3/04, A23J 1/08. № 2009 101021/10 ; заявл. 20.07.2010 ; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25.
9. Лаженцева Л.Ю., Зимина О.В. Разработка технологии нового эмульсионного продукта на основе гидролизата из кальмара // Научные труды Дальрыбвтуза. 2012. Т. 26, С. 95-101.
10. Способ производства гидролизата сывороточных белков с высокой степенью гидролиза и низкой остаточной антигенностью : патент 2529707 Российская Федерация : МПК A23J 1/20. № 2012 158005/10 ; заявл. 28.12.2012 ; опубл. 27.09.2014, Бюл. 19.
11. Технологія вітчизняного продукту спеціального дієтичного призначення «Білок гідролізований сухий» / Шаркова Н.О. та ін. // Наукові праці ОНАХТ. 2015. Вип. 47, Т.2, С. 216-218.

BIOTECHNOLOGY	
Nisha Kesari	100
ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ВИПАРОВУВАННЯ І СУШІННЯ ОДИНИЧНИХ КРАПЕЛЬ БАКТЕРІАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ «ФГ-5»	
Переяславцева О.О.	102

ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

ПЕКТИНОВМІСНИЙ ПРОДУКТ У ВИГЛЯДІ ЧИПСІВ	
Шапар Р.О., Гусарова О.В.	108
ДОСВІД СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОДУКТІВ З ГІДРОЛІЗОВАНИМ БІЛКОМ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ	
Авдєєва Л.Ю., Декуша Г.В., Жукотський Е.К.	113
ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНА СОНЯШНИКУ У ВІБРОСУШАРЦІ НА ОСНОВІ ІНФРАЧЕРВОНОГО ОПРОМІНЕННЯ	
Бандура В.М., Ярошенко Л.В.	116
ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРИ ГІДРАТАЦІЇ РОСЛИННИХ ОЛІЇ	
Осадчук П. І.	123
РОЗРОБКА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПОРОШКІВ З ФІТОЕСТРОГЕННОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	
Петрова Ж.О., Слободянюк К.С.	129
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ХЛАДОНОВЫХ ЭКСТРАКТОВ ЛАВРОВОГО ЛИСТА	
Потапов В.А., Евлаш В.В., Белый Д.В.	136
РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ОЛІЙНО-ЖИРОВОЇ ГАЛУЗІ	
Скляр В. Ю., Крусір Г. В., Коваленко І. В., Кузнєцова І. О.	139
ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ МОНОГРАНУЛІРОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИМИТИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	
Басок Б.И., Давыденко Б.В., Тимошенко А.В.	145
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТРУКТУРУЮЧОЇ ДОБАВКИ НА КІНЕТИКУ СУШІННЯ ГРИБНОЇ СУСПЕНЗІЇ	
Турчина Т.Я., Жукотський Е.К., Костянець Л.О.	149
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГООЩАДНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЦУКАТІВ З ГАРБУЗА	
Атаманюк В.М., Гузьова І.О.	152
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВНУТРІШНЬОДИFUЗИЙНОГО МАСОПЕРЕНЕСЕННЯ ТА НАСИЧЕННЯ ТЕПЛООВОГО АГЕНТУ ВОЛОГОЮ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СУШІННЯ РОСЛИННОЇ БІОМАСИ	
Кіндзера Д.П., Госовський Р.Р., Атаманюк В.М.	153
ВЫПЕЧКА РЖАНО-ПШЕНИЧНЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПАРОКОНВЕКЦИОННОЙ АППАРАТУРЕ	
Кирик И.М., Кирик А.В., Гуринова Т.А.	160
ІННОВАЦІЙНІ ТА ЕФЕКТИВНІ СОНЯЧНІ СУШАРКИ ДЛЯ ЦІЛДОБОВОЇ СУШКИ	
Мусій Р.Й., Заборовський А.Б., Желєзко О.П.	161
ІННОВАЦІЙНІ СОНЯЧНІ СУШАРКИ НА ОСНОВІ СОНЯЧНИХ ТЕПЛОВИХ ПОВІТРЯНИХ КОЛЕКТОРІВ	
Мусій Р.Й., Заборовський А.Б., Желєзко О.П.	162

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССУ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РИШЕНЬ У ВАКУУМНОМУ ТА МІКРОВОГО ОБЛАСТІ	
Бурдо О.Г., Гарвилов О.В., Мординський В.П., Сиротюк І.В., Серєда О.О.	167
РОЗРОБКА КЛЮЧОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	
Соколова В. І., Крусір Г. В., Шпирко Т. В., Кузнєцова І. О., Коваленко І. В.	172
КРИТЕРІЇ ВИБОРУ АДСОРБЕНТІВ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦІЇ	
Беляновська О.А., Литовченко Р.Д., Сухий К.М., Прокопенко О.М., Еремін О.О., Суха І.В.	179