



УДК 613.3

ANALYSIS OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF THE MICROALGAE *CHLORELLA VULGARIS* AS A RAW MATERIAL FOR THE CREATION OF FUNCTIONAL FOOD**АНАЛІЗ БІОХІМІЧНОГО СКЛАДУ МІКРОВОДОРОСТІ *CHLORELLA VULGARIS* ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ****Stetsenko N.O. / Стеценко Н.О.***c.c.s., as.prof. / к.х.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-6710-024X

Goyko I.Yu. / Гойко І.Ю.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0000-1680-5087

Bashta A.O. / Башта А.О.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-0310-3788

*National University of Food Technologies, Kyiv, Volodymyrska str. 68, 01601**Національний університет харчових технологій, Київ, вул. Володимирська 68, 01601*

Анотація. В роботі проведено аналіз біохімічного складу мікродорості хлорели з метою визначення перспектив її використання у розробленні харчових продуктів функціонального призначення. Встановлено, що хлорела має високу нутрієнтну насиченість, що робить її ефективним поліфункціональним збагачувачем. Особливо високим є вміст заліза, йоду, фосфору, вітамінів групи В та білку, які належать до дефіцитних нутрієнтів. Для забезпечення більш повного засвоєння білку хлорели доцільно додавати мікродорость при створенні харчових продуктів функціонального призначення, наприклад для зелених смузі. Додавання 5% хлорели до складу смузі на основі яблука, шпинату та насіння льону робить цей напій функціональним за вмістом більшості харчових речовин, тому його регулярне споживання у кількості 200 г на добу може забезпечити ліквідацію дефіциту багатьох есенціальних нутрієнтів, загальне зміцнення організму та поліпшення діяльності його органів і систем.

Ключові слова: хлорела, смузі, оздоровче харчування, оздоровчий харчовий продукт, функціональний напій, біологічна цінність білку, харчова цінність продукту

Вступ. Хлорела – це одноклітинна прісноводна водорість, що належить до зелених водоростей (*Chlorophyta*), її колір є смарагдово-зеленим. Активні дослідження хлорели були розпочаті після завершення Другої світової війни, коли спостерігався дефіцит харчових продуктів, особливо з високобілковим складом, тому пошук альтернативних джерел білку для населення був дуже актуальним. Відомо, що за біохімічним складом та властивостями хлорела близька до спіруліни, але містить більше вітамінів, мінералів, антиоксидантів фенольної природи та інших цінних нутрієнтів [1].

Хлорела є активним продуцентом біомаси, зокрема у ній виявлено 13 вітамінів, вміст білків становить 40...60%, вуглеводів – 30...35%, жирів – 5...10% та мінеральних речовин – до 10% на суху масу водорості [2].

Сьогодні в усіх країнах світу дозволено вживання в їжу таких видів, як *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlorella sorokiniana*, адже вони містять унікальний комплекс необхідних організму людини компонентів.



Хімічні речовини хлорели нейтралізують багато токсичних сполук, які містяться у харчових продуктах, наприклад діоксин, що викликає гормональні порушення. Також відомо, що добавка *Chlorella fusca* нейтралізує до 90% бісфенолу А (BPA), що потрапляє в їжу з пластикового посуду. Дієтичні добавки, що містять хлорелу, мають високий рівень нейтралізації миш'яку, знижують абсорбцію і накопичення кадмію, поліпшують якість життя хворих на рак молочної залози та підвищують ефективність імунної системи [3]. Отже, хлорела може бути цінним сировинним ресурсом при розробленні продукції оздоровчого та функціонального призначення.

Основний текст.

На даний час основна частка харчових продуктів, що випускаються вітчизняною промисловістю, не збалансована за нутрієнтним складом і не відповідає зростаючим потребам населення у поживних та біологічно активних речовинах, нестача яких викликає захворювання, пов'язані в основному з дефіцитом білку, поліненасичених жирних кислот, пребіотиків, харчових волокон, вітамінів та мікро-, макроелементів (йоду, кальцію, заліза). У зв'язку з цим виникла необхідність моделювання та розробки рецептур харчових продуктів нового покоління, збалансованих за нутрієнтним складом, кількісний вміст харчових речовин у яких відповідає фізіологічним потребам організму.

Світовий та вітчизняний досвід переконливо свідчить, що найбільш ефективний та доцільний з економічної, соціальної, гігієнічної та технологічної точок зору спосіб вирішення зазначеної проблеми – створення промислового виробництва різних харчових продуктів, збагачених есенціальними нутрієнтами. Розроблення рецептур та проектування складу продуктів оздоровчого та функціонального призначення здійснюється за двома близькими напрямками: шляхом збільшення вмісту у продуктах однієї з основних харчових речовин (есенціального нутрієнту) або введенням у традиційні харчові продукти нових видів сировини, інгредієнти якої мають спрямовану фізіологічну дію [4]. Мікродорість хлорела може бути саме такою сировиною, адже її називають суперфудом, тобто концентратом корисних речовин, кількісний вміст яких перевищує показники традиційних продуктів.

У зв'язку з цим доцільно оцінити біохімічний склад хлорели шляхом розрахунку інтегрального скору основних нутрієнтів, який характеризує ступінь забезпечення добових потреб людини у харчових речовинах при споживанні 100 г продукту. При розрахунках ми використовували методики, описані авторами [4]. Результати визначення інтегрального скору макро- та мікронутрієнтів хлорели для жінок віком 18-29 років II групи фізичної активності представлені у таблиці 1.

Отримані дані підтверджують інформацію про високу нутрієнтну насиченість хлорели. Особливо високим є вміст заліза, йоду, фосфору, вітамінів групи В та білку. Доречно зауважити, що всі ці речовини належать до нутрієнтів, які є дефіцитними у раціоні сучасної людини. Отже, додавання хлорели як поліфункціонального збагачувача до традиційних харчових середовищ дозволить створювати рецептури сучасних продуктів оздоровчого призначення, які повинні мати поліпшений біохімічний склад і позитивний



вплив на здоров'я споживача.

Таблиця 1 – Інтегральний скор нутрієнтів хлорели

Харчова речовина	Інтегральний скор, %
Білок	92,4
Ліпіди	11,1
Вуглеводи	2,2
Йод	453,8
Залізо	1529,4
Калій	35,3
Фосфор	100,8
Вітамін В ₁	130,7
Вітамін В ₂	268,8
Вітамін В ₆	77,8
Вітамін С	14,9

Авторська розробка

Серед макронутрієнтів хлорели переважає білок, який належить до незамінних факторів харчування. З точки зору сучасної нутриціології, важливим є не лише його загальний вміст, який становить до 60% на масу сухих речовин, а й якість білку, яка визначається рівнем його засвоюваності в організмі людини. Тому ми провели аналіз амінокислотного профілю хлорели та розрахували показники збалансованості її білкового складу. У першу чергу порівняли амінокислотний склад хлорели (А, г/100 г білку) з еталонним білком. Результати такого аналізу представлені на рисунку 1.

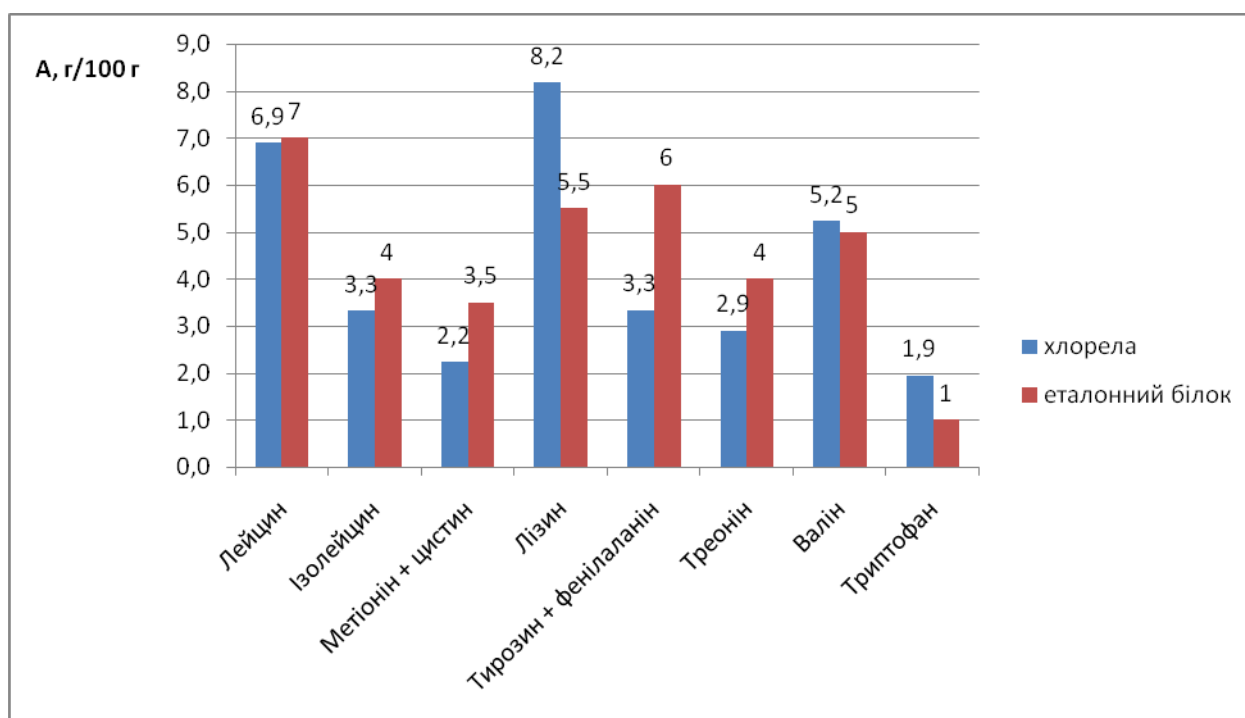


Рисунок 1 – Порівняння амінокислотного профілю хлорели та еталонного білку

Авторська розробка



Встановлено, що 5 із 8 незамінних амінокислот (НАК) білку хлорели є лімітованими, тобто у порівнянні з еталонним білком знаходяться у дефіциті. До них належать лейцин, ізолейцин, метіонін+цистин, тирозин+фенілаланін, треонін. Це свідчить про певну незбалансованість амінокислотного складу білку хлорели. Першою лімітованою амінокислотою є тирозин. Він має мінімальний амінокислотний скор, який дорівнює 56%. Дефіцит саме цієї амінокислоти визначає низький рівень засвоєння інших амінокислот хлорели у організмі людини. Для повної оцінки її білкового складу були розраховані такі показники, як коефіцієнт утилітарності білку, який показує рівень засвоюваності білку, коефіцієнт надлишковості, а також повноцінна частина незамінних амінокислот. Результати представлені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Показники збалансованості білкового складу хлорели

Показник	Значення
Скор першої лімітованої НАК, %	55,6
Коефіцієнт утилітарності, %	58,9
Коефіцієнт надлишковості, %	25,13
Повноцінна частина НАК, г/100 г білку	20,03

Авторська розробка

З отриманих даних можна зробити висновок, що рівень засвоюваності білку хлорели становить 58,9%, а масова частка амінокислот, які використовуються на неперіоритетні потреби – 25,13%. Не високим є значення повноцінної частини незамінних амінокислот. Отже, для забезпечення більш повного засвоєння білку хлорели та використання її амінокислот в організмі людини доцільно не споживати її окремо у вигляді дієтичних добавок, а використовувати при створенні харчових продуктів функціонального призначення з комбінованим складом сировини, що дозволить поліпшити біологічну цінність білку.

При комбінуванні сировини важливо враховувати специфічні органолептичні властивості хлорели. Вона має насичений зелений колір, дещо специфічний смак і аромат. Тому ці особливості визначають вибір харчового середовища, до якого варто додавати хлорелу. Було вирішено використовувати її у рецептурах зелених смузі, до складу яких входить листова зелень, фрукти або овочі, насіння, а рідка частина може бути представлена кисломолочними напоями або соками.

Ми обрали рідким компонентом йогурт, його масова частка у смузі може бути не значною, лише щоб забезпечити повне занурення ножів блендера у рідину. Масова частка йогурту може становити 10%, а основна частина смузі буде складатися з яблук, шпинату та насіння льону. Було проведено моделювання рецептур зелених смузі. Масову частку хлорели послідовно змінювали від 5 до 20%. У розрахунках визначали амінокислотний склад комбінованих напоїв, їх амінокислотний скор та показники збалансованості білкового складу. В результаті проведених досліджень була розроблена рецептура (таблиця 3), яка забезпечує значне покращення показників



біологічної цінності білку смузі у порівнянні з хлорелою.

Таблиця 3 – Рецептатура зеленого смузі з хлорелою

Компонент рецептури	Масова частка, %
Яблуко	50,0
Шпинат	20,0
Насіння льону	15,0
Йогурт	10,0
Хлорела	5,0

Авторська розробка

Встановлено, що достатньо використовувати лише 5% хлорели у складі смузі. Скор першої лімітованої НАК для білку нового продукту зростає на 30%, коефіцієнт утилітарності білку, тобто рівень його засвоєння, підвищується на 23% і досягає 82%, а масова частка амінокислот, які використовуються нерационально, стає меншою на 17,3% (таблиця 4).

Таблиця 4 – Порівняння показників біологічної цінності білку хлорели та зеленого смузі з хлорелою

Показник	Хлорела	Зелений смузі
Скор першої лімітованої НАК, %	55,6	86,6
Коефіцієнт утилітарності, %	58,9	82,0
Коефіцієнт надлишковості, %	25,13	7,86
Повноцінна частина НАК, г/100 г білку	20,03	30,81

Авторська розробка

Для розробленої рецептури смузі було проведено оцінювання вітамінного та мінерального складу продукту за умови, що споживачу буде запропоновано вживати 200 г напою. Біологічну цінність смузі визначали за показником інтегрального скору нутрієнтів. Встановлено, що зелений смузі з хлорелою належить до категорії функціональних напоїв, адже інтегральний скор більшості мікронутрієнтів знаходиться на рівні 10...50% від їх добових потреб. Зокрема, інтегральний скор мінеральних речовин та вітамінів дорівнює, %: калій – 19,6; кальцій – 10,3; магній – 36,7; фосфор – 30,2; залізо – 49,7; цинк – 47,7; йод – 47,1; вітаміни С – 32,3; В₁ – 46,2; В₂ – 38,74; В₆ – 23,4; В₉ – 40,5; Е – 10,6; β-каротин – 48,3.

Висновки.

Проведені дослідження показали, що хлорела є надзвичайно цінною сировиною для створення харчових продуктів оздоровчого та функціонального призначення.

Встановлено, що додавання 5% хлорели до складу зеленого смузі на основі яблука, шпинату та насіння льону робить цей напій функціональним за вмістом більшості харчових речовин, тому його регулярне споживання у кількості 200 г на добу забезпечить ліквідацію дефіциту багатьох есенціальних нутрієнтів, загальне зміцнення організму та поліпшення діяльності його органів і систем.



Література:

1. Panahi, Y., Darvishi, B., Jowzi, N., Beiraghdar, F., & Sahebkar, A., (2016). *Chlorella vulgaris*: a multifunctional dietary supplement with diverse medicinal properties. *Current pharmaceutical design*. **23**(2), 164-173. DOI: 10.2174/1381612822666151112145226.
2. Пешук, Л. В. та Сімонова, І., (2022). Тренд сучасності – продукція оздоровчого призначення з мікроводорослями. *Науковий вісник ЛНУВМБ ім. С. З. Гжицького*. **24**(97), 33-38. DOI: 10.32718/nvlvet-f9709.
3. Куделко, А. та Стеценко, Н., (2023). Дієтичні добавки з хлорели та їх вплив на організм людини. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 3-7 квітня 2023 р., Київ, Україна*. Київ: НУХТ. Ч. 1. с. 90.
4. Стеценко, Н.О., Фролова, Н.Е., (2022). *Основи конструювання нових харчових продуктів [Електронний ресурс]: курс лекцій здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Харчові технології та інженерія» ден. та заоч. форм навчання*. Київ: НУХТ.

Abstract. *The work analyzed the biochemical composition of the microalgae chlorella in order to determine the prospects for its use in the development of functional food products. It was found that chlorella has a high nutrient density, which makes it an effective multifunctional fortifier. The content of iron, iodine, phosphorus, B vitamins and protein, which are deficient nutrients, is especially high. To ensure a more complete assimilation of chlorella protein, it is advisable to add microalgae for creating functional food products, for example, for green smoothies. Adding 5% chlorella to a smoothie based on apple, spinach and flax seeds makes this drink functional in terms of the content of most nutrients, therefore its regular consumption in the amount of 200 g per day can ensure the elimination of the deficiency of many essential nutrients, general strengthening of the body and improvement of the activity of its organs and systems.*

Key words: *chlorella, smoothie, health food, health food product, functional drink, biological value of protein, nutritional value of the product*

Статтю надіслано: 20.12.2024 р.

© Стеценко Н.О., Гойко І.Ю., Башта А.О.